البحث الأول : المغناطيسية

سؤال : حدد عناصر شعاع الحقل المغناطيسي في النقطة من الحقل المغناطيسي بوساطة إبرة مغناطيسية .

نقطة التأثير : النقطة المدروسة .

الحامل : هو المستقيم الواصل بين قطبي الأبرة المغناطيسية .

الجهة : من القطب الجنوبي الى القطب الشمالي لإبرة مغناطيسية .

الشدة : تزداد بزيادة سرعة اهتزاز الأبرة الموضوعة في النقطة المدروسة وتقدر واحدتها بالجملة الدولية (T).

سؤال : نضع نواة حديدية بين قطبي مغناطيس نضوي على سطح طاولة أفقية ، ونضع فوق المغناطيس لوح زجاجي وننشر عليه برادة حديد المطلوب :

1- ماذا تلاحظ مع التعليل ؟

2- ماذا يستفاد من وضع النواة الحديدة بين قطبي المغناطيسي النضوي ؟

3- مالمقصود بعامل النفاذية المغناطيسي واكتب العلاقة المحددة له مبيناً دلالات الرموز وواحدات القياس .

4- بماذا يتعلق عامل النفاذية المغناطيسية ؟

1- نلاحظ : تتقارب برادة الحديد على طرفي النواة الحديدية أي تتكاثف خطوط الحقل المغناطيسي ضمن النواة الحديدية .

التعليل : - تتمنغط النواة الحديدية

- ويتولد منها حقلاً مغناطيسي إضافياً ($\overrightarrow{B'}$)

- يضاف الى الحقل المغناطيسي الأصلي الممغنط ($\vec{B}$) .

فيشكل حقلاً مغناطيساً كلياً ($\overrightarrow{B_{tot}}$) .

2- يستفاد من وضع النواة الحديدية بين قطبي المغناطيسي في زيادة شدة الحقل المغناطيسي .

3- عامل النفاذية المغناطيسية :

هو نسبة شدة الحقل المغناطيسي الكلي $\overrightarrow{B_{tot}}$ الى شدة الحقل المغناطيسي الأصلي الممغنط ($\vec{B}$) بالعلاقة : $\mu = \frac{B_{tot}}{B}$

μ : عامل النفاذية المغناطيسي ليس له واحدة قياس .

B_{tot} : شدة الحقل المغناطيسي الكلي بوجود النواة الحديدية بين قطبي المغناطيس وتقدر واحدته (T) .

B : شدة الحقل المغناطيسي الأصلي الممغنط وتقدر (T) .

4- يتعلق عامل النفاذية المغناطيسية بعاملين :

1- طبيعة المادة من حيث قابليتها للتمغنط

2- شدة الحقل المغناطيسي الممغنط ($\vec{B}$) .

سؤال : ماهو منشأ المغناطيسية الأرضية ؟

يوجد شحنات متحركة في سوائل جوف الأرض (أيونات موجبة و إلكترونات سالبة) التي تولد في حركتها تيارات كهربائية داخل الأرض ينشأ عنها حقول مغناطيسية .

سؤال : ماهو السلوك الذي تسلكه الأرض

تسلك الأرض سلوك مغناطيس مستقيم كبير منتصفه في مركزها .

- يميل محوره تقريباً بزاوية 11° عن محور دوران الأرض المنطبق على (شمال – جنوبي) الجغرافي .قطباها المغناطسيان لا يطابقان قطبيها الجغرافيين ، القطب الجنوبي المغناطيسي يقع بالقرب من القطب الشمالي الجغرافي و القطب الشمالي المغناطيسي يقع بالقرب من القطب الجنوبي الجغرافي .

والمسافة بين القطبين تقريباً 1920km.

س : ماالمقصود بكل ممايلي :

زاوية الإنحراف – زاوية الميل – خط الزوال المغناطيسي – مستوي الزوال المغناطيسي .

- زاوية الإنحراف : هي الزاوية المحصورة بين مستوي الزوال النغناطيسي ومستوي الزوال الجغرافي وتنحصر قيمتها (0° - 180°) .

- زاوية الميل : هي الزاوية المحصورة بين مستوي إبرة حرة الحركة (محور دورانها أفقي يمكنها الدوران في مستوٍ شاقولي) وخط الأفق

وقيمتها عند خط الأستواء : 0°

وقيمتها عند أحد القطين المغناطيسين : 90°.

- خط الزوال المغناطيسي : هو خط تستقر وفقه إبرة البوصلة عندما توضع بعيدة عن أي تأثير مغناطيسي .

- مستوي الزوال المغناطيسي : هو المستوي المحدد بخط الزوال المغناطيسي ومركز الأرض.

سؤال : أكتب العلاقة المحددة لكل من : المركبة الشاقولية للحقل المغناطيسي الأرضي (B_v) والمركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي (B_H) .

$B_H = B \cdot \cos \hat{\imath}$ $\quad B_v = B \cdot \sin \hat{\imath}$

سؤال : يبين الجدول الأتي نتائج التجربة لقياس شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن مرور التيار الكهربائي في سلك مستقيم وذلك في نقطة تقع على بعد معين من السلك .

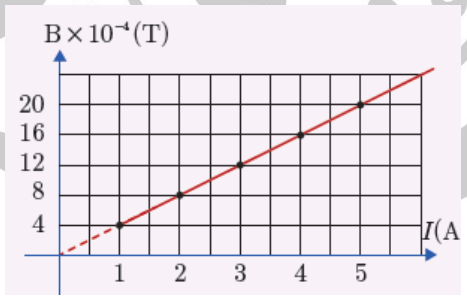
I(A)	1	2	3	4	5
B(T)	4×10^{-4}	8×10^{-4}	12×10^{-4}	16×10^{-4}	20×10^{-4}

المطلوب :

1- ارسم الخط البياني لتغيرات B بدلالة I .

2- احسب ميل الخط البياني وماذا أستنتج .

3- أحسب الشدة الحقل المغناطيسي من أجل تيار شدته 8A.



ميل المستقيم $K = \frac{B}{I} = \frac{4\times10^{-4}}{1} = 4 \times 10^{-4}$

وبالتالي نستنتج :

$$K = \frac{B}{I} = \text{const}$$

$$B = K \times I$$

يتعلق K بعاملين :

العامل الأول : الطبيعة الهندسية للدارة :

شكل الدارة وبعد النقطة المدروسة عن الدارة ($\acute{K}$)

العامل الثاني : عامل النفاذية المغناطيسية في الخلاء

وتقدر قيمته في الجملة الدولية :

$$\mu = 4\pi \times 10^{-7} \ (T.m.A^{-1})$$

حساب B :

$$B = K \times I$$

$$B = 4 \times 10^{-4} \times 8$$

$$B = 32 \times 10^{-4} \ (T)$$

سؤال : حدد عناصر شعاع الحقل المغناطيسي الناتج عن تيار كهربائي متواصل شدته (I) يمر سلك مستقيم طويل وذلك في نقطة تبعد مسافة (d) عن محور لسلك موضح ذلك بالرسم .

عناصر ($\vec{B}$) :

الحامل :هو مستقيم العمودي على المستوي المحدد من السلك والنقطة المدروسة .

الجهة : **-عملياً:** من القطب الجنوبي الى الى القطب الشمالي لأبرة مغناطيسية صغيرة نضعها في النقطة المدروسة بعد استقرارها .

-نظرياً: تحدد حسب قاعدة اليد اليمنى :

- نضع الساعد موازياً لسلك
- يدخل التيار من الساعد يخرج من رؤوس الأصابع
- نوجه باطن الكف نحو النطقة المدروسة
- فيشير الأبهام الى جهة شعاع الحقل المغناطيسي ($\vec{B}$) .

الشدة : إن شدة الحقل المغناطيسي تتناسب : - طرداً مع شدة التيار المتواصل (I)

- عكساً مع بعد النقطة المدروسة عن السلك (d)

$B = \acute{K} \cdot \mu_0 \cdot I$

$\acute{K} = \frac{1}{2\pi d}$ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$

$B = \frac{1}{2\pi d} 4\pi \times 10^{-7} I$ ➔ $B = 2 \times 10^{-7} \times \frac{I}{d}$

B : شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن التيار المستقيم وتقدر(T)

I : شدة التيار المتواصل وتقدر(A)

d : بعد النقطة المدروسة عن السلك ويقدر (m)

سؤال : حدد عناصر شعاع الحقل المغناطيسي المتولد في مركز ملف دائري نصف قطره الوسطي (r) وعدد لفاته (N) ويجتازه تيار كهربائي شدته (I) موضحاً ذلك بالرسم :

عناصر ($\vec{B}$) :

الحامل :هو مستقيم العمودي على المستوي الملف الدائري .

الجهة : **-عملياً:** من القطب الجنوبي الى الى القطب الشمالي لإبرة مغناطيسية صغيرة نضعها في مركز الملف بعد استقرارها .

-نظرياً: تحدد حسب قاعدة اليد اليمنى : - نضعها فوق الملف الدائري .

- يدخل التيار من الساعد يخرج من رؤوس الأصابع
- نوجه باطن الكف نحو مركز الملف
- فيشير الأبهام الى جهة شعاع الحقل المغناطيسي ($\vec{B}$) .

الشدة : إن شدة الحقل المغناطيسي تتناسب : - طرداً مع شدة التيار المتواصل (I) .

- طرداً مع عدد لفات الملف (N) - عكساً مع نصف القطر الوسطي للملف (r) .

$B = \acute{K} \cdot \mu_0 \cdot I$

$\acute{K} = \frac{N}{2r}$ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$

$B = \frac{N}{2r} 4\pi \times 10^{-7} I$ ➔ $B = 2\pi \times 10^{-7} \cdot \frac{N \cdot I}{r}$

B : شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن التيار الدائري وتقدر (T)

I : شدة التيار المتواصل وتقدر واحدته (A)

r : نصف القطر الوسطي للملف وتقدر (m)

N: عدد لفات الملف الدائري ويقدر (لفة) .

سؤال : حدد عناصر شعاع الحقل المغناطيسي المتولد في مركز الوشيعة طولها (ℓ) وعدد لفاته (N) ويجتازه تيار كهربائي شدته (I) موضحاً ذلك بالرسم :

عناصر ($\vec{B}$) :

الحامل : محور الوشيعة.

الجهة : **-عملياً:** من القطب الجنوبي الى القطب الشمالي لإبرة مغناطيسية صغيرة نضعها في مركز الملف بعد استقرارها .

-نظرياً: تحدد حسب قاعدة اليد اليمنى :

- نضعها بحيث توازي أصابعها إحدى لفاتها.
- يدخل التيار من الساعد يخرج من رؤوس الأصابع
- نوجه باطن الكف نحو مركز الوشيعة
- فيشير الأبهام الى جهة شعاع الحقل المغناطيسي ($\vec{B}$) .

الشدة : إن شدة الحقل المغناطيسي تتناسب :

- طرداً مع شدة التيار المتواصل (I) .
- طرداً مع نسبة $n_1 = \frac{N}{\ell}$ عدد لفات في واحدة الأطوال

$$B = \acute{K} \cdot \mu_0 \cdot I$$

$$\acute{K} = \frac{N}{\ell} \quad \rightarrow \quad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$$

$$\mathbf{B = 4\pi \times 10^{-7} \cdot \frac{N}{\ell} \cdot I}$$

B : شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن التيار المستقيم وتقدر ب (T)

I : شدة التيار المتواصل وتقدر واحدته ب (A)

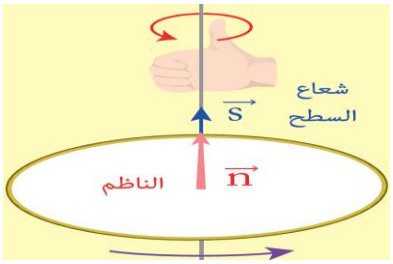
ℓ : طول الوشيعة وتقدر ب (m).

N: عدد لفات الملف الدائري ويقدر ب (لفة) .

سؤال : ما المقصود بشعاع السطح وحدد عناصره موضحاً ذلك بالرسم .

نعرف شعاع السطح $\vec{s}$ بالعلاقة : $\vec{s} = s \cdot \vec{n}$

حيث : $\vec{n}$: هو الناظم على مسنوي الدارة ويعرف بأنه العمود على مستوي سطح الدارة الذي يدخل من وجهها الجنوبي ويخرج من وجهها الشمالي .



عناصر $\vec{s}$:

الحامل : الناظم

الجهة : جهة الناظم دوماً .

الشدة : s مساحة سطح الدارة واحدة قياسها m^2 .

سؤال: عمّ يعبر التدفق المغناطيسي وما المقصود بالتدفق المغناطيسي وناقش قيمته الجبرية :

يعبر التدفق المغناطيسي عن عدد خطوط الحقل الذي يجتاز سطح الدارة .

التدفق المغناطيسي : هم مقدار جبري ناتج عن جداء سلمي شعاع الحقل المغناطيسي بشعاع السطح . أي :

$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{S}$$

الشكل الجبري :

$$\phi = B \cdot S \cdot \cos(\alpha)$$

$$\phi = N \cdot B \cdot S \cdot \cos(\alpha)$$

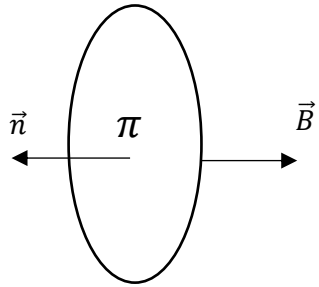
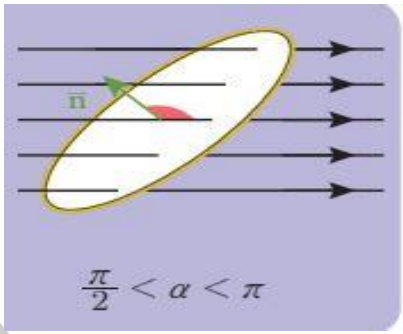
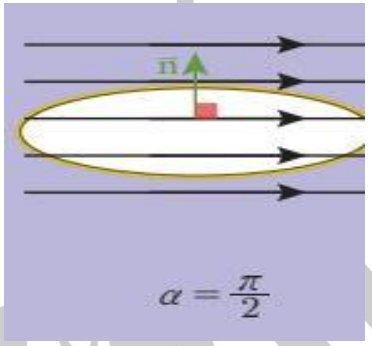
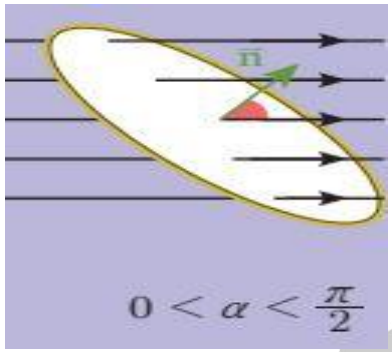
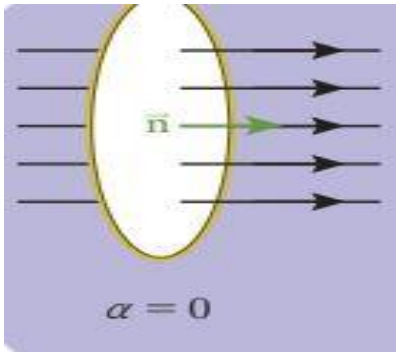
ϕ : التدفق المغناطيسي الناتج عن الحقل المغناطيسي $(\vec{B})$ وعبر سطح الدارة ويقدر ($weber$).

S : مساحة السطح وتقدر (m^2).

N :عدد لفات الملف الدائري ويقدر (لفة) .

B : شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن التيار المستقيم وتقدر (T) .

مناقشة القيمة الجبرية للتدفق المغناطيسي

التدفق المغناطيسي الأصغري	التدفق المغناطيسي السالب	التدفق المغناطيسي المعدوم	التدفق المغناطيسي الموجب	التتدفق المغناطيسي أعظمي
				
$\alpha = \pi$ $\mathrm{Cos}(\alpha) = -1$ $\emptyset = -\mathrm{NBS} = -\emptyset_{max}$	زاوية منفرجة $\cos(\alpha) < 0$ $\Phi < 0$	خطوط الحقل توازي مستوي سطح الدارة فهي تعامد الناظم للدارة $\vec{n} \perp \vec{B}$ $\alpha = \frac{\pi}{2}$ $\cos(\alpha) = 0$ $\emptyset = 0$	زاوية حادة $\cos(\alpha) > 0$ $\emptyset > 0$	خطوط الحقل عمودية على مستوي سطح الدارة فهي توازي الناظم للدارة . $\vec{n} // \vec{B}$ $\alpha = 0$ $\cos(\alpha) = 1$ $\emptyset = \mathrm{NBS} = \emptyset_{max}$

المسألة الأولى :

نضع في مستوي الزوال المغناطيسي الأرضي سلكين طويلين متوازيين بحيث يبعد منتصفاهما (C_1 , C_2) عن بعضهما البعض مسافة ($40cm$)، ونضع إبرة بوصلة صغيرة في النقطة (C) منتصف المسافة (C_1 , C_2) ، ونمرر في السلك الأول تياراً كهربائياً متواصلاً شدته ($I_1 = 3\ A$) ، وفي السلك الثاني تياراً كهربائياً متواصلاً شدته ($I_2 = 1\ A$) وبجهة واحدة.

المطلوب :

1- حساب شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن التيارين في النقطة c موضحاً ذلك بالرسم.

2- احسب الزاوية التي تنحرف فيها أبره البوصلة عن منحاها الأصلي بفرض ان قيمة $B_H = 2 \times 10^{-4}\ T$.

3- حدد النقطة الواقعة بين السلكين التي تنعدم فيها شدة محصلة الحقلين في النقطة تقع خارج المنطقة الواقعة بين السلكين ؟ وضح إجابتك ؟

1- حساب B_{tot} في منتصف المسافة بين السلكين :

$$B_{tot} = B_1 - B_2$$

$$B_2 = 2\times10^{-7}\frac{I_2}{d_2}$$

$$B_2 = 2\times10^{-7}\frac{1}{2\times10^{-1}}$$

$$B_2 = 1\times10^{-6}T$$

$$B_1 = 2\times10^{-7}\frac{I_1}{d_1}$$

$$B_2 = 2\times10^{-7}\frac{3}{2\times10^{-1}}$$

$$B_2 = 3\times10^{-6}T$$

$$B_{tot} = 3\times10^{-6} - 1\times10^{-6}$$

$$B_{tot} = 2\times10^{-6}T$$

2- حساب مقدار (θ) انحراف الإبرة عن منحاها الأصلي .

قبل إمرار التيار تستقر الإبرة المغناطيسية وفق منحى $\overrightarrow{B_H}$	بعد إمرار التيار تدور الإبرة المغناطيسية بزاوية (θ) وتستقر وفق منحى $\overrightarrow{B'}$ محصلة ($\overrightarrow{B_H}$, $\overrightarrow{B_{tot}}$)

مع العلم $B_H = 2\times10^{-5}T$

$$\tan\theta = \frac{B_{tot}}{B_H}$$

$$\tan\theta = \frac{2\times10^{-6}}{2\times10^{-5}}$$

$$\tan\theta = 0.1 < 0.24rad$$

زاوية صغيرة θ

$$tan\,\theta \simeq \theta$$

$$\theta \simeq 0.1rad$$

ملاحظة :

زاوية صغيرة	زاوية كبيرة
$0 < 0.24rad$	$0 > 0.24rad$
$0 \le 14^\circ$	$0 > 1$
$\tan\theta \simeq \sin\theta \simeq \theta$	
$\cos\theta \simeq 1$	

3- تحديد موضع نقطة تقع بين السلكين d_1', d_2'

$$B_{tot} = 0$$

$$B_{tot} = B_1 - B_2$$

$$B_1 - B_2 = 0$$

$$B_1 = B_2$$

$$2\times10^{-7}\times\frac{I_1}{d_1} = 2\times10^{-7}\times\frac{I_2}{d_2}$$

$$\frac{3}{d_1'} = \frac{1}{d_2'}$$

$$d_1' = 3d_2' .....1$$

لكن

$$d_1' + d_2' = d = 4\times10^{-1}$$

$$3d_2' + d_2' = 4\times10^{-1}$$

$$4d_2' = 4\times10^{-1}$$

$$\rightarrow d_2' = 1\times10^{-1}m$$

نعوض قيمة d_2' في 1

$$d_1 = 3\times10^{-1}m$$

4- لا يمكن أن تنعدم B_{tot} في نقطة تقع خارج السلكين لأن $\overrightarrow{B_2}, \overrightarrow{B_1}$ على حامل واحد وبجهة واحدة .

المسألة الثانية :

نضعُ سلكين شاقوليّينِ متوازيَين بحيثُ يبعدُ منتصفاهما M_1, M_2 أحدُهما عن الآخر $4cm$ ، نمرّرُ في السلك الأوّل تيّاراً كهربائيّاً شدّتُهُ I_1 ونمرّرُ في السلك الثاني تيّاراً كهربائيّاً شدّتُهُ I_2 وباتّجاهين متعاكسين، فتكونُ شدّةُ الحقلِ المغناطيسيّ المحصّلِ لحقلَي التيّارين $4\times10^{-7}T$ عند النقطة M منتصفَ المسافة بينَ M_1, M_2 وعندما يكونُ التيّاران بجهةٍ واحدةٍ تكونُ شدّةُ الحقلِ المغناطيسي المحصّلِ عند M هي 2×10^{-7} فإذا كان $I_1 > I_2$ احسبْ كلَّ من I_1, I_2

الحل :

$$B_{tot} = B_1 - B_2$$

$$2\times10^{-7} = 2\times10^{-7}\times\frac{I_1}{d_1} - 2\times10^{-7}\times\frac{I_2}{d_2}$$

$$2\times10^{-7} = \frac{2\times10^{-7}}{d_1}(I_1 - I_2)$$

$$1 = \frac{(I_1 - I_2)}{2\times10^{-2}}$$

$$2\times10^{-2} = I_1 - I_2 .....1$$

$$B_{tot} = B_1 + B_2$$

$$4\times10^{-7} = 2\times10^{-7}\times\frac{I_1}{d_1} + 2\times10^{-7}\times\frac{I_2}{d_2}$$

$$4\times10^{-7} = \frac{2\times10^{-7}}{d_1}(I_1 + I_2)$$

$$2 = \frac{(I_1 + I_2)}{2\times10^{-2}}$$

$$4\times10^{-2} = I_1 + I_2 .....2$$

نجمع 1 مع 2 :

$$(2\times10^{-2} = I_1 - I_2) - (4\times10^{-2} = I_1 + I_2)$$

$$\rightarrow 6\times10^{-2} = 2I_1$$

$$\rightarrow I_1 = 3\times10^{-2}A$$

المسألة الثالثة :

نمرّرُ تيّاراً كهربائيّاً متواصلاً شدّتُه $10A$ في سلكٍ طويلٍ مستقيمٍ موضوعٍ أفقيّاً في مُستوي الزوالِ المغناطيسيّ

الأرضيّ المارّ من مركز إبرةٍ مغناطيسيّةٍ صغيرةٍ يمكنُها أنْ تدورَ حولَ محورٍ شاقوليّ موضوعةٍ تحتَ السلكِ على بُعد $50cm$ من محوره.

المطلوب :

1- شدّةِ الحقلِ المغناطيسيّ عندِ مركزِ الإبرةِ المغناطيسيّةِ الناتجِ عن مرور التيّارِ.

2- قيمةِ زاويةِ انحرافِ الإبرةِ المغناطيسيّةِ باعتبارِ أنّ قيمةَ المركبةِ الأفقيّةِ للحقلِ المغناطيسيّ الأرضيّ $2\times10^{-5}T$.

الحل :

$$d = 50\times10^{-2} = 0.5m$$

$$I = 10A$$

$$B_H = 2\times10^{-5}T$$

1- الحقل المغناطيسي المتولد عن التيار المار في السلك :

$$B = 2\times10^{-7}\frac{I}{d}$$

$$B = 2\times10^{-7}\frac{10}{5\times10^{-1}}$$

$$B = 4\times10^{-6}T$$

2- حساب مقدار (θ) انحراف الإبرة عن منحاها الأصلي .

قبل إمرار التيار تستقر الإبرة المغناطيسية وفق منحى $\overrightarrow{B_H}$	بعد إمرار التيار تدور الإبرة المغناطيسية بزاوية (θ) وتستقر وفق منحى $\overrightarrow{B'}$ محصلة ($\overrightarrow{B_H}$, $\overrightarrow{B_{tot}}$)

$$tan\,\theta = \frac{B_{tot}}{B_H}$$

$$tan\,\theta = \frac{4\times10^{-6}}{2\times10^{-5}}$$

$$tan\,\theta = 0.2$$

لكن θ صغيرة

$$\tan\theta \simeq \theta$$

$$\theta \simeq 0.2rad$$

المسألة الرابعة :

نضعُ ملفّين دائريّين لهما المركزُ ذاتُهُ في مستوٍ شاقوليٍّ واحدٍ، عددُ لفّاتِ كلٍّ منهما 200 لفّة، نصفُ قطر الأوّلِ $10cm$ ، والثاني نصفُ قطره $4cm$ ، نمرّرُ في الملفّ الأوّل تيّاراً كهربائيّاً شدّتُه $8A$ بعكس جهة دوران عقارب الساعة .

المطلوبُ: حدّدْ جهةَ التيّارِ الواجبِ إمرارُهُ في الملفِّ الثاني وشدّتَهُ؛ لتكونَ شدّةُ الحقلِ المغناطيسيِّ المحصّل عندَ المركزِ المُشترَك للملفَّين:

1- $5\times10^{-2}T$ أمامَ مُستوي الرّسم

2- $3\times10^{-2}T$ خلفَ مُستوي الرّسم،

3- معدومةً.

الحل :

$$B_1 = 2\pi\times10^{-7}\frac{N\times I_1}{r_1}$$

$$= 2\pi\times10^{-7}\frac{2\times10^{+2}\times8}{10^{-1}}$$

$$B_1 = 1\times10^{-2}T$$

مطلوب : تحديد جهة I_2 وحساب شدته :

حالة أولى : تتجه نحو الأمام

$$B_{tot} = 5\times10^{-2}T$$

$$B_{tot} > B_1 \rightarrow B_2 > B$$

وبالتالي جهة $\overrightarrow{B_2}$ جهة B_{tot} نحو الأمام وجهة I_2 بعكس جهة دوران عقارب الساعة .

$$B_{tot} = B_1 + B_2$$

$$B_2 = B_{tot} - B_1$$

$$B_2 = 5\times10^{-2} - 1\times10^{-2}$$

$$B_2 = 4\times10^{-2}T$$

$$B_2 = 2\pi\times10^{-7}\frac{N\times I_2}{r_2}$$

$$I_2 = \frac{B_2\times r_2}{2\pi\times10^{-7}\times N}$$

$$I_2 = \frac{4\times10^{-2}\times4\times10^{-2}}{2\pi\times10^{-7}\times2\times10^{+2}}$$

$$I_2 = \frac{4}{\pi}\times10$$

$$I_2 = \frac{4}{\pi}\times\pi^2$$

$$I_2 = 4\pi = 12.5A$$

حالة ثانية : تتجه نحو ملف

وبالتالي جهة $\overrightarrow{B_2}$ جهة B_{tot} نحو الخلف وجهة I_2 بجهة دوران عقارب الساعة .

$$B_{tot} = B_2 - B_1$$

$$B_2 = B_{tot} + B_1$$

$$B_2 = 3\times10^{-2} + 1\times10^{-2}$$

$$B_2 = 4\times10^{-2}T$$

$$B_2 = 2\pi\times10^{-7}\frac{N\times I_2}{r_2}$$

$$I_2 = \frac{B_2\times r_2}{2\pi\times10^{-7}\times N}$$

$$I_2 = \frac{4\times10^{-2}\times4\times10^{-2}}{2\pi\times10^{-7}\times2\times10^{+2}}$$

$$I_2 = \frac{4}{\pi}\times10$$

$$I_2 = \frac{4}{\pi}\times\pi^2$$

$$I_2 = 4\pi = 12.5A$$

حالة ثالثة :

$$B_{tot} = 0$$

لكي يكون $B_{tot} = 0$

يجب أن يكون $\overrightarrow{B_2}, \overrightarrow{B_1}$ على حامل واحد وبجهتين متعاكستين ومتساويين بالشدة $(B_1 = B_2)$ وتكون جهة I_2 بجهة دوران عقارب الساعة :

$$B_1 = B_2$$

$$2\pi\times10^{-7}\frac{N\times I_1}{r_1} = 2\pi\times10^{-7}\frac{N\times I_2}{r_2}$$

$$\frac{I_1}{r_1} = \frac{I_2}{r_2}$$

$$I_2 = \frac{I_1\times r_2}{r_1}$$

$$= \frac{8\times4\times10^{-2}}{10^{-1}}$$

$$= 3.2A$$

المسألة الخامسة :

وشيعة طولها ($40cm$) ، مؤلفة من 400 لفة ، محورها الأفقي يعامد خط الزوال المغناطيسي ، نضع في مركزها إبرة بوصلة صغيرة ، ثم نمرر في الوشيعة تياراً كهربائياً متواصلاً شدته ($16\ mA$) . المطلوب :

1- احسب شدة الحقل المغناطيسي المتولد في مركز الوشيعة.

2- إذا أجرينا اللف بالجهة نفسها على الأسطوانة فارغة من مادة عازلة باستخدام سلك معزول قطره ($2mm$) بلفات متلاصقة ، احسب عدد طبقات الوشيعة .

3- نضع داخل الوشيعة في مركزها حلقة دائرية مساحتها ($2cm^2$) بحيث يصنع الناظم على سطح الحلقة مع محور الوشيعة زاوية 60° .

احسب التدفق المغناطيسي عبر الحلقة الناتج عن تيار الوشيعة.

الحل :

1- حساب B

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{N}{l} \times I$$

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{4\times 10^{+2}}{4\times 10^{-1}} \times 16\times 10^{-3}$$

$$B = 2\times 10^{-5} T$$

2- حساب مقدار (θ) انحراف الإبرة عن منحاها الأصلي .

قبل إمرار التيار تستقر الإبرة المغناطيسية وفق منحى $\overrightarrow{B_H}$	بعد إمرار التيار تدور الإبرة المغناطيسية بزاوية (θ) وتستقر وفق منحى $\overrightarrow{B'}$ محصلة ($\overrightarrow{B_H}$, $\overrightarrow{B_{tot}}$)

$$tan\,\theta = \frac{B_{tot}}{B_H}$$

$$tan\,\theta = \frac{2\times 10^{-5}}{2\times 10^{-5}}$$

$$tan\,\theta = 1 > 0.24 rad$$

$$tan\,\theta = 1$$

$$\theta = \frac{\pi}{4}\ rad$$

3-

$$n = \frac{N}{N'}$$

$$N' = \frac{l}{2r'} = \frac{4\times 10^{-1}}{2\times 10^{-3}} = 200 \text{ طبقة}$$

4- لحساب التدفق المغناطيسي الناتج عن تيار وشيعة (حقل – وشيعة)

$$S = 2cm^2 = 2\times 10^{-4} m^2$$

$$N = 1$$

$$\phi = N.B.S.\cos\alpha$$

$$\phi = 1\times 2\times 10^{-5} \times 2\times 10^{-4} \times \frac{1}{2}$$

$$\phi = 2\times 10^{-9}\ weber$$

ملاحظات لمسائل الوشيعة :

$$N = \frac{\ell`}{2\pi r} \Leftarrow \text{عدد اللفات الكلية} = \frac{\text{طول السلك}}{\text{محيط اللفة}}$$

$$\text{عدد اللفات في الطبقة الواحدة} = \frac{\text{طول الوشيعة}}{\text{طول سلك اللف}}$$

$$N` = \frac{\ell}{2r`} \quad (\text{وشيعة متلاصقة الحلقات})$$

$$n = \frac{N}{N`} \Leftarrow \text{عدد الطبقات} = \frac{\text{عدد اللفات الكلية}}{\text{عدد اللفات في الطبقة الواحدة}}$$

لحساب مقدار (θ) انحراف الإبرة عن منحاها الأصلي .

قبل إمرار التيار تستقر الإبرة المغناطيسية وفق منحى $\overrightarrow{B_H}$	بعد إمرار التيار تدور الإبرة المغناطيسية بزاوية (θ) وتستقر وفق منحى $\overrightarrow{B'}$ محصلة ($\overrightarrow{B_H}$, $\overrightarrow{B_{tot}}$)

$$tan\,\theta = \frac{B_{tot}}{B_H}$$

سؤال : يعود تعليل المغناطيسية لبعض المواد الى وجود ثلاث أسباب عددها واشح احداها .

*يشبهُ دورانُ الإلكتروناتِ حولَ النّواةِ مرورَ تيّارٍ كهربائيٍّ في حلقةٍ مغلقةٍ، فيولّدُ حقاً مغناطيسيّاً، إذْ تتغيّرُ جهةُ هذا الحقلِ بتغيّرِ جهةِ دورانِ الإلكترونِ، فإذا دارَ إلكترونان حولَ النواةِ في الذرّة بسرعتين زاويّتين متساويتين طويلةً وباتّجاهَين مُتعاكِسين وبنصفِ قطرِ مدارٍ واحدٍ تولّدَ عن أحدِهما خاصية مغناطيسيّةٌ تلغي خاصية المغناطيسيّةَ المتولّدةَ عن الآخر، أمّا إذا انفردَ أحدُ إلكتروناتِ الذرّة بدورانه حولَ النواةِ اكسبَها صفةً مغناطيسيّةً جاعاً من الذرّةِ مغناطيساً صغيراً ثنائيَّ القطب.

•إنّ دورانَ الإلكترونِ حولَ محوره يُعدُّ تيّاراً مُتناهياً في الصِّغر يولّدُ حقاً مغناطيسيّاً كما لو كان مغناطيساً صغيراً، فإذا دارَ إلكترونان حولَ محورَيهما باتّجاهين متعاكسين يلغي أحدُهما الخصائصَ المغناطيسيّةَ للآخر،

•أمّا إذا انفردَ الإلكترونُ بدورانِهِ حولَ نفسِه أكسبَ الذرّةَ صفةً مغناطيسيّة.

•إنّ حركةَ بعضِ الشّحناتِ داخلَ النواةِ تولّدُ خَصيصةً مغناطيسيّةً صغيرةً جدّاً مقارنةً بالخصيصةِ المتولّدةِ عن الدورانين السابقين للإلكتروناتِ.

سؤال : فسر علمياً تتمغنط قطعة الحديد عندما توضع في وسط مغناطيسي خارجي .

•لقد أظهرت الدراسةُ للموادّ الحديديّة العاديّة أنّها تتكوّن من ثنائيّاتِ أقطابٍ مغناطيسيّةٍ متوازيةٍ عشوائيّاً في غياب الحقل المغناطيسيّ الخارجيّ بحيثُ تكونُ مُحصّلةُ هذه الخصائص المغناطيسيّةِ معدومةً، ولكن إذا وُجدت قطعةُ الحديد في حقل مغناطيسيّ خارجيّ تتوجّهُ ثنائيّاتُ الأقطاب المغناطيسيّة داخلَ القطعة باتّجاه الحقل المغناطيسيّ الخارجيّ أي تكونُ أقطابُها الشماليّة المغناطيسيّة باتّجاه الحقل المغناطيسيّ الخارجيّ، وتصبحُ محصّلتُها غيرَ معدومةٍ، لِذا تصبحُ قطعةُ الحديد ممغنطةً.

1- يكون التدفق المغناطيسي عبر دارة مستوية أعظمياً عندما تكون الزاوية (α) بين $(\vec{B},\vec{n})$ هي:

$\alpha = \pi rad$	B	$\alpha = \frac{\pi}{2} rad$	A
$\alpha = 0rad$	D	$\alpha = \frac{\pi}{4} rad$	C

2- نمرّرُ تيّاراً كهربائيّاً متواصاً في ملفٍّ دائريٍّ، فيتولّدُ عندَ مركزِهِ حقلٌ مغناطيسيٌّ شدّتُه B نضاعفُ عدد لفّاتِه، ونجعلُ نصفَ قطرِ الملفِّ الوسطيِّ نصفَ ما كانَ عليهِ فتصبحُ شدّةُ الحقلِ المغناطيسيِّ عندَ مركزِه:

B	B	$\frac{B}{2}$	A
$4B$	D	$2B$	C

التوضيح :

3- إنّ التدفّقَ المغناطيسيَّ الذي يجتازُ دارةً مُستويةً في الخلاءِ يكونُ مساوياً نصفَ قيمتِهِ العُظمى عندما:

$\alpha = \pi rad$	B	$\alpha = \frac{\pi}{2} rad$	A
$\alpha = \frac{\pi}{3} rad$	D	$\alpha = \frac{\pi}{4} rad$	C

التوضيح :

4- نمرّرُ تيّاراً كهربائيّاً متواصاً في سلكٍ مستقيمٍ، فيتولّدُ حقلٌ مغناطيسيٌّ B شدّتُهُ في نقطةٍ تبعدُ d عن محورِ السلكِ وفي نقطةٍ ثانيةٍ تبعدُ $2d$ عن محورِ السلكِ ، وبعدَ أنْ نجعلَ شدّةَ التيّارِ رُبعَ ما كانت عليه ، تصبحُ شدّةُ الحقلِ المغناطيسيِّ:

B	B	$\frac{B}{2}$	A
$\frac{B}{8}$	D	$2B$	C

التوضيح :

5- نمرّرُ تيّاراً كهربائيّاً متواصاً في وشيعةٍ عددُ طبقاتِها طبقةٌ واحدةٌ فيتولّدُ في مركزِها حقلٌ مغناطيسيٌّ شدّتُهُ B نقسمُ الوشيعةَ إلى قسمَين متساويَين، فتصبحُ شدّةُ الحقلِ المغناطيسيِّ عندَ مركزِ الوشيعةِ مع بقاء شدة التيار ثابتة :

$\frac{B}{4}$	B	$\frac{B}{2}$	A
B	D	$2B$	C

التوضيح :

6- وشيعة مؤلفة من طبقة واحدة ، ننقص عدد لفاتها الى النصف مع بقاء شدة التيار ثابتة فتصبح شدة الحقل المغناطيسي في مركزها :

A	$\frac{B}{2}$	B	$\frac{B}{4}$
C	$2B$	D	B

التوضيح :

7- إبرةً مغناطيسيّةً محورُها شاقوليٌّ موضوعة على طاولةٍ أفقيّةٍ لتستقرَّ، فلكي لا تنحرفُ الأبرةُ عندَ إمرارِ تيّارٍ كهربائيٍّ في السلك المستقيم الأفقي يجب ان نضع السلك :

A	موازياً لمستوي الإبرة	B	مائلاً بزاوية حادة عن مستوي الإبرة
C	منطبق على مستوي إبرة	D	معامداً لمستوي الإبرة

التوضيح :

8- ملفٌّ دائريٌّ في مكبّرِ صوتٍ، عددُ لفّاتِهِ 400 لفّة، ونصفُ قطره الوسطي $2cm$ نطبّقُ بينَ طرفَيه فرقاً في الكُمون $100V$.فإذا علمتَ أنّ مقاومتَه 20Ω ، فتكون شدّةَ الحقلِ المغناطيسيّ المتولّدِ عندَ مركز الملفّ مقدراً بالتسلا بإهمال تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي :

A	$2\pi\times10^{-6}$	B	$\pi\times10^{-6}$
C	$2\pi\times10^{-6}$	D	$2\pi\times10^{-3}$

التوضيح :

9- ملف دائري عدد لفاته N ونصف قطره الوسطي r نمرر به تيار كهربائي متواصل شدته I فيتولد في مركزه حقلاً مغناطيسياً شدته B ، نقطع التيار السابق عن الملف فيكون التغير الحاصل في قيمة التدفق المغاطيسي الذي يجتاز الملف ذاته مقدراً ب $weber$ بإهمال تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي :

A	$\Delta\phi=\frac{-\phi_{max}}{2}$	B	$\Delta\phi=+\phi_{max}$
C	$\Delta\phi=0$	D	$\Delta\phi=-\phi_{max}$

التوضيح :

10- ملفٌّ دائريٌّ نصفُ قطرِه الوسطيّ $5cm$ يولّدُ عندَ مركزِهِ حقاً مغناطيسيّاً، قيمتُهُ تساوي قيمةَ الحقلِ المغناطيسيّ الذي تولّدُهُ وشيعةٌ عندَ مركزِها عندما يمرُّ بهما التيّارُ نفسُهُ، فإذا علمتَ أنّ عددَ لفّاتِ الوشيعة 100 لفّة وطولَها $20cm$ فيكون عددَ لفّاتِ الملفِّ الدائريّ . مقدراً بالفة :

A	60	B	20
C	10	D	50

التوضيح :

11- تأخذ إبرة مغناطيسية لبوصلة محور دورانها شاقولي منحى :

A	B	B	B_V
C	$B+B_V$	D	B_H

12- تأخذ إبرة مغناطيسية حرة الحركة منحى :

A	B_V	B	B_V
C	$B+B_H$	D	B

البحث الثاني : فعل الحقل المغناطيسي بالتيار الكهربائي

سؤال : في تجربة أنبوب توليد الأشعة المهبطية نطبق توترعالي بين طرفي الأنبوب فتتولد حزمة إلكترونية مسارها مستقيم :

1 – ماذا تلاحظ عند تقريب القطب الجنوبي لمغناطيس مستقيم من الأنبوب .

نلاحظ : تنحرف الحزمة الإلكترونية عن مسارها المستقيم باتجاه الأعلى .

2 – ماذا تلاحظ عند تقريب القطب الشمالي لمغناطيس مستقيم من الأنبوب

نلاحظ : تنحرف الحزمة الألكترونية عن مسارها المستقيم باتجاه الأسفل .

3 – ماذا نستنتج مماسبق .

- يؤثِّرُ الحقلُ المغناطيسيّ في الجُسيمات المشحونة المُتحرِّكة ضمنَ المنطقة التي يسودُها الحقلُ بقوَّةٍ مغناطيسيّة، حيثُ تُغيِّرُ هذه القوَّة من مسارِ حركةِ هذه الجُسيمات.
- تتغيّر جهةُ انحرافِ مسار الجُسَيمات المشحونة بتغيُّرِ جهة الحقل المغناطيسيّ المُؤثِّر.

عدد العوامل المؤثرة في شدة الحقل القوة المغناطيسي وأكتب العبارة الشعاعية للقوة المغناطيسية

تتناسب شدة القوة المغناطيسية طرداً مع :

☆ مقدار الشحنة المتحركة (q) .

☆ سرعة الشحنة (v) .

☆ شدة الحقل المغناطيسي المؤثر (B) .

☆ $\sin\theta$ حيث :

$$\hat{\theta} = (v\hat{}\,\overrightarrow{B})$$

★ والعلاقة التي تجمع هذه العوامل :

$$\boldsymbol{F = q\,.\,v\,.\,B\,.\,\sin\theta}$$

★ العبارة الشعاعية للقوة المغناطيسية :

$$\boldsymbol{\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}}$$

سؤال : ناقش متى تكون شدة القوة المغناطيسية :

A – أعظمي C – معدومة

B – نصف قيمتها العظمى

A - $\vec{v} \perp \vec{B} \rightarrow \hat{\theta} = (\vec{v}\hat{}\,\vec{B}) = \frac{\pi}{2} rad$

$\rightarrow \sin(\theta) = 1 \quad F = F_{max}$

B $\hat{\theta} = (\vec{v}\hat{}\,\vec{B}) = \frac{\pi}{6} rad \rightarrow \sin(\theta) = \frac{1}{2}$

$\rightarrow F = \frac{F_{max}}{2}$

C - $\vec{v}//\vec{B} \rightarrow \hat{\theta} = (\vec{v}\hat{}\,\vec{B}) = 0\, rad$

$\sin(\theta) = 0 \rightarrow F = F_{max} = 0$

سؤال : يدخل جسيم يحمل شحنة كهربائية **q** الى منطقة يسودها حقل مغناطيسي شدته $(\vec{B})$ بسرعة $(\vec{v})$ حاملها لا يوازي شعاع الحقل والمطلوب حدد عناصر شعاع القوة المغناطيسية موضحاً ذلك بالرسم

نقطة التأثير : الشحنة المتحركة .

الحامل : عمودي على المستوى المحدد بشعاع سرعة الشحنة وشعاع الحقل المغناطيسي المؤثر

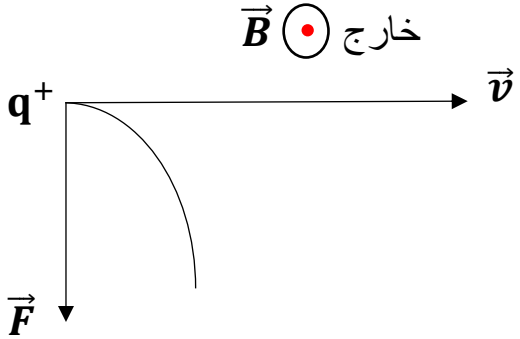
الجهة : تحدد حسب قاعدة اليد اليمنى :

- نجعلُ السّاعدَ يوازي شُعاعَ سرعةِ الشُّحنةِ.
- جهة الأصابع : بجهة $(\vec{v})$ للشحنات الموجبة .

بعكس جهة $(\vec{v})$ للشحنات السالبة .

- نوجه باطن الكف بحيث يخرج منه $(\vec{B})$
- فيشير الإبهام الى جهة شعاع القوة المغناطيسية $(\vec{F})$

$$\boldsymbol{F = q\,.\,v\,.\,B\,.\,\sin\theta}$$



سؤال : في تجربة هلمهولتز لدينا ملفين دائريين متوازيين لهما المحور نفسه ، نمرر فيهما تيارين متساويين وبنفس الجهة والمطلوب :

1- ماذا تلاحظ عند إمرار التيارين في الملفين

يتولد بين الملفين حقل مغناطيسي منتظم

2- ماذا تلاحظ عند تمرير حزمة الكترونية بسرعة ناظمية $(\vec{v})$ على شعاع الحقل المغناطيسي بين الملفين معللاً إجابتك

يؤثر الحقل المغناطيسي المنتظم في الحزمة الألكترونية بقوة مغناطيسية :

- تكون دائماً عامودية على شعاع سرعتها

- أي تكسبها تسارعاً جاذباً مركزياً يعامد شعاع سرعتها

- وبالتالي تجعل حركتها دائرية متظمة أي يحدث تغير في حامل وجهة شعاع السرعة لا في شدتها .

س : في تجربة هلمهولتنز ندخ حزمة الكترونية بسرعة ($\vec{v}$) وندخلها ضمن منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم شدته $(\vec{B})$ بحيث يكون

$$\vec{v} \perp \vec{B}$$

1 – برهن أن حركة الألكترون ضنت الحقل المغناطيسي منتظم وهي حركة دائرية منتظمة .

2– استنتج نصف قطر المسار الدائري لحركة الألكترون

3 – استنتج العلاقة المحددة لدور الحركة هذا الألكترون .

4 – كيف تصبح حركة الألكترون بعد خروجه من الحقل المغناطيسي (وبأهمال قوة الثقل) .

الجواب :

1) جملة المقارنة : خارجية

الجملة المدروسة : الالكترون

القوى الخارجية المؤثرة : يخضع الالكترون لتأثير القوة المغناطيسية مع إهمال قوة ثقله

نطبق العلاقة الأساسية في التحريك الإنسحابي :

$$\sum \vec{F} = m . \vec{a}$$

$$\vec{F} = m . \vec{a}$$

$$e\vec{v} \wedge \vec{B} = m . \vec{a}$$

$$\vec{a} = \frac{e}{m} . \vec{v} \wedge \vec{B}$$

حسب خواص الجاد الشعاعي :

$$\vec{a} \perp \vec{v}$$

والتالي حركة الأكترون ضمن المنطقة التي يسودها حقل مغناطيسي منتظم هي حركة دائرية منتظمة والتسارع جاذب مركزي .

2) استنتاج r :

$$F_{\text{مغناطيسية}} = F_c$$

$$e . v . B . sin\theta = m_e . a_c$$

$$\hat{\theta} = (\vec{v} \,\hat{}\, \vec{B}) = \frac{\pi}{2} rad$$

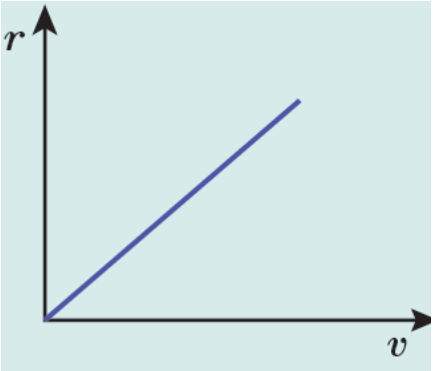
$$sin(\theta) = 1$$

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$e . v . B = m_e \frac{v^2}{r}$$

$$r = \frac{m . v}{e . B}$$

ملاحظة : إن r تتناسب طرداً مع v



- استنتاج الدور :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \qquad \frac{2\pi}{T} = \frac{v}{r}$$

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$T = \frac{2\pi . v}{r}$$

لكن $r = \frac{m_e . v}{e . B}$

$$T = \frac{2\pi . m_e . v}{v . e . B} \Rightarrow \boldsymbol{T = \frac{2\pi . m_e}{e . B}}$$

مسألة :

نخضع إلكتروناً يتحرّك بسرعة $8 \times 10^3\ Km.s^{-1}$ إلى تأثير حقل مغناطيسيّ منتظم ناظميّ على شعاع سرعته شدّته $B = 5 \times 10^{-3}\ T$

1- وازن بالحساب بين شدّة ثقل الإلكترون وشدّة قوّة لورنز المؤثّرة فيه. ماذا تستنتج؟

2- برهن أنَّ حركة الإلكترون ضمن المنطقة التي يسودها الحقل المغناطيسيّ هي حركة دائريّة منتظمة ، ثمّ استنتج العلاقة المحدِّدة لنصف قطر المسار الدائريّ، واحسب قيمته.

3- احسب دور الحركة.

$$e = 1 \cdot 6 \times 10^{-19}\ C$$

$$m_e = 9 \times 10^{-31}\ Kg$$

$$g = 10\ \ m.s^{-2}$$

1) الموازنة بالحساب :

$$w_e = m_e g$$

$$= 9\times10^{-31} \times 10 = 9\times10^{-30}\ N$$

$$F = e.v.B.\sin\theta$$

$$\theta = (\vec{v}, \vec{B}) = \frac{\pi}{2} rad$$

$$F = 1.6\times10^{-19} \times 8\times10^{+6} \times 5\times10^{-3} = 64\times10^{-16}\ N$$

نلاحظ أن : $F >> w_e$

لذلك يهمل ثقل الإلكترون أمام القوة المغناطيسية

2) جملة المقارنة : خارجية

الجملة المدروسة : الالكترون

القوى الخارجية المؤثرة : يخضع الالكترون لتأثير القوة المغناطيسية مع إهمال قوة ثقله

نطبق العلاقة الأساسية في التحريك الإنسحابي :

$$\sum \vec{F} = m.\vec{a}$$

$$\vec{F} = m.\vec{a}$$

$$e\vec{v} \wedge \vec{B} = m.\vec{a}$$

$$\vec{a} = \frac{e}{m}.\vec{v} \wedge \vec{B}$$

حسب خواص الجاد الشعاعي :

$$\vec{a} \perp \vec{v}$$

والتالي حركة الأكترون ضمن المنطقة التي يسودها حقل مغغناطيسي منتظم هي حركة دائرية منتظمة والتسارع جاذب مركزي .

2) استنتاج r :

$$F_{\text{مغناطيسية}} = F_c$$

$$e.v.B.sin\theta = m_e.a_c$$

$$\hat{\theta} = (\vec{v}\ ;\ \vec{B}) = \frac{\pi}{2} rad$$

$$sin(\theta) = 1$$

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$e.v.B = m_e \frac{v^2}{r}$$

$$r = \frac{m.v}{e.B}$$

$$r = \frac{9\times10^{-31} \times 8\times10^{+6}}{1.6\times10^{-19} \times 5\times10^{-3}} = 9\times10^{-3} m$$

3) حساب دور الحركة :

$$T = \frac{2\pi.m_e}{e.B}$$

$$T = \frac{2\pi \times 9\times10^{-31}}{1.6\times10^{-19} \times 5\times10^{-3}} = \frac{9\pi}{4} \times 10^{9}\ s$$

سؤال : استنتج عبارة شدة الحقل المغناطيسي المؤثرة في شحنة كهربائية تتحرك في حقل مغناطيسي منتظم بسرعة $\vec{v}$ تعامد شعاع الحقل المغناطيسي ثم عرف تسلا .

جملة المقارنة: خارجية ، الجملة المدروسة: الشحنة الكهربائية المتحركة.

لقوى الخارجية المؤثرة: $\vec{F}$ قوة لورنز (بإهمال ثقل الشحنة).

$$\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$$

$$F = qv\,B \sin\frac{\pi}{2} \Rightarrow B = \frac{F}{qv}$$

لتسلا: شدة حقل مغناطيسي منتظم إذا تحركت ضمن المنطقه التي يسودها شحنة كهربائية مقدارها كولوم واحد بسرعة $1m.s^{-1}$ تعامد خطوط هذا الحقل تأثرت بقوة مغناطيسية تساوي نيوتن واحد.

(تجربة السلك المغمور في حوض الزئبق)

سؤال : لدينا سلك نحاس متجانس شاقولي كتلته (m) وطوله (ℓ) معلق من نهايته العلوية بمحور دوران أفقي (Δ) يمكنه الدوران حوله بحريه ، و نهايته السفلية مغمورة في حوض زئبق ويؤثر حقلاً مغناطيسياً منتظم شدته أفقي B في جزء المتوسط من السلك و المطلوب :

1 - ماذا تلاحظ عند امرار تيار كهربائي شدته (I) في السلك معللاً إجابتك .

نلاحظ إنحراف السلك عن موضع توازنه الشاقولي بزاوية (α) .

تعليل : بسبب عزم القوة الكهرطيسية الناتجة عن تأثير الحقل المغناطيسي بالتيار الكهربائي .

2- اقترح طريقة لتغيير جهة إنحراف السلك .

نغير جهة التيار أو نغيرجهة الحقل المغناطيسي فتتغير جهة القوى الكهرطيسية وبالتالي تنعكس جهة إنحراف السلك .

ملاحظة : لاتنعكس جهة إنحراف السلك عن موضع توازنه الشاقولي عند عكس جهة الحقل المغناطيسي وجهة التيار معاً .

3– اقترح طريقة لزيادة مقدار إنحراف السلك عن موضع توازنه الشاقولي .

نزيد شدة التيار أو شدة الحقل المغناطيسي فتزداد شدة القوى الكهرطيسية وبالتالي يزداد مقدار إنحراف السلك .

(تجربة دولاب بارلو)

سؤال : في تجربة دولاب بارلو :

قرص نحاسي معلق من مركزه بمحور دوران أفقي يمكنه الدوران حوله بحريه ، و تلامس الحافة السفلية للقرص حوض الزئبق ويخضع النصف السفلي للقرص لتأثير حقل مغناطيسي منتظم شدته (B) والمطلوب :

1- ماذا تلاحظ عند إمرار تيار كهربائي متواصل شدته (I) بالدارة معللاً إجابتك .

نلاحظ دوران الدولاب

التعليل : بتأثيرعزم القوة الكهرطيسية الناتجة عن تأثير الحقل المغناطيسي بالتيار الكهربائي .

2 - اقترح طريقه لتغيير جهة دوران الدولاب .

نغير جهة الحقل المغناطيسي أو نغير جهة التيار فتتغير جهة القوة الكهرطيسية مما يؤدي الى تغير جهة دوران الدولاب .

ملاحظة : لاتنعكس جهة دوران الدولاب عند عكس جهة الحقل المغناطيسي وجهة التيار معاً.

3- اقترح طريقة لزيادة سرعة دوران الدولاب .

نزيد من شدة الحقل المغناطيسي المنتظم أو شدة التيار الكهربائي المتواصل فتزداد شدة القوة الكهرطيسية ممايؤدي الى ازدياد سرعة دوران الدولاب .

(تجربة السكتين الكهرطيسية)

سؤال : في تجربة السكتين الكهرطيسية :

تستند ساق نحاسية كتلتها (m) الى سكتين أفقيتين متوازيتين ويؤثر على الجزء المتوسط منها طوله (L) حقلاً مغناطيسياً شدته (B) نصل طرفي السكتين بمولد تيار كهربائي متواصل شدته (I) والمطلوب :

1- ماذا تلاحظ عند إمرار تيار كهربائي متواصل شدته (I) بالساق معللاً إجابتك .

نلاحظ تدحرج الساق على السكتين .

التعليل : بسبب القوة الكهرطيسية الناتجة عن تأثير الحقل المغناطيسي بالتيار الكهربائي .

2 - اقترح طريقه لتغيير جهة تدحرج الساق على السكتين.

نغير جهة الحقل المغناطيسي أو نغير جهة التيار فتتغير جهة القوة الكهرطيسية مما يؤدي الى تغير جهة تدحرج الساق على السكتين .

ملاحظة : لاتنعكس جهة تدحرج الساق عند عكس جهة الحقل المغناطيسي وجهة التيار معاً.

3- اقترح طريقة لزيادة سرعة تدحرج الساق .

نزيد من شدة الحقل المغناطيسي المنتظم أو شدة التيار الكهربائي المتواصل فتزداد شدة القوة الكهرطيسية ممايؤدي الى ازدياد سرعة دوران الدولاب .

سؤال : عدد عوامل المؤثرة في شدة القوة الكهرطيسية وكتب العلاقة التي تجمع هذه العوامل وناقش متى تكون شدة القوى الكهرطيسية :

A- عظمى B- نصف قيمتها العظمى

C- معدومة

تزداد شدة القوة الكهرطيسية :

1) شدة التيار الكهربائي المتواصل .

2) شدة الحقل المغناطيسي المؤثر .

3) طول الجزء من ناقل مستقيم الخاضع للحقل المغناطيسي .

4) وتتعلق ب $(\theta)sin$

$$\hat{\theta} = (\vec{IL}\ \hat{;}\ \vec{B})$$

$$\boldsymbol{F_{\text{كهرطيسية}} = I\,.L\,.B\,.sin\theta}$$

$$\vec{IL} \perp \vec{B} \rightarrow \hat{\theta} = (\vec{IL}\ \hat{;}\ \vec{B}) = \frac{\pi}{2} rad$$

$$sin(\theta) = 1 \rightarrow F = F_{max}$$

$$\hat{\theta} = (\vec{IL}\ \hat{;}\ \vec{B}) = \frac{\pi}{6} rad \rightarrow sin(\theta) = \frac{1}{2}$$

$$\rightarrow F = \frac{F_{max}}{2}$$

$$\vec{IL} // \vec{B} \rightarrow \hat{\theta} = (\vec{IL}\ \hat{;}\ \vec{B}) = 0\ rad$$

$$sin(\theta) = 0 \rightarrow F = F_{max} = 0$$

سؤال : حدد بالكتابة والرسم عناصر شعاع القوة الكهرطيسية المؤثرة في دولاب بارلو .

عناصر $\vec{F}$: الحامل : عمودي على المستوي المحدد بنصف القطر السفلي شاقولي وشعاع الحقل المغناطيسي المنتظم .

الجهة : تحقق الأشعة ($I\vec{r}\ , \vec{B}, \vec{F}$) ثلاثية مباشرة وفق قاعدة اليد اليمنى :

- نضع الساعد منطبقاً على نصف القطر السفلي الشاقولي

- بحيث يدخل التيار من الساعد ويخرج من رؤوس الأصابع - نوجه باطن الكف بحيث يخرج منه شعاع الحقل المغناطيسي المنتظم

- فيشير الإبهام الى جهة شعاع القوة الكهرطيسية

الشدة : $F = I.r\,.B\,.sin\theta$

F : شدة القوة الكهرطيسية تقدر (N) .

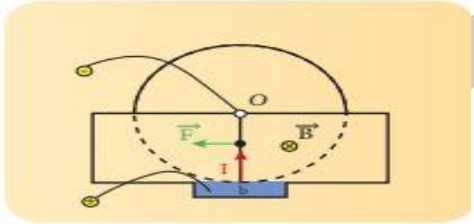
I : شدة التيار الكهربائي المتواصل وتقدر (A).

r : نصف القطر السفلي الشاقولي وتقدر (m).

B : شدة الحقل المغناطيسي المنتظم وتقدر (T).

$$\theta = (I\vec{r}\ \hat{;}\ \vec{B})$$

وتعطى العبارة الشعاعية : $\vec{F} = I\vec{r} \wedge \vec{B}$



سؤال : حدد عناصر القوة الكهرطيسية في تجربة السكتين الكهرطيسية موضحاً ذلك بالرسم .

عناصر $\vec{F}$: الحامل : عمودي على المستوى المحدد من الساق ($\vec{IL}$) وشعاع الحقل المغناطيسي $(\vec{B})$

الجهة : تحقق الأشعة ($\vec{IL}\ , \vec{B}, \vec{F}$) ثلاثية مباشرة تجدد وفق قاعدة اليد اليمنى :

- نضع الساعد منبسطاً على الساق

- يدخل التيار من الساعد ويخرج من رؤوس الأصابع

- نوجه باطن الكف بحيث يخرج منه شعاع الحقل المغناطيسي - فيشير الإبهام الى جهة شعاع القوة الكهرطيسية ($\vec{F}$) .

الشدة : تحدد من العلاقة : $\boldsymbol{F = I\,.L\,.B\,.sin\theta}$

F : شدة القوة الكهرطيسية تقدر (N) .

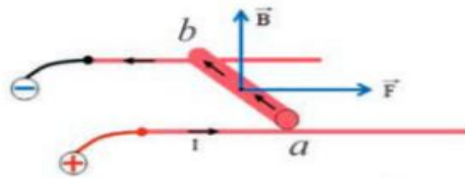
I : شدة التيار الكهربائي المتواصل وتقدر (A).

L : طول الجزء من الساق الخاطع لتأثير الحقل المغناطيسي وتقدر (m).

B : شدة الحقل المغناطيسي المنتظم وتقدر (T).

$$\hat{\theta} = (\vec{IL}\ \hat{;}\ \vec{B})$$

وتعطى العبارة الشعاعية : $\vec{F} = \vec{IL} \wedge \vec{B}$



سؤال : ناقل مستقيم طوله (ℓ) ومساحة مقطعه (s) والكثافة الحجمية للألكترونات الحرة فيه (n) ويخضع لتأثير حقل مغناطيسي شدته (B) ونطبق بين طرفي السلك فرقاً في الكمون فيتأثر السلك بقوة مغناطيسية

المطلوب : إنطلاقاً من علاقة القوة المغناطيسية وأستنتج علاقة شدة القوة الكهرطيسية .

- عند تطبيق فرق الكمون بين طرفي السلك فأن الاكترونات الحرة في السلك تتحرك بسرعة ثابتة $(\vec{F})$.
- وتخضع هذه الألكترونات لتأثير القوة المغناطيسية .
- فنكون القوة الكهرطيسية هي محصلة القوى المغناطيسية المؤثرة بالألكترونات الحرة

$$F_{\text{كهرطيسية}} = N \cdot F_{\text{مغناطيسية}}$$

$$F_{\text{كهرطيسية}} = N \cdot e \cdot v \cdot B \cdot \sin\theta$$

لكن : $v = \dfrac{L}{\Delta t}$

$$F = N.e.\frac{L}{\Delta t}.B\sin\theta$$

$$q = N.e$$

$$F = \frac{q}{\Delta t}.L.B.\sin\theta$$

لكن : $I = \dfrac{q}{\Delta t}$

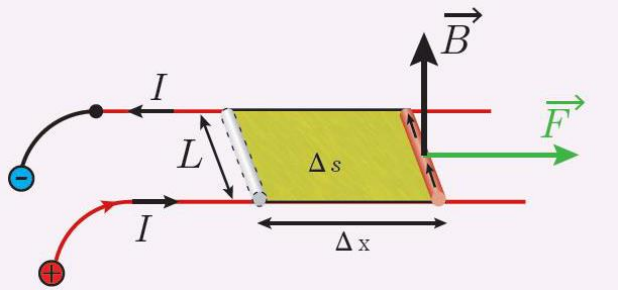
$$F = I.L.B.\sin\theta$$

$$\hat{\theta} = (\vec{IL}\ ;\ \vec{B})$$

$\vec{IL}$: شعاع التيار الذى حامله السلك وجهته جهة التيار

سؤال : في تجربة السكتين الكهرطيسية استنتج عبارة عمل القوة الكهرطيسية (عمل مكسويل)

(حيث $\vec{B}$ عمودي على مستوي السكتين) ثم اكتب نص نظرية مكسويل موضحاً ذلك بالرسم :



- عندما تنتقل الساق موازياً لنفسها مسافة ΔX فتمسح سطحاً $\Delta S = L \cdot \Delta X$
- وتنتقل نقطة تأثير القوة الكهرطيسية على حاملها وبجهتها مسافة ΔX
- فتنجز القوة الكهرطيسية عملاً مجركاً موجباً ($W > 0$)

$$W = F \cdot \Delta X$$

$$W = I \cdot L \cdot B \cdot \Delta X$$

$$W = IB\Delta S$$

لكن : $\Delta\phi = B.\Delta S > 0$

حيث يمثل $\Delta\phi$ تزايد التدفق المغناطيسي

$$\boldsymbol{W = I \cdot \Delta\phi}$$

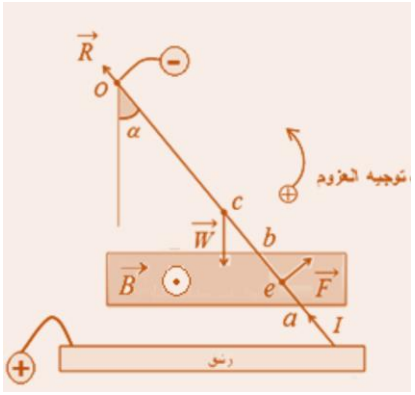
نص نظرية مكسويل :

إذا انتقلت دارة كهربائية أو جزء من دارة كهربائية في منطقة يسودها حقل مغناطيسي فإن عمل القوة الكهرطيسية المسببة لذلك الإنتقال يساوي جداء شدة التيار المار في الدارة في تزايد التدفق المغناطيسي الذي يجتازها .

مسألة السلك المغمور :

نعلّقُ سلكاً نحاسيّاً ثخيناً طولُه $60\ cm$ وكتلتُه $50\ g$ من طرفِهِ العلويّ شاقولياً، ونغمسُ طرفَه السّفليّ في حوضٍ يحتوي الزّئبقَ. نمرّرُ تيّاراً كهربائيّاً مُتواصِلاً شدّتُه $10\ A$، حيثُ يؤثّرُ حقلٌ مغناطيسيٌّ مُنتظَمٌ أفقيٌّ شدّتُه $B = 3 \times 10^{-2}T$ على قطعةٍ منه، طولُها $4cm$ يبعدُ مُنتصَفُها عن نقطةِ التّعليقِ $50\ cm$.

استنتِجْ العلاقةَ المُحدِّدةَ لزاويةِ انحرافِ السِّلك عن الشّاقول بدلالةِ أحدِ نسبِها المثلّثيّة، ثمَّ احسبْها.



جملة المقارنة : خارجية

الجملة المدروسة : السلك الشاقولي المتوازن

القوى الخارجية المؤثرة :

$\vec{w}$: قوة ثقل الساق .

R : قوة رد فعل السكتين : قوة رد فعل السكتين للساق .

$\vec{F}$: القوة الكهرطيسية .

بما أن السلك متوازن دورانياً نطبق شرط التوازن الدوراني :

$$\sum \Gamma / \Delta = 0$$

$$\sum \vec{w} / \Delta + \sum \vec{R} / \Delta + \sum \vec{F} / \Delta = 0$$

لأن حامل $\vec{R}$ يلاقي محور الدوران

$$-d_1.W + d_2.F = 0$$

$$d_2.F = d_1.W$$

حيث

$$d_2 = oe$$

$$d_2 = oc.\sin\alpha$$

نعوض

$$oe.I.L.B = oc.\sin\alpha.M.g$$

$$\sin\alpha = \frac{oe.I.L.B}{oc.m.g}$$

$$\sin\alpha = \frac{5\times10^{-1}\times10^{+1}\times4\times10^{-2}\times3\times10^{-2}}{3\times10^{-1}\times5\times10^{-2}\times10^{+1}}$$

$$\sin\alpha = 0.04rad$$

$$0.04 < 0.24$$

زاوية صغيرة

$$\sin\alpha \simeq \alpha$$

$$\alpha \simeq 0.04rad$$

ملاحظات لحل مسألة دولاب بارلو :

*** شدة القوة الكهرطيسية:**

$F = ILB\ sin\theta$: L = r

$F = IrB\ sin\theta \Longleftarrow$ ويكون $\theta(\overrightarrow{IL}, \vec{B}) = \frac{\pi}{2}$ و $\Longleftarrow$ ولكن

*** عزم القوة الكهرطيسية:**

$\Gamma = d.F$: $d = \frac{r}{2} \Longrightarrow \Gamma = \frac{r}{2}.F$

*** الإستطاعة الميكانيكية الناتجة عن دوران الدولاب :**

$P = \Gamma.\omega = \Gamma.2\pi f$

*** مقدار الكتلة الواجب تعليقها على طرف نصف القطر الأفقي للدولاب لمنعه من الدوران :**

جملة المقارنة : خارجية

الجملة المدروسة : الدولاب المتوازن + الثقل المعلق

القوى الخارجية المؤثرة:

$\vec{W}$ ثقل الدولاب $\vec{F}$ القوة الكهرطيسية

$\vec{R}$ رد فعل محور الدوران $\overrightarrow{W'}$: ثقل الكتلة المضافة.

شرط التوازن الدوراني $\sum \vec{\Gamma}_\Delta = \vec{0}$

$$\vec{\Gamma}_{\vec{W}/\Delta} + \vec{\Gamma}_{\vec{F}/\Delta} + \vec{\Gamma}_{\vec{R}/\Delta} + \vec{\Gamma}_{\overrightarrow{W'}/\Delta} = 0$$

$\vec{\Gamma}_{\vec{R}/\Delta} = 0$ لأن حامل $\vec{R}$ يلاقي Δ

$\vec{\Gamma}_{\overrightarrow{W'}/\Delta} = 0$ لأن حامل $\overrightarrow{W'}$ يلاقي Δ

$$\left(\frac{r}{2}\right)F - r(r)mg = 0$$

$$\Longrightarrow \left(\frac{r}{2}\right)F - r(r)mg \Longrightarrow \boxed{m = \frac{F}{2g}}$$

مسألة دولاب بارلو :

دولابُ بارلو قطرُه 20 cm ، يمرَّرُ فيه كهربائيّ مُتواصِلٌ I ، ويخضعُ نصفُ القرصِ السّفليّ لحقلٍ مغناطيسيٍّ أفقيٍّ مُنتظَمٍ شدَّتُه $B = 10^{-2}T$ ، فيتأثَّرُ الدُّولابُ بقوَّةٍ كهرطيسيّةٍ شدَّتُها : $F = 4 \times 10^{-1}N$ والمطلوب :

1- بيِّنْ بالرّسمِ جهةَ كلٍّ من ($I\vec{L}, \vec{B}, \vec{F}$) .

2- احسبْ شدّةَ التيّارِ المارّ في الدّولاب.

3- احسبْ عزمَ القوَّةِ الكهرطيسيّةِ المُؤثِّرةِ في الدُّولاب.

4- احسب الاستطاعة الميكانيكية الناتجة عن دوران الدولاب عندما يدور الدولاب بسرعة زاوية تقابل $\frac{5}{\pi} Hz$

5- احسبْ قيمةَ الكتلةِ الواجبِ تعليقُها على طرفِ نصفِ القطرِ الأفقيّ للدُّولابِ لمنعِه عن الدَّوران .

الحل:

1- الرسم

2- حساب I :

$$F = IrB.\sin\theta$$

$$I = \frac{4\times10^{-2}}{10^{-1}\times10^{-2}\times1}$$

$$I = 40A$$

3- حساب $\Gamma_{\vec{F}/\Delta}$:

$$\Gamma_{\vec{F}/\Delta} = d.F$$

$$= \frac{r}{2}.F$$

$$\Gamma_{\vec{F}/\Delta} = \frac{10^{-1}}{2}\times4\times10^{-2}$$

$$\Gamma_{\vec{F}/\Delta} = 2\times10^{-3}(m.N)$$

4) حساب الاستطاعة الميكانيكية :

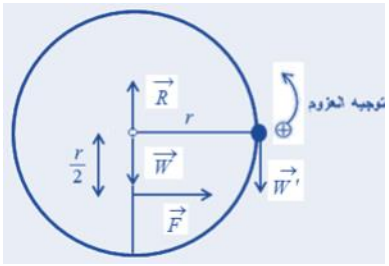
$$P = \Gamma_{\vec{F}/\Delta}.W$$

$$P = \Gamma_{\vec{F}/\Delta}.2\pi f$$

$$P = 2\times10^{-3}\times2\pi\times\frac{5}{\pi}$$

$$P = 2\times10^{-2}watt$$

4- حساب (M') الكتلة الواجب نعليقها لمنع دولاب من الدوران :



جملة المقارنة : خارجية

الجملة المدروسة : الدولاب المتوازن + ثقل المعلق

القوى الخارجية المؤثرة:

$\vec{W}$ ثقل الدولاب $\vec{F}$ القوة الكهرطيسية

$\vec{R}$ رد فعل محور الدوران $\overrightarrow{W'}$: ثقل الكتلة المضافة.

شرط التوازن الدوراني $\sum\vec{\Gamma}_{\Delta} = \vec{0}$

$$\vec{\Gamma}_{\vec{W}/\Delta} + \vec{\Gamma}_{\vec{F}/\Delta} + \vec{\Gamma}_{\vec{R}/\Delta} + \vec{\Gamma}_{\overrightarrow{W'}/\Delta} = 0$$

$\vec{\Gamma}_{\vec{R}/\Delta} = 0$ لأن حامل $\vec{R}$ يلاقي Δ

$\vec{\Gamma}_{\overrightarrow{W'}/\Delta} = 0$ لأن حامل $\overrightarrow{W'}$ يلاقي Δ

$$\left(\frac{r}{2}\right)F - r(r)mg = 0$$

$$\Rightarrow \left(\frac{r}{2}\right)F - r(r)mg \Rightarrow \boxed{m = \frac{F}{2g}}$$

$$m' = \frac{F}{2\,g} = \frac{4\times10^{-2}}{2\times10} = 2\times10^{-3}Kg$$

ملاحظات لحل مسألة السكتين الكهرطيسية :

1- لحساب شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة بالساق

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

$$\theta = (I\vec{L}, \vec{B})$$

2- لحساب قيمة لبعمل الذي تنجزه القوة الكهرطيسية مطبق احد القوانين الآتية :

$$W = F.\Delta x$$
$$W = F.v.\Delta t$$
$$W = I.\Delta\Phi$$

3- لحساب الإستطاعة الميكانيكية الناتجة عن تدحرج الساق على السكتين نطبق احد القانونين الآتيين :

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$
$$P = F.v$$

4- لحساب قيمة الزاوية التي يجب إمالة السكتين بها عن الأفق حتى تتوازن الساق والدارة مغلقة

(بإهمال قوى الأحتكاك) نطبق شرط التوازن الإنسحابي

مسألة السكتين الكهرطيسية :

في تجربة السكتين الكهرطيسية ، تستند ساق نحاسية كتلتها ($16\ kg$) الى سكتين أفقيتين حيث يؤثر على ($4\ cm$) من الجزء المتوسط منها خقل مغناطيسي منتظم شاقولي شدته ($40\ T$) ويمر بها تيار شدته ($40\ A$) والمطلوب :

1- حدد بالكتابة والرسم عناصر شعاع القوة الكهرطيسية ، ثم احسب شدتها.

2- احسب قيمة العمل الذي تنجزه القوة الكهرطيسية عندما تنتقل الساق مسافة ($15\ cm$).

3- احسب الإستطاعة الميكانيكية الناتجة عن تدحرج الساق على السكتين خلال ثانيتين .

4- احسب قيمة الزاوية التي يجب إمالة السكتين بها عن الأفق حتى تتوازن الساق والدارة مغلقة (بإهمال قوى الأحتكاك) .

الحل :

1- تحديد عناصر القوة الكهرطيسية :

نقطة التأثير : منتصف الجزء من الناقل المستقيم الخاضع لتاثير الحقل المغناطيسي المنتظم .

الحامل : عمودي على المستوي المحدد بالناقل المستقيم وشعاع الحقل المغناطيسي المنتظم .

الجهة : تحقق الاشعة الثلاثة $(\vec{B}, \vec{F}, \vec{IL})$ ثلاثية مباشرة تحدد وفق قاعدة اليد اليمنى :

نضع اليد اليمنى منبسطة على الناقل المستقيم بحيث يدخل التيار من الساعد ويخرج من رؤو الأصابع ونوجه باطن الكف بحيث يخرج منه شعاع الحقل المغناطيسي فيشير الابهام الى جهة القوة الكهرطيسية .

الشدة : $\vec{F} = \vec{IL} \wedge \vec{B}$

$$F = ILB\sin\theta$$
$$\theta = \frac{\pi}{2} rad$$
$$F = ILB$$
$$F = 4\times10\times4\times10^{-2}\times10^{-1}$$
$$F = 16\times10^{-2}\ N$$

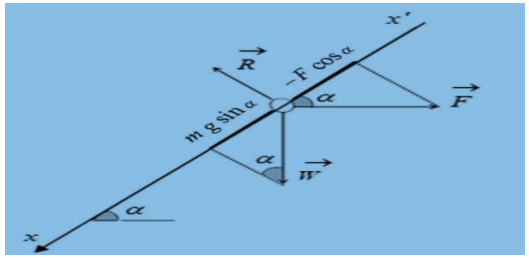
2- حساب عمل القوة الكهرطيسية :

$$\Delta X = 15\times10^{-2} m$$
$$W = F\times\Delta X$$
$$W = 16\times10^{-2}\times15\times10^{-2}$$
$$W = 24\times10^{-3} J$$

3- حساب الإستطاعة الميكانيكية :

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{24\times10^{-3}}{2} = 12\times10^{-3} watt$$

4- حساب زاوية الميلان :



جملة المقارنة : خارجية

الجملة المدروسة : الساق المتوازنة

القوى الخارجية المؤثرة :

$\vec{w}$: قوة ثقل الساق .

R : قوة رد فعل السكتين : قوة رد فعل السكتين للساق .

$\vec{F}$: القوة الكهرطيسية .

بما أن الساق متوازية انسحابياً نطبق شرط التوازن الانسحابي :

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \rightarrow \vec{w} + \vec{F} + \vec{R} = \vec{0}$$

بالإسقاط على محور موجه نحو الأسفل

$$W \times \sin\alpha - F \times \cos\alpha = 0$$
$$W \times \sin\alpha = F \times \cos\alpha$$
$$\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{F}{W}$$
$$\tan\alpha = \frac{F}{m \times g}$$
$$= \frac{16 \times 10^{-2}}{16 \times 10^{-3} \times 10}$$
$$\tan\alpha = 1 \rightarrow \alpha = \frac{\pi}{4} rad$$

سؤال : إطار مستطيل الشكل طول ضلعه الأفقي (d) وطول ضلعه الشاقولي (L) ، ويحوي N لفة متماثلة ، معلق من منتصف أحد ضلعيه الأفقين الى سلك شاقولي عديم الفتل نضعه في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم شدته (B) بحيث يكون خطوطه توازي مستوى الإطار ، ثم نمرر في الإطار تيار كهربائي متواصل شدته (I) فيدور الإطار ويستقر عندما تصبح خطوط الحقل المغناطيسي عمودية على مستويه والمطلوب :

1) فسر سبب دوران الإطار واذكر نص قاعدة التدفق الأعظمي .

2) استنتج العلاقة المحددة لعزم المزدوجة الكهرطيسية المؤثرة في الإطار .

3) أكتب العبارة الشعاعية للعزم المغناطيسي ومن ثم حدد عناصر شعاع العزم المغناطيسي ومن ثم أكتب العبارة الشعاعية لعزم المزدوجة الكهرطيسية بدلالة العزم المغناطيسي .

الحل :

1 - يؤثر الحقل المغناطيسي المنتظم بالإطار بمزدوجة كهرطيسية ناتجة عن القوتين الكهرطيسيتين المؤثرتين بالضلعين الشاقوليين

تعمل هذه المزدوجة على تدوير الإطار حول محور دورانه من وضعه الأصلي حيث التدفق المغناطيسي معدوم الى وضع توتزنه المستقر حيث التدفق المغناطيسي الذي يجتازه أعظمي .

قاعدة التدفق المغناطيسي :

إذا أثر حقل مغنلاطيسي في دارة كهربائية مغلقة تحركت هذه الدارة بحيث تنتقل من وضع يكون التدفق المغناطيسي معدوم الى وضع يكون التدفق المغناطيسي الذي يجتازه أعظمياً .

2- استنتاج عزم المزدوجة الكهرطيسية :

$$\Gamma_\Delta = \grave{d} \cdot F$$

Γ_Δ : عزم المزدوجة الكهرطيسية .

$\grave{d}$: ذراع المزدوجة .

$$sin\alpha = \frac{\grave{d}}{d}$$

$$\grave{d} = d \cdot \sin\alpha \quad .....(1$$

$\alpha : (\vec{n} \,\hat{,}\, \vec{B})$ حيث

$$\vec{F} = N \cdot I \cdot L \cdot B \cdot sin\frac{\pi}{2}$$

$$\vec{F} = N \cdot I \cdot L \cdot B \quad .....(2$$

$$\Gamma_\Delta = d \cdot \sin\alpha \, (N \cdot I \cdot L \cdot B)$$

$S = L \cdot d$ حيث

$$\boldsymbol{\Gamma_\Delta = N\, I\, S\, B\, \sin\alpha}$$

3_ ويعطى العزم المغناطيسي بالعلاقة :

$$\boldsymbol{\vec{M} = N\, I\, \vec{S}}$$

عناصر $\vec{M}$:

الحامل : الناظم على مستوى الإطار .

الجهة : بجهة إبهام يد يمنى تلتف بقية أصابعها بجهة التيار .

الشدة : $M = N . I . S$

وتعطى العبارة الشعاعية لعزم المزدوجة الكهرطيسية :

$$\overrightarrow{\Gamma_\Delta} = \vec{M} \wedge \vec{B}$$

سؤال : لدينا مقياس غلفاني ذو الإطار المتحرك يتكون من ملف على شكل إطار مستطيل يحوي N لفة معزولة متماثلة ويتصل أحد طرفيه بسلك قابل للفتل أما طرف آخر للإطار فيتصل بسلك آخر شاقولي لين عديم الفتل ويمكن للإطار أن يدور حول محوره الشاقولي المار بمركزه بين قطبي مغناطيس نضوي والمطلوب :

بين كيف يتم قياس شدة التيار في المقياس الغلفاني ثم استنتج العلاقة بين شدة التيار I وزاوية الإطار $(\dot{\theta})$ وذلك إنطلاقاً من شرط التوازن الدوراني ، وكيف تتم زيادة حساسية المقياس الغلفاني عملياً من أجل التيار نفسه.

الحل : يتم قياس شدة التيار كما يلي :

عند إمرار التيار الكهربائي المراد قياس شدته في إطار المقياس فإن الحقل المغناطيسي المنتظم يؤثر في الإطار بمزدوجة كهرطيسية تسبب دوران الإطار حول محور دورانه فينشأ في سلك الفتل مزدوجة فتل تمانع استمرار الدوران ويتوازن الإطار بعد أن يدور بزاوية صغيرة $(\dot{\theta})$.

استنتاج العلاقة بين I , $\dot{\theta}$:

$$\sum \Gamma_\Delta = 0$$

$$\Gamma_{\Delta\text{كهرطيسية}} + \Gamma_{\vec{n}/\Delta} = 0$$

$$N\,I\,S\,B\,\sin\alpha - K\,.\,\dot{\theta} = 0$$

$$N\,I\,S\,B\,\sin\alpha = K\,.\,\dot{\theta}$$

$$\alpha + \dot{\theta} = \frac{\pi}{2} \qquad \text{لكن}$$

$$\sin(\alpha) = \cos(\dot{\theta})$$

$$N\,I\,S\,B\cos(\dot{\theta}) = K\,.\,\dot{\theta}$$

* وباعتبار أن $(\dot{\theta})$ زاوية صغيرة: $\cos(\dot{\theta}) \simeq 1$

$$N\,I\,S\,B = K\,.\,\dot{\theta}$$

$$\dot{\theta} = \frac{N\,S\,B}{K}\,I$$

$$G = \frac{N\,S\,B}{K}$$

$$\boldsymbol{\dot{\theta} = G\,.\,I}$$

$(\dot{\theta})$: زاوية دوران الإطار تقدر ب rad

G : ثابت المقياس الغلفاني يعبر عن حساسية المقياس

و يقدر $rad.A^{-1}$

I : شدة التيار المار في إطار المقياس تقدر ب A

تزداد حساسية المقياس الغلفاني بزيادة G ويتم ذلك عنلياً باستبدال سلك الفتل بسلك ارفع منه من المادة نفسها لتصغير ثابت الفتل K

ملاحظات لحل مسائل الإطار بنوعيه :

1) لحساب عزم المزدوجة الكهرطيسية لحظة إمرار التيار في الإطار (بنوعيه)

$$\boldsymbol{\Gamma_\Delta = N\,I\,S\,B\,\sin\alpha}$$

2) لحساب التدفق المغناطيسي الذي يجتاز الإطار (بنوعيه) بعد دورانه بزاوية $(\dot{\theta})$.

$$\boldsymbol{\phi = N\,S\,B\cos(\alpha)}$$

علماً أن : $\alpha + \dot{\theta} = \frac{\pi}{2}$

3) لحساب عمل المزدوجة الكهرطيسية عندما يدور الإطار (المعلق بسلك عديم الفتل) من وضعه السابق الى وضع توازن المستقر .

$$W = I\,.\,\Delta\phi$$

$$W = I\,N\,S\,B\,\{\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1\}$$

4) لحساب شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة في كل من الضلعين الشاقوليين لحظة مرور التيار بإطار :

$$F = N\,.\,I\,.\,L\,.\,B\,.\,\sin\theta$$

5) لإستنتاج العلاقة المحددة لزاوية دوران الإطار (مقياس غلفاني معلق بسلك فتل)

$(\dot{\theta})$ أو (k) أو (B) عندئذ :

نبدأ الإستنتاج إنطلاقاًمن شرط التوازن الدوراني.

مسألة الإطار :

إطار مربَّع الشكل مساحة سطحه $s = 25cm^2$ يحوي 50 لفَّة من سلك نحاسيٍّ معزول نعلِّقه بسلك رفيع عديم الفتل وفق محوره الشاقوليّ ونخضعه لحقل مغناطيسيٍّ منتظم خطوطه أفقيَّة شدَّته $B = 10^{-2}T$ بحيث يكون مستوي الإطار يوازي منحى الحقل $\vec{B}$ عند عدم مرور تيَّار، و نمرّر في الإطار تيّاراً كهربائيّاً شدته $I = 5A$ **المطلوب :**

1- احسب شدَّة القوَّة الكهرطيسيّة المؤثِّرة في كلٍّ من الضِّلعين الشاقوليّين لحظة مرور التيّار.

2- احسب عزم المزدوجة الكهرطيسيّة المؤثِّرة في الإطار لحظة إمرار التيّار السابق.

3- احسب عمل المزدوجة الكهرطيسيّة عندما ينتقل الإطار من وضعه السّابق إلى وضع التّوازن المستقرّ.

4- نستبدل سلك التَّعليق بسلك فتل ثابت فتله k لنشكِّل مقياساً غلفانيّاً ونمرِّر في الإطار تيَّاراً كهربائيّاً شدّته ثابتة $2mA$ فيدور الإطار بزاوية $0.02rad$ ويتوازن. استنتج بالرموز علاقة ثابت فتل السلك واحسب قيمته ثمّ احسب قيمة ثابت المقياس الغلفانيّ G .

5- نزيد حساسيَّة المقياس 10 مرّات من أجل التيّار نفسه، احسب ثابت فتل سلك التعليق بالوضع الجديد.

(يهمل تأثير الحقل المغناطيسيّ الأرضيّ)

الحل :

1- حساب (F) لحظة إمرار التيار

$$F_1 = F_2 = F = NILB\sin\theta$$

$$\theta = \frac{\pi}{2}rad \rightarrow \sin\theta = 1$$

$$s = L'$$

$$L = \sqrt{s} \rightarrow L = \sqrt{25\times10^{-4}}$$

$$L = 5\times10^{-2}m$$

$$F = 5\times10^{-2}\times5\times5\times10^{-2}\times10^{-2}\times1$$

$$F = 125\times10^{-3}N$$

ملاحظة : إن شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة في كلاً من الضلعين الأفقيتين لحظة مرور التيار تكون معدومة لأن :

عند الضلع الأفقي العلوي يكون :

$$\theta = (\vec{IL}, \vec{B}) = 0rad \rightarrow \sin\theta = 0 \rightarrow F = 0$$

عند الضلع الأفقي السفلي يكون :

$$\theta = (\vec{IL}, \vec{B}) = \pi rad \rightarrow \sin\theta = 0 \rightarrow F = 0$$

2- حساب $\Gamma_{/\Delta}$ لحظة امرار التيار

$$\Gamma_{/\Delta} = NISB\sin\alpha$$

$$\rightarrow \alpha = \frac{\pi}{2}rad \rightarrow \sin\alpha = 1$$

$$\Gamma_{/\Delta} = 5\times10^{+1}\times5\times25\times10^{-4}\times10^{-2}\times1$$

$$\Gamma_{/\Delta} = 625\times10^{-4}m.N$$

3- حساب (W)

من وضعه الأصلي	الى وضع توازنه المستقر
$\alpha_1 = \frac{\pi}{2}rad$ $\cos(\alpha_1) = 0$	$\alpha_2 = 0rad$ $\cos(\alpha_2) = 1$

$$W = I.\Delta\phi$$

$$W = I.N.B.S.\Delta\cos\alpha$$

$$W = I.N.B.S.[\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1]$$

$$W = 5\times5\times10^{+1}\times10^{-2}\times25\times10^{-4}[1-0]$$

$$W = 625\times10^{-5}J$$

b- نستبدل السلك عديم الفتل بسلك فتل اصبح لدينا مقياس غلفاني استنتاج علاقة k وحساب قيمته وحساب قيمة G

$$\sum \Gamma_\Delta = 0$$

$$\Gamma_{\Delta\text{كهرطيسية}} + \Gamma_{\vec{n}/\Delta} = 0$$

$$N\ I\ S\ B\ \sin\alpha - K.\dot{\theta} = 0$$

$$N\ I\ S\ B\ \sin\alpha = K.\dot{\theta}$$

لكن :

$$\alpha + \dot{\theta} = 0$$

$$\sin(\alpha) = \cos(\dot{\theta})$$

$$N\ I\ S\ B\cos(\dot{\theta}) = K.\dot{\theta}$$

* وباعتبار أن $(\dot{\theta})$ زاوية صغيرة :

$$\cos(\dot{\theta}) \simeq 1$$

$$N\,I\,S\,B = K.\dot{\theta}$$

$$K = \frac{I.N.B.S}{\theta'}$$

$$K = \frac{5\times10^{+1}\times2\times10^{-3}\times25\times10^{-4}\times10^{-2}}{2\times10^{-2}}$$

$$K = 125\times10^{-6}(m.N.rad^{-1})$$

$$G = \frac{N.S.B}{K}$$

$$G = \frac{5\times10^{+1}\times25\times10^{-4}\times10^{-2}}{125\times10^{-6}}$$

$$G = 10rad.A^{-1}$$

5- حساب K'

$$G' = 10G$$

$$\frac{N.S.B}{K'} = 10\frac{N.S.B}{K}$$

$$K' = \frac{K}{10} = \frac{125\times10^{-6}}{10}$$

$$K' = 125\times10^{-7}(m.N.rad^{-1})$$

سؤال : ادرس التأثير الممتبادل بين سلكين نحاسيين شاقوليين طويلين يمر بهما تياران متواصلان لهما الجهة نفسها واستنتج عبارة القوة الكهرطيسية المؤثرة في أحد السلكين نتيجة وجود السلك الآخر .

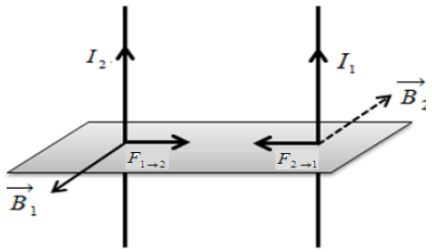
يولد تيار مستقيم I_1 في كل نقطة من الجزء L_2 من السلك المستقيم الثاني حقلاً مغناطيسياً شدته :

$$B_1 = 2\times10^{-7}\frac{I_1}{d}$$

يؤثر هذا الحقل في الجزء L_2 بقوة كهرطيسية لها محصلة شدتها

$$F_{1\to2} = I_2.L_2.B_1\sin\frac{\pi}{2}$$

$$F_{1\to2} = I_2.L_2.2\times10^{-7}\frac{I_1}{d}$$



22- نؤثر على إلكترون ساكن بحقل مغناطيسي منتظم $\vec{B}$ فنجد أن إلكترون:

A) يتحرك بسرعة $\vec{v}$ عمودية على $\vec{B}$

B) يبقى ساكناً

C) يخضع لقوة لورنز $\vec{B}\perp$

D) يخضع لقوة لورنز $\vec{B}$ //

17- مقياس غلفاني حساسيته (G) نجعل طول سلك فتله نصف ما كان عليه فإن حساسيته الجديدة $(G`)$ هي:

$\boldsymbol{G` = 4G}$	(B	$\boldsymbol{G` = \frac{1}{2}G}$	(A
$G` = 2G$	(D	$G` = \frac{1}{4}G$	(C

$$\ell` = \frac{\ell}{2} \Longrightarrow (\text{جديد})K_1 = 2K \Longrightarrow G` = \frac{1}{2}G$$

23- إطار مربع معلق من منتصف أحد أضلاعه بسلك عديم الفتل ويخضع لحقل مغناطيسي منتظم أفقي خطوط حقله توازي مستوي الإطار فيكون عزم المزدوجة الكهرطيسية Γ_Δ لحظة إمرار التيار المتواصل، وعندما يدور الإطار بزاوية $60°$ يصبح عزم المزدوجة الكهرطيسية $\Gamma`_\Delta$:

$\boldsymbol{\Gamma` = \frac{1}{\sqrt{2}}\Gamma}$	(B	$\boldsymbol{\Gamma` = \sqrt{\frac{3}{2}}\Gamma}$	(A
$\Gamma` = \frac{1}{2}\Gamma$	(D	$\Gamma` = 2\Gamma$	(C

لدينا $\theta` + \alpha = 90°$

قبل الدوران: $\theta` = 0 \Longrightarrow \alpha_1 = 90°$

بعد الدوران: $\theta` = 60° \Longrightarrow \alpha_2 = 30°$

$$\frac{\Gamma`}{\Gamma} = \frac{N\,I\,L\,B\,sin30}{N\,I\,L\,B\,sin90} = \frac{\frac{1}{2}}{1} = \frac{1}{2} \Longrightarrow \Gamma` = \frac{1}{2}\Gamma$$

7- ينعدم عزم المزدوجة الكهرطيسية ويكون الإطار في حالة توازن مستقر عندما تكون الزاوية $\theta = (\vec{B},\vec{n})$:

$\boldsymbol{\theta = 0rad}$	(B	$\boldsymbol{\theta = \frac{\pi}{2}rad}$	(A
$\theta = \frac{\pi}{3}rad$	(D	$\theta = \pi rad$	(C

البحث الثالث : التحريض الكهرطيسي و الذاتي

A – التحريض الكهرطيسي :

التجربة الأولى : وشيعة

سؤال: نصل طرفي وشيعة محورها أفقي بمقياس ميكرو أمبير (μA) والمطلوب :

ماذا تتوقع أن يحدث معللاً إجابتك في الحالات الآتية :

الحالة الأولى : تقريب القطب الشمالي لمغناطيس مستقيم من أحد وجهي وشيعة وفق محورها :

* نلاحظ : إنحراف مؤشر مقياس ميكرو أمبير دالاً على نشوء تيار كهربائي متحرض داخل وشيعة متحرضة بحيث يصبح وجه الوشيعة المقابل للقطب الشمالي وجهاً شمالياً

* التعليل : إن تقريب القطب الشمالي للمغناطيس يسبب تزايد التدفق المغناطيسي

(محرض) الذي يجتاز حلقات الوشيعة فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة تسبب مرور تيار كهربائي متحرض .

حسب قانون لنز تكون جهة التيار المتحرض بحيث ينتج أفعالاً تعاكس السبب الذى أدى الى حدوثه وكما نعلم الوجه الشمالي يتنافر مع القطب الشمالي ليمنع عملية التقريب .

حالة ثانية : إبعاد القطب الشمالي لمغناطيس مستقيم من أحد وجهي وشيعة وفق محورها

* نلاحظ : إنحراف مؤشر مقياس ميكرو أمبير دالاً على نشوء تيار كهربائي متحرض داخل وشيعة متحرضة بحيث يصبح وجه الوشيعة المقابل للقطب الشمالي وجهاً جنوبياً

* التعليل : إن تقريب القطب الشمالي للمغناطيس يسبب تناقص التدفق المغناطيسي

(محرض) الذي يجتاز حلقات الوشيعة فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة تسبب مرور تيار كهربائي متحرض .

حسب قانون لنز تكون جهة التيار المتحرض بحيث ينتج أفعالاً تعاكس السبب الذى أدى الى حدوثه وكما نعلم الوجه الجنوبي يتجاذب مع القطب الشمالي ليمنع عملية الابعاد .

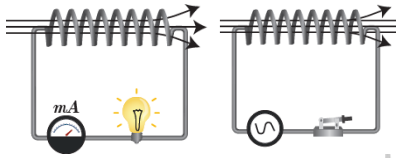
الحالة الثالثة : تثبيت المغناطيس عند أحد وجهي الوشيعة

* نلاحظ : لا ينحراف مؤشر مقياس ميكرو أمبيرمما يدل على عدم نشوء تيار كهربائي متحرض داخل وشيعة .

التعليل : لإن تثبيت المغناطيس يجعل التدفق المغناطيسي (الذي يجتاز حلقات الوشيعة) ثابتاً وبالتالي لا تتولد قوة محركة كهربائية متحرضة في الوشيعة . ولا يتولد تيار كهربائي متحرض .

التجربة الثانية : وشيعتان متقابلتان :

سؤال : في تجربة لدينا وشيعتان متقابلتان بحيث ينطبق محوريهما على بعضهما الوشيعة الأولى موصولة بمولد تيار متناوب ، و الوشيعة الثانية يتصل طرفيها الى مصباح ومقياس ميلي أمبير كما في الشكل التالي :



1- ماذا تلاحظ عند إغلاق دارة الوشيعة الأولى مع التعليل .

نلاحظ : إنحراف مؤشر مقياس ميلي أمبير و إضاءة المصباح الكهربائي في دارة الوشيعة الثانية .

تعليل : أن الوشيعة الأولى تولد حقلاً مغناطيسياً متناوباً جيبياً .

فيتغير التدفق المغناطيسي الذي يجتاز الوشيعة الثانية وتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة تسبب مرور التيار الكهربائي متحرض .

2- ماذا تلاحظ اذا استبدلنا مولد تيار المتناوب بمولد تيار متواصل مع التعليل

نلاحظ : لا ينحراف مؤشر مقياس ميلي أمبير و لا يضيئ المصباح في دارة الوشيعة الثانوية .

التعليل : لأن الوشيعة الأولى تولد حقلاً مغناطيسياً شدته ثابتة فلا يتغير التدفق المغناطيسي الذي يجتاز الوشيعة الثانية وبالتالي لا تتولد قوة كهربائية محركة متحرضة .

3- أقترح طريقتين لإضاءة المصباح في دارة الوشيعة الثانية على الرغم من وجود مولد التيار متواصل في دارتها.

- نقرب أو نبعد الوشيعة الأولى عن الوشيعة الثانية

- نفتح ونغلق القاطعة باستمرار في دارة الوشيعة الأولى .

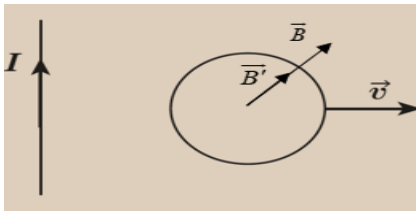
التجربة الثالثة : ملف دائري + سلك مستقيم .

في الشّكلِ المُجاورِ مَلفٌّ دائريٌّ نحرّكُه بسرعةٍ ثابتة $\vec{v}$ عموديّة على السّلكِ المُستقيم المطلوب:

a. حدِّدْ على الرّسمِ جهةَ الحقلِ المغناطيسيّ المُتولِّد عن مرورِ التيّار الكهربائيّ في السّلكِ المُستقيمِ عندِ مركزِ المَلفّ الدائري.

b. حدِّدْ على الرسمِ جهةَ الحقلِ المغناطيسيّ المُتحرِّض المُتولِّد في المَلفّ، وجهةَ التيّارِ الكهربائيّ المُتحرِّض.

c. صِفْ ما يحدثُ إذا أوقفنا المَلفَّ عن الحركةِ، مُعلِّلاً إجابتَك؟



a+b : على الشكل

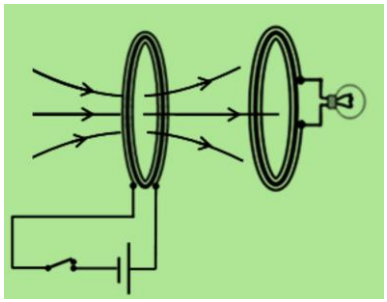
$\vec{B}$: حقل مغناطيسي محرض .

$\vec{B'}$: حقل مغناطيسي متحرض .

c- تنعدم شدة التيار الكهربائي المتحرض بسبب ثبات التدفق للحقل المغناطيسي عبر سطح الملف

التجربة الرابعة : ملفان متقابلان :

سؤال : ملفان متقابلان الأول موصول الى بيل كهربائي والثاني موصول الى مصباح ، هل يضيئ المصباح اذا كان الملفان ساكنين ؟ في حال النفي ماذا نفعل ليضيئ المصباح ؟ ولماذا ؟



لا يضيء المصباح إذا كان الملفان ساكنين لأن التدفق المغناطيسي للحقل المغناطيسي الناجم عن الملف الأول لا يتغير من خلال الملف الثاني.

ليضيء المصباح يجب أن يتغير التدفق المغناطيسي للحقل المغناطيسي الناجم عن الملف الأول ويمكن تحقيق ذلك:

- بفتح وغلق القاطعة باستمرار في دارة الملف الأول (فتتغير شدة الحقل المغناطيسي الناجم عن الملف الأول وبالتالي يتغير التدفق المغناطيسي لهذا الحقل من خلال الملف الثاني فيتولد تيار كهربائي متحرض بسبب إضاءة المصباح).
- تحريك أحد الملفين نحو الآخر.
- استبدال البيل الكهربائي بمنبع تيار كهربائي متناوب.

سؤال : أكتب نص قانون فاراداي وقانون لنز في التحريض الكهرطيسي .

نص قانون فاراداي :

يتولد تيار كهربائي متحرض في دارة مغلقة إذا تغير التدفق المغناطيسي الذي يجتازها ويدوم هذا التيار بدوام تغير التدفق المغناطيسي لينعدم عند ثبات التدفق المغناطيسي المحرض .

نص قانون لنز :

إن جهة التيار المتحرض في دارة مغلقة تكون بحيث ينتج أفعال تعاكس السبب الذي أدى الى حدوثه .

سؤال : عدد عوامل المؤثرة بالقوة المحركة الكهربائية المتحرضة وأكتب العلاقة التي تجمع هذه العوامل .

1- تتناسب القوة المحركة الكهربائية المتحرضة طرداً مع تغير التدفق المغناطيسي المحرض ($d\Phi$) .

2 – تتناسب القوة المحركة الكهربائية المتحرضة عكساً مع تغير التدفق المغناطيسي المحرض (dt) .

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$$

حيث تنسجم الإشارة السالبة مع قانون لنز .

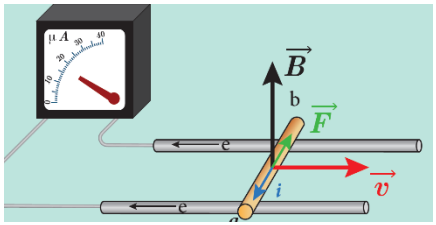
سؤال : في تجربة السكتين التحريضية تستند الساق نحاسية طولها (L) الى سكتين أفقيتين متوازيتين مربوط بين طرفيها مقياس (MA) نضع الجملة في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم

($\vec{B}$) ناظمي على مستوى السكتين وندحرج الساق على السكتين ونلاحظ إنحراف مؤشر المقياس دالاً على تولد التيار الكهربائي المتحرض و المطلوب : ما هو التفسير الإلكتروني لنشوء التيار الكهربائي متحرض موضح ذلك بالرسم.

- عند تحريك الساق بسرعة ثابتة عمودياً على خطوط الحقل المغناطيسي
- فإن الإلكترونات الحرة في الساق ستتحرك بهذه السرعة وسطياً
- ومع خضوعها لتأثير لحقل المغناطيسي المنتظم
- فإنها تخضع لتأثير القوة المغناطيسية :

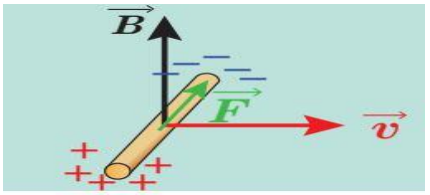
$$\vec{F} = e\vec{v} \wedge \vec{B}$$

- وبتأثير هذه القوة تتحرك الإلكترونات الحرة في الساق وتتولد قوة محركة كهربائية تحريضية تسبب مرور التيار الكهربائي المتحرض عبر الدرة المغلقة جهته الاصطلاحية بعكس جهة القوة المغناطيسية أي بعكس جهة حركة الإلكترونات الحرة



سؤال : في تجربة السكتين التحريضية تستند ساق نحاسية طولها (ℓ) الى سكتين أفقيتين متوازيتين حيث دارة مفتوحة والمطلوب :

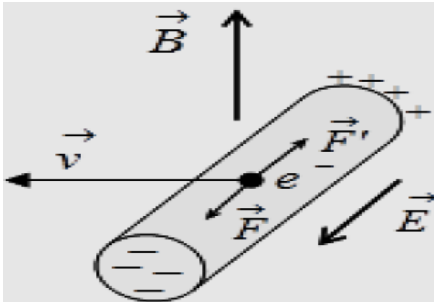
فسر الكترونياً نشوء القوة المحركة الكهربائية المتحرضة وذلك عند تحريك الساق بسرعة ثابتة موضحاً ذلك بالرسم



التعليل : عند تحريك الساق بسرعة $\vec{v}$ على السكتين المعزولتين في منطقة يسودها حقل مغناطيسي تنشأ القوة المغناطيسية وبتأثير هذه القوة تنتقل الألكترونات الحرة من أحد طرفي الساق الذى يكتسب شحنة موجبة وتتراكم في الطرف الآخر للساق الذى يكتسب شحنة سالبة فينشأ بين طرفي الساق فرقاً في الكمون يمثل القوة المحركة الكهربائية المتحرضة . $\varepsilon = U_{ab}$

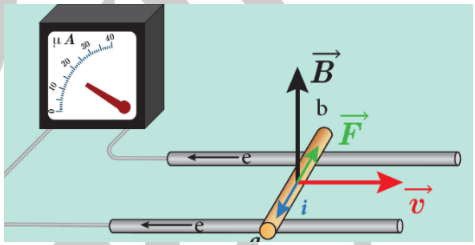
سؤال : في تجربة الساق المتحركة يوجد الحقل المغناطيسي المنتظم في دارة مفتوحة ، تتراكم الشحنات الموجبة في طرف والشحنات السالبة في طرف آخر ، ويستمر التراكم الى أن يصل الى قيمة حدية يتوقف عندها. فسر ذلك .

إن تراكم الشحنات الكهربائية على طرفي الساق يولد حقلا كهربائياً E يتجه من الطرف الذي يحمل شحنات كهربائية موجبة إلى الطرف الذي يحمل شحنات كهربائية سالبة يؤثر هذا الحقل الكهربائي في الإلكترون الحر بقوة كهربائية $\vec{F'}$ جهتها تعاكس جهة القوة المغناطيسية $\vec{F}$ (قوة لورنز) المؤثرة في هذا الإلكترون تزداد شدة الحقل المغناطيسي بزدياد تراكم الشنات الكهربائية مما يزيد من شدة هذه القوة الكهربائية لتصبح مساوية لشدة القوة المغناطيسية فتتوقف حركة الالكترونات



سؤال : في تجربة السكتين التحريضية تستند الساق النحاسية الى سكتين أفقيتين متوازيتين ، وتخضع الجزء المتوسط من الساق لتأثير حقل مغناطيسي منتظم شدته (B) ونصل طرفي السكتين بمقياس ميلي أمبير وندحرج الساق بسرعة ثابتة (v) ضمن الحقل المغناطيسي السابق فنلاحظ إنحراف مؤشر المقياس دالاً على تولد تيار متحرض المطلوب :

برهن أن الطاقة الميكانيكية تتحول الى طاقة كهربائية في المولد . موضحاً ذلك بالرسم .



عند تحريك الساق بسرعة ثابتة ($\vec{v}$) عمودياً على شعاع الحقل المغناطيسي خلال فاصل زمن (Δt) تنتقل الساق مسافة :

$$\Delta x = v \,.\, \Delta t$$

فيتغير السطح بمقدار :

$$\Delta s = l \,.\, \Delta x$$

$$\Delta s = l \,.\, v \,.\, \Delta t$$

فيتغير التدفق بمقدار :

$$\Delta\Phi = B \,.\, \Delta s \,.\, \cos(\alpha)$$

$$\alpha : (\vec{n}\ ;\ \vec{B}) = 0 \text{ rad}$$

$$\cos(\alpha) = 1$$

$$\Delta\Phi = B \,.\, \Delta s$$

$$\Delta\Phi = B \,.\, l \,.\, v \,.\, \Delta t$$

فتولد قوة محركة كهربائية متحرضة قيمتها المطلقة :

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|$$

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \frac{B \,.\, l \,.\, v \,.\, \Delta t}{\Delta t}$$

$$\boldsymbol{\varepsilon} = B \,.\, l \,.\, v$$

بما أن الدارة مغلقة فيتولد تيار متحرض :

$$i = \frac{\boldsymbol{\varepsilon}}{R}$$

$$i = \frac{B \,.\, l \,.\, v}{R}$$

فتكون الاستطاعة الكهربائية الناتجة :

$$P_{\text{كهربائية}} = \boldsymbol{\varepsilon} \,.\, i$$

$$= B \,.\, l \,.\, v \times \frac{B \,.\, l \,.\, v}{R}$$

$$P_{\text{كهربائية}} = \frac{B^2 \,.\, v^2 \,.\, l^2}{R}$$

لكن عند تحريك الساق بسرعة $(\vec{v})$ تنشأ قوة كهرطيسية جهتها بعكس جهة حركة الساق المسببة لنشوء التيار متحرض .

وإستمرار توليد تيار متحرض يجب التغلب على هذه القوة الكهرطيسية بصرف إستطاعة ميكانيكية .

$$P_{\text{ميكانيكية}} = F \,.\, v \ldots\ldots 1$$

$$P_{\text{ميكانيكية}} = i \,.\, B \,.\, l \,.\, v$$

$$P_{\text{ميكانيكية}} = \frac{B \,.\, l \,.\, v}{R} B \,.\, l \,.\, v$$

$$P_{\text{ميكانيكية}} = \frac{B^2 \,.\, v^2 \,.\, l^2}{R} \ldots\ldots 2$$

بالمقارنة بين (1) و (2) نجد :

$$P_{\text{ميكانيكية}} = P_{\text{كهربائية}}$$

وبالتالي نستنتج أنه في المولد تتحول الطاقة الميكانيكة الى طاقة كهربائية .

سؤال : في تجربة مولد تيار متناوب جيبي أحادي الطور لدينا إطار مستطيل الشكل (أو مربع الشكل) يحوي N لفة متماثلة معزولة من سلك نحاسي، ندير الإطار حول محور شاقولي مار من مركزه ومن الضلعين الأفقيين المتقابلين بحركة دائرية منتظمة بسرعة زاوية ثابتة ضمن الحقل المغناطيسي المنتظم الأفقي شدته B خطوطه ناظمية على مستوي سطح الإطار قبل الدوران حيث الدارة مغلقة والمطلوب:

1- استنتج بالرموز علاقة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة المتناوبة الجيبية الناشئة في الإطار .

2- ارسم الخط البياني لتغيرات القوة المحركة الكهربائية المتحرضة المتناوبة الجيبية بدلالة الطورخلال دور واحد.

الحل:

1- بفرض أنه في لحظة أثناء الدوران كان الناظم على مستوي الإطار يصنع مع شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ زاوية α .

فيكون التدفق المغناطيسي الذي يجتاز سطح الإطار $\phi = NBS\cos(\alpha)$

إذا كانت السرعة الزاوية لدوران الإطار ثابتة (ω) فإن الزاوية α التي يدورها الإطار خلال الزمن t هي : $\alpha = \omega \cdot t$

$$\phi = NBS\cos(\omega \cdot t)$$

فتكون القوة المحركة الكهربائية المتحرضة (متناوبة الجيبية)

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = -(\phi)'_t$$

$$(\phi)'_t = -NBS\omega\sin(\omega t)$$

$$\Rightarrow \varepsilon = +NBs\omega\sin(\omega t)$$

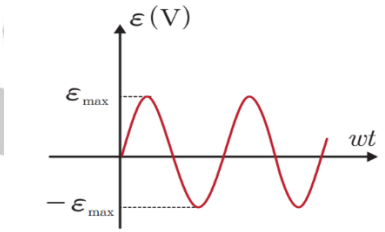
تكون ε عظمى:

$$\sin(\omega t) = 1$$

$$\Rightarrow \varepsilon = \varepsilon_{max} = NBS\omega$$

$$\Rightarrow \varepsilon = \varepsilon_{max} \cdot \sin(\omega t)$$

2- الرسم البياني:



سؤال : دارة تحوي على التسلسل:

محرك كهربائي صغير ، مولد تيار كهربائي متواصل (بطارية) ، مقياس (mA)، قاطعة، المطلوب:

1- ماذا تلاحظ عند إغلاق القاطعة ومنع المحرك من الدوران؟

عند منع المحرك من الدوران يتوهج المصباح ويدل المقياس على مرور تيار كهربائي له شدة معينة.

2- ماذا نلاحظ عند السماح للمحرك بالدوران والقاطعة مغلقة؟معللاً إجابتك.

عند السماح للمحرك بالدوران يقل توهج المصباح وتنقص دلالة المقياس مما يدل على مرور تيار كهربائي في المصباح شدته أصغر.

تعليل: يتولد في المحرك قوة محركة كهربائية متحضة عكسية مضادة للقوة المحركة الكهربائية المطبقة بين قطبي المولد وتزداد سرعة الدوران في المحرك.

3- ماهو تفسير نشوء القوة المحركة المهربائية المتحرضة العكسية في المحرك؟

يوجد في المحرك وشيعة يجتازها تيار كهربائي.

تدور بتاثير الحقل المغناطيسي.

يسبب هذا الدوران تغير بالتدفق المغناطيسي.

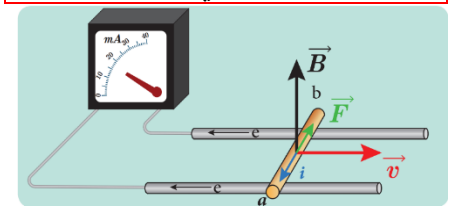
فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة عكسية تتوفق قيمتها على سرعة دوران المحرك.

سؤال : في تجربة السكتين الكهرطيسية نمرر تيار كهربائي متواصل شدته I من ساق طولها L خاضعة لتأثير حقل مغناطيسي منتظم شدته B فتتأثر الساق بقوة كهرطيسية وتتحرك بسرعة v، المطلوب:

١. استنتج بالرموز العلاقة المجددة للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة العكسية المتولدة في الساق.

٢. استنتج عبارة الاستطاعة الكهربائية المقدمة.

ملاحظة: قد يدمج الطلبين السابقين بطلب واحد وهو:
ادرس نظرياً تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية ي المحرك.



1- استنتاج علاقة $\varepsilon_{عكسية}$:
عند مرور تيار كهربائي في الساق الخاضعة لتأثير الحقل المغناطيسي المنتظم $(\vec{B})$ فإنها تتأثر بقوة كهرطيسية شدتها:

$$F = ILB$$

تعمل القوة الكهرطيسية على تحريك الساق بسرعة ثابتة $\vec{v}$

فتكون الاستطاعة الميكانيكية الناتجة:

$$P' = Fv$$

$$P' = ILBv \dots\dots 1$$

- لكن عند انتقال الساق مسافة Δx :

$$\Delta x = v\Delta t$$

فيتغير السطح بالمقدار:

$$\Delta s = L\Delta x$$

$$\Delta s = Lv\Delta t$$

- فيتغير التدفق المغناطيسي بالمقدار :

$$\Delta\phi = B\Delta s$$

$$\Delta\phi = B \cdot v \cdot L \cdot \Delta t$$

- فيتولد في الساق قوة محركة كهربائية تحريضية عكسية تعاكس مرور تيار المولد فيها حسب قانون لنز تعطى قيمتها المطلقة بالعلاقة :

$$\varepsilon = \left|\frac{\Delta\phi}{\Delta t}\right|$$

$$\varepsilon = \frac{BvL\Delta t}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = BvL$$

2- استنتاج عبارة الاستطاعة الكهربائية المقدمة:

ولاستمرار مرور تيار مولد يجب

$$P = \varepsilon . I$$

$$P = B.v.L.I \dots 2$$

بالمقارنة 1 و 2 نجد :

$$P = P'$$

وبهذا الشكل تتحول الطاقة الكهربائية الى طاقة ميكانيكية

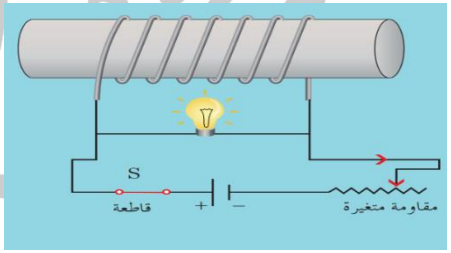
وهو مبدأ عمل المحرك.

B- التحريض الذاتي :

سؤال : لديك الدارة الموضحة في الشكل جانباً حيث القاطعة مغلقة،والمطلوب:

1- ماذا نلاحظ عند فتح القاطعة؟معللاًإجابتك.

2- ماذا تلاحظ عند إغلاق القاطعة من جديد؟معللاً إجابتك.



نلاحظ يتوهج المصباح بشدة قبل ان ينطفئ

التعليل:

إن فتح القاطعة يؤدي إلى تناقص شدة التيار المار في الوشيعة

فيتناقص تدفق الحقل المغناطيسي الناتج عبر الوشيعة ذاتها

فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة ذاتية قيمتها أكبر من قيمة القوة المحركة الكهربائية المطبقة بين قطبي مولد لأن زمن تناقص شدة تيار متناهي في الصغر وبالتالي تكون قيمة $\frac{di}{dt}$ أكبر ما يمكن لحظة فتح القاطعة.

2- نلاحظ يتوهج المصباح قبل أن يعود إلى ضوءه الخافت.

التعليل :

إن إغلاق القاطعة يؤدي إلى تزايد شدة التيار المار

فيزداد تدفق الحقل المغناطيسي الناتج عن الوشيعة عبر الوشيعة ذاتها.

فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة ذاتية تمانع مرور المولد فيها.

ويمر التيار في المصباح فقط مسبباً توهجه قبل أن يعود إلى إضاءته الخافتة

ويزداد مرور التيار تدريجياً في الوشيعة فتنعدم القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الذاتية في الوشيعة.

سؤال : وشيعة يجتازها تيار كهربائي متغير شدته (i)، والمطلوب:

1- اكتب عبارة شدة الحقل المغناطيسي الناتج عن مرور تيار في الوشيعة.

2- استنتج علاقة التدفق المغناطيسي الناتج عن تيار الوشيعة ذاتها بدلالة ذاتية الوشيعة L.

3- استنتج عبارة القووة المحركة الكهربائية المتحرضة الذاتية المتولدة ي الوشيعة.

الحل:

1- عند مرور تيار كهربائي شدته (i) في الوشيعة يتولد فيها حقلاً مغناطيسياً:

$$B = 4\pi \times 10^{-7}\frac{N}{l} \times I$$

$$\phi = NBS\,cos(\alpha)$$

$$\alpha = (\vec{B},\vec{n}) = 0rad$$

$$cos(\alpha) = 1$$

$$\phi = NBS$$

$$\phi = N \cdot 4\pi \times 10^{-7}\frac{N}{l} i \cdot s$$

$$\phi = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2 S}{l} i$$

حيث:

$$L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2 S}{l}$$

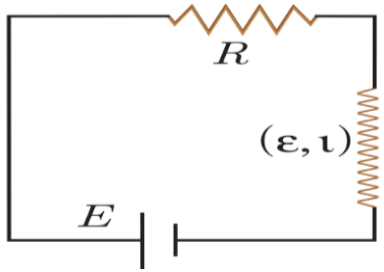
$$\Rightarrow \phi = L \cdot i$$

ϕ: التدفق المغناطيسي (الذاتي) الناتج عن تيار الوشيعة عبر الوشيعة ذاتها (weber).

L:ذاتية الوشيعة (H) هنري.

i: شدة التيار الكهربائي المتغير (A).

سؤال : استنتج علاقة الطاقة الكهرطيسية المختزنة في وشيعة عندما يجتازها تيار كهربائي تتغير شدته من $I \rightarrow 0$



حسب قانون كيرشوف الثاني :

$$\sum E = Ri$$

$$E + \varepsilon = Ri$$

$$E - L\frac{di}{dt} = Ri$$

$$E = Ri + L\frac{di}{dt}$$

نضرب طرفي العلاقة ب $(i \cdot dt)$:

$$E \cdot i\, dt = R \cdot i^2\, dt + L\frac{di}{dt} \cdot i dt$$

$$E \cdot i \cdot dt = Ri^2\, dt + L\, di \cdot i$$

يمثل الحد $E \cdot i \cdot dt$: الطاقة التي يقدمها المولد خلال الزمن dt وتقسم هذه الطاقة الى قسمين

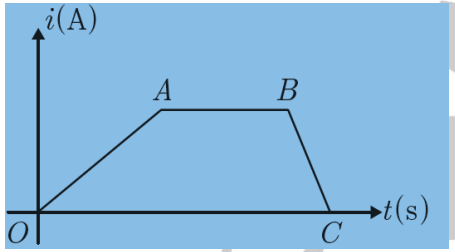
القسم الأول : $R \cdot i^2 . dt$: يمثل الطاقة الضائعة حرارياً بفعل جول في المقاومة خلال زمن dt

وتختزن الوشيعة طاقة كهرطيسية E_L في اللحظة t عندما تزداد شدة التيار المار بالدارة من $I \rightarrow 0$:

$$E_L = \int_0^I L \cdot i \cdot di$$

$$\Rightarrow E_L = \frac{1}{2} L I^2$$

سؤال : يمثل الخط البياني المرسوم جانباً تغيرات تيار المولد المار في الوشيعة في حادثة التحريض الذاتي والمطلوب :



a. ماذا تمثّلُ كلٌّ من المراحلِ (BC, AB, OA).

b. أيُّهما أكبرُ، القوَّةُ المُحرِّكةُ الكهربائيّةُ المُتحرِّضةُ عندَ إغلاقِ الدّارةِ أم عندَ فتحِها.

c. في أيِّ المراحلِ تزدادُ الطّاقةُ الكهرطيسيّةُ المُختزنةُ في الوشيعةِ؟ وفي أيِّ المراحلِ تكونُ ثابتةً؟ وفي أيِّ المراحلِ تتناقصُ الطّاقةُ الكهرطيسيّةُ المُختزَنة في الوشيعة.

ملاحظات لحل نماذج التحريض الكهرطيسي :

النموذج الأول : (وشيعة أو ملف دائري)

1- لحساب قيمة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة :

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

نميز حالتين الأتيتن :

حالة أولى : (تقريب أو ابعاد أو قطع تيار أو زيادة شدة الحقل المغناطيسي المنتظم أو نقصان شدة الحقل المغناطيسي المنتظم)

$$\Delta\Phi = NS\cos\alpha.\Delta B$$

$$\Delta\Phi = NS\cos\alpha.(B_2 - B_1)$$

حالة ثانية : (تدوير الوشيعة أو ملف ضمن حقل مغناطيسي منتظم)

$$\Delta\Phi = NSB.\Delta\cos\alpha$$

$$\Delta\Phi = NSB.(\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1)$$

2- لتحديد جهة التيار المتحرض

- محرّض متزايد :

$\Delta\Phi > 0$ تزايد $\Leftarrow \bar{\varepsilon} < 0 \Leftarrow \bar{i} < 0$

تيار المتحرض يولد $\vec{B}_{متحرض}$ عكس $\vec{B}_{محرض}$

- محرّض متناقص:

$\Delta\Phi < 0$ تزايد $\Leftarrow \bar{\varepsilon} > 0 \Leftarrow \bar{i} > 0$

تيار المتحرض يولد $\vec{B}_{متحرض}$ عكس $\vec{B}_{محرض}$

* وتحدد جهة التيار المتحرض حسب قاعدة اليد اليمنى:

إبهامها بجهة $\vec{B}_{متحرض}$ أصابع اليد تلتف بجهة التيار.

3- لحساب شدة التيار المتحرض

$$i = \frac{\varepsilon}{R}$$

4- لحساب الإستطاعة الكهربائية المتولدة عن الملف أو عن الوشيعة نطبق

$$P = |\varepsilon|.|i|$$

5- لحساب الإستطاعة الحرارية المصروفة في المقاومة الأومية

$$P' = R.i^2$$

النموذج الثاني : (السكتين التحريضية)

1- استنتاج العلاقة المحددة للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة (حيث يتغير هنا Δs) نعيد الاستنتاج كما تعلمنا في مبدأ المولد .

2- لحساب الإستطاعة الكهربائية الناتجة:

$$P = \varepsilon.i$$

3- لحساب شدة القوة الكهرطيسية (فعل التيار المتحرض) :

$$F = i.L.B.\sin\theta$$

النموذج الثالث : (مولد تيار متناوب جيبي أحادي الطور)

1- لاستنتاج التابع الزمني للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة المتناوبة الناشئة (إما في الإطار أوفي الملف الدائري)

عندئذٍ نعيد الاستنتاج كما تعلمنا ثم نبحث عن قيم ثوابت التابع

ملاحظة : اذا طلب كتابة التابع الزمني للقوة المحركة عندئذٍ نحدد ثوابت هذا التابع .

2- لتعين اللحظتين الأولى والثانية التي تكون فيها قيمة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة المتناوبة الناشئة معدومة :

$$\bar{\varepsilon} = \varepsilon_{max}\sin\omega t \Rightarrow 0 = \varepsilon_{max}\sin\omega t$$

$$\Rightarrow 0$$

$$\omega t = k\pi \Rightarrow \boxed{t = \frac{k\pi}{\omega}} : k = 0,1,\ldots\ldots$$

3- لكتابة التابع الزمني للتيار الكهربائي المتحرض

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\varepsilon_{\max}.\sin(\omega t)}{R}$$

لحساب ذاتية الوشيعة:

حالة أولى:

تعطى : $N_1 l_1 S$

$$L = 4\pi \times 10^{-7}\frac{N^2 \cdot S}{l}$$

حالة ثانية:

تعطى: l طول الوشيعة، l' طول سلك وشيعة

$$L = 4\pi \times 10^{-7}\frac{N^2 S}{l}$$

$$N = \frac{l'}{2\pi_r} \qquad S = \pi r^2$$

$$L = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{l'^2}{4\pi r^2} \times \frac{\pi r^2}{l}$$

$$L = 10^{-7} \times \frac{l'^2}{l}$$

يجب استنتاجه بالمسائل

مسائل النموذج الأول :

مسألة 1 :

A- وشيعة طولها $\frac{2\pi}{5}m$ عدد لفاتها 1000 لفة نصف قطر مقطعها $2cm$ ومقاومة دارتها الكهربائية المغلقة 5Ω مؤلفة من سلك نحاسي معزول قطر مقطعه $\frac{\pi}{500}m$ والمطلوب :

1- احسب طول سلك الوشيعة وعدد الطبقات

2- احسب ذاتية الوشيعة .

B- نصل طرفي الوشيعة بمقياس ميلي أمبير ونقرب من أحد وجهيها قطب شمالي لمغناطيس مستقيم فتزداد شدة الحقل المغناطيسي الذي يخترق لفاتها بانتظام من الصفر الى $0.04T$ خلال $2s$ والمطلوب

1- احسب قيمة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة المتولدة فيها محدداً جهة التيار الكهربائي المتحرض المتولد فيها .

2- مانوع وجه الوشيعة المقابل للقطب الشمالي للمغناطيس .

3- احسب شدة التيارالمتحرض المار فيها .

C- نضع الوشيعة في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم أفي شدته $2\times10^{-2}T$ بحيث يكون محورها يوازي خطوط الحقل ثم نديرها حول السلك الشاقولي خلال $0.5s$ ليصبح محورها عامودياً على خطوط الحقل المغناطيسي والمطلوب :

1-مادلالة المقياس الميلي امبير عندئذ .

2- احسب كمية الكهرباء المتحرضة خلال الزمن السابق .

D- نعيد الوشيعة الى وضع توازنها المستقر ونزيد من شدة الحقل المغناطيسي المنتظم السابق خلال $0.5s$ من $2\times10^{-2}T$ الى $4\times10^{-2}T$ والمطلوب :

1- حدد على الرسم جهة كلاً من الحقلين المغناطيسيين المحرض والمتحرض في الوشيعة وعين جهة التيار المتحرض .

2- احسب القيمة الجبرية لشدة التيار الكهربائي المتحرض المار في الوشيعة .

E- نزيل مقياس الميلي امبيرونعلق الوشيعة من منتصفها بسلك شاقولي عديم الفتل ونجعل محورها عامودياً على حقل المغناطيسي المنتظم الأفقي السابق $4\times10^{-2}T$ ونمرر بالوشيعة تيار شدته $4A$ والمطلوب : احسب قيمة عزم المزدوجة الكهرطيسية عندما تكون قد دارت بزاوية 30°

F- نقطع التيارعن الوشيعة ونعيدها الى وضع التوازن المستقر ثم ندخل بداخلها نواة حديدية عامل نفاذيتها المغناطيسي 50 احسب شدة الحقل المغناطيسي داخل الناواة الحديدية واحسب قيمة التدفق المغناطيسي داخل الوشيعة

المسألة 2 :

1- لدينا وشيعة طولها $30cm$ قطرها $4cm$ ، تحوي 1200 لفة ، نمرر فيها تيار شدته $4A$ احسب شدة الحقل المغناطيسي المتولد في مركز الوشيعة

2 – نلف حول القسم المتوسط من الوشيعة ملفاً دائرياً يحوي 100 لفة معزولة ونصل طرفيه بمقياس غلفاني بحيث تكون المقاومة الكلية للدارة الجديدة 16Ωمادلالة المقياس عند قطع التيار على الوشيعة خلال $0.5s$ تتناقص فيها الشدة بانتظام ؟

النموذج الثاني :

في تجربة السكتين الكهرطيسية يبلغ طول الساق النحاسية المستندة عامودية عليهما $30cm$ وكتلتها $60g$ والمطلوب :

1- احسب شدة الحقل المغناطيسي المنتظم المؤثر عامودياً في السكتين لتكون شدة القوة الكهرطيسية مساوية مثلي ثقل الساق وذلك عند امرارا تيار كهربائي شدته $20A$

2- احسب عمل القوة الكهرطيسية المؤثرة في الساق اذا تدحرجت الساق بسرعة ثابتة $0.4m.s^{-1}$ لمدة ثانيتين .

3- ترفع المولد من الدارة السابقة ونستبدله بمقياس غلفاني وندحرج الساق بسرعة وسطية ثابتة $5m.s^{-1}$ ضمن الحقل السابق استنتج عبارة القوة المحركة الكهربائية المحرضة ثم احسب قيمتها واحسب شدة تيار كهربائي متحرض بافتراض ان المقاومة الكلية للدارة ثابتة وتساوي 5Ω ، ثم ارسم شكلاً توضيحياً يبن جهة كلاً $(\vec{v},\vec{B})$ من وجهة التيار المتحرض

4- احسب الاستطاعة الناتجة ثم احسب شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة بالساق في اثناء تدحرجها

(يهمل تأثير الحلقل المغناطيسي الأرضي)

النموذج الثالث :

ملف دائري نصف قطره الوسطي $4cm$ مؤلف من 600 لفة متماثلة من سلك معزول معلق من الأعلى بسلك شاقولي عديم الفتل ضمن حقل مغناطيسي منتظم أفقي خطوطه ناظمية على مستوي الملف شدته $0.04T$ نصل طرفي سلك الملف بمقياس غلفاني والمطلوب :

1- ندير الملف بدءاً من وضع توازنه بزاوية $\frac{\pi}{2}rad$ خلال $0.2s$ احسب شدة التيار المتحرض بالملف حيث المقاومة الكلية للدارة 5Ω

2- نستبدل سلك التعليق السابق بمحور دوران شاقولي ثم ندير الملف بسرعة زاوية ثابتة تقابل $\frac{2}{\pi}Hz$ والمطلوب :

a- استنتج بالرموز العلاقة المحددة للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة المتناوبة الجيبية ثم اكتب التابع الزمني لهذه القوة .

b- عين لحظتي الأولى والثانية التي تكون بها قيمة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الانية الناشئة معدومة .

c- اكتب التابع الزمني للتيار المتحرض المتناوب الجيبي واحسب طول سلك الملف .

ملاحظات لحل مسائل التحريض الذاتي:

1- لحساب قيمة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الذاتية :

حالة أولى :

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

$$\Delta\phi = L\Delta i$$

$$\Delta\phi = L(i_2 - i_1)$$

حالة ثانية :

$$\varepsilon = -L \cdot \frac{\mathrm{d}i}{dt}$$

$$\varepsilon = -L(i)'_t$$

٢- لحساب الطاقة الكهرطيسية المختزنة بالوشيعة عندما يجتازها تيار شدته:

حالة أولى : نعطى I

$$E_L = \frac{1}{2}LI^2$$

حالة ثانية : نعطى تابع زمني لشدة تيار ولحظة معينة

$$E_L = \frac{1}{2}Li^2$$

مسألة : وشيعة طولها $30cm$ ومساحة مقطعها $3\times10^{-2}m^2$ وذاتيتها $5\times10^{-3}H$ والمطلوب :

1- احسب عددلفاتها .

2- نمرر في الوشيعة تيار كهربائي متواصل شدته $20A$ احسب الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة

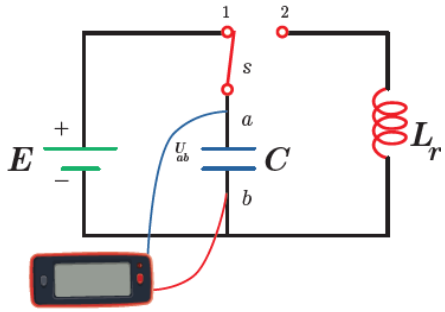
3- نجعل شدة التيار تتناقص بانتظام من $20A$ الى الصفر خلال $0.5s$ احسب القيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية المحرضة في الوشيعة وحدد جهة التيار المتحرض .

4- نمرر في سلك الوشيعة تياراً كهربائياً شدته اللحظية مقدرة بالأمبير $\vec{i} = 20 - 5t$ احسب القيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة الذاتية الناشئة فيها .

(يهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي)

البحث الرابع : دارة مهتزة

سؤال : نشكل دارة مكونة من مولد قوته المحركة الكهربائية E ومكثفة سعتها C ووشيعة مقاومتها r وذاتيتها L ، نصل لبوسي المكثفة إلى راسم اهتزاز مهبطي كما في الشكل :



والمطلوب :

1) ماذا يحدث عند وصل طرفي القاطعة

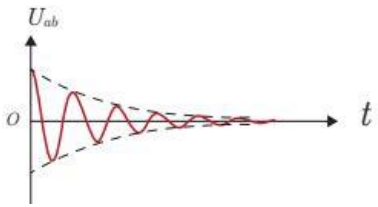
تشحن المكثفة فتخزن طاقة كهربائية .

2) ماذا يحدث عند وصل طرفي القاطعة

تتفرغ شحنة المكثفة عبر الوشيعة ويتغير شكل التفريغ حسب قيمة المقاومة .

3) كيف يكون شكل التفريغ في الحالات التالية مع التفسير والرسم .

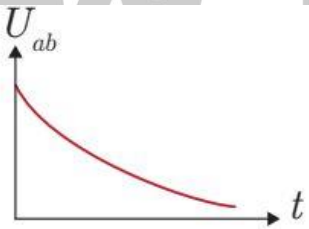
- حالة مقاومة صغيرة .



يكون شكل التفريغ دوري متناوب متخامد باتجاهين ، تتناقص فيه سعة الاهتزاز حتى تبلغ الصفر (تنعدم) ، والاهتزازات الحاصلة هي اهتزازات حرة متخامدة لأنها لا تتلقى طاقة من المولد . (تسمى الدارة عندئذ بالدارة المهتزة الحرة المتخامدة ويكون زمن الاهتزاز T_0 ثابتاً وبما أن سعة الاهتزاز متناقصة نسمي هذا الزمن بشبه الدور)

التفسير : لأن الطاقة التي تعطيها المكثفة الى الوشيعة والمقاومة تتحول الى حرارة بفعل جول في المقاومة تتدريجياً .

- حالة مقاومة كبيرة .

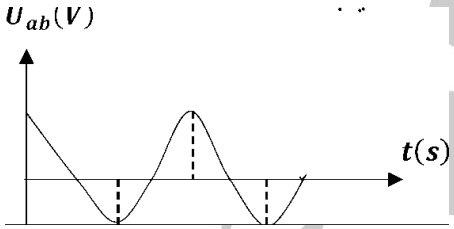


يكون شكل التفريغ لادوري وباتجاه واحد

وكلما زدنا قيمة المقاومة أصبح تخامد الاهتزاز أشد .

التفسير : لأن الطاقة التي تعطيها المكثفة الى الوشيعة والمقاومة تتحول الى حرارة بفعل جول في المقاومة حيث تتبدد طاقة المكثفة بالكامل دفعة واحدة في اثناء تفريغ شحنتها الأولى عبر لوشيعة ومقاومة الدارة .

* حالة مقاومة مهملة .



يصبح التفريغ جيبياً . سعة الإهتزاز فيه ثابتة ودوره الخاص T_0 .

التفسير : لعدم وجود طاقة حرارية ضائعة على شكل حرارة بفعل جول (المقاومة مهملة) ، ويتم تبادل الطاقة بين المكثفة والوشيعة .

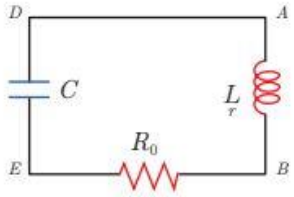
سؤال : مما تتألف الدارة المهتزة الحرة المتخامدة وما شكل التفريغ عندما تكون المقاومة كبيرة وعندما تكون مهملة .

تتألف من مكثفة ووشيعة ذات مقاومة صغيرة .

عندما تكون المقاومة كبيرة : يكون شكل التفريغ لا دوري باتجاه واحد .

عندما تكون المقاومة مهملة : يكون شكل التفريغ جيبي متناوب سعة الاهتزاز فيه ثابتة .

سؤال : دارة كهربائية تحوي على التسلسل وشيعة لها مقاومة (L , r) ومكثفة مشحونة سعتها C ومقاومة R_0 أوجد المعادلة التي تصف اهتزاز الشحنة في الدارة (L , R , C) ثم بين كيف يصبح شكل هذه المعادلة عندما $(R = 0)$



نختار اتجاهاً موجباً للتيار الكهربائي وبتطبيق علاقة شال على الدارة المجاورة يمكن أن نكتب :

$$u_{AB} + u_{BE} + u_{ED} + u_{DA} = 0$$

لكن : $u_{DA} = 0$ لإهمال مقاومة أسلاك التوصيل .

التوتر بين طرفي المكثفة :

$$u_{ED} = \frac{q}{c}$$

التوتر بين طرفي المقاومة :

$$u_{BE} = R_0 i$$

التوتر بين طرفي وشيعة لها مقاومة :

$$u_{AB} = ri + L\,(i)'_t$$

بالتعويض نجد :

$$\mathrm{ri} + L\,(i)'_t + R_0 i + \frac{q}{c} + 0 = 0$$

$$L\,(i)'_t + (R_0 + r)i + \frac{q}{c} = 0$$

باعتبار أن :

$$i = (q)'_t$$

$$R = R_0 + r$$

$$\boldsymbol{L\,(q)''_t + (R)(q)'_t + \frac{q}{c} = 0}$$

وهي معادلة تفاضلية من المرتبة الثانية تصف اهتزاز الشحنة الكهربائية في دارة كهربائية تحوي (L , R , C) ومن أجل دارة مهتزة تحوي (L , c) نعوض R = 0 فتصبح المعادلة التفاضلية :

$$\boldsymbol{L\,(q)''_t + \frac{q}{c} = 0}$$

سؤال : انطلاقاً من المعادلة التفاضلية $(q)''_t = -\frac{1}{Lc}q$

استنتج عبارة الدور الخاص للإهتزازات الكهربائية الحرة غير المتخامدة (علاقة طومسون) في دارة مهتزة تحوي علر التسلسل مكثفة مشحونة سعتها C ووشيعة مهملة المقاومة ذاتيتها L

$$(q)''_t = -\frac{1}{Lc}q \ldots\ldots (1)$$

وهي معادلة تفاضلية من المرتبة الثانية بالنسبة ل q

تقبل حلاً جيبياً من الشكل :

$$\boldsymbol{q = q_{max}\cos(\omega_0 t + \varphi)}$$

نشتق تابع الشحنة مرتين بالنسبة الزمن :

$$(q)'_t = -\omega_0 q_{max}\sin(\omega_0 t + \varphi)$$

$$(q)''_t = -\omega_0{}^2 q_{max}\cos(\omega_0 t + \varphi)$$

$$(q)''_t = -\omega_0{}^2 . q \ldots .2$$

وبالموازنة مع المعادلة (1) نجد :

$$\omega_0{}^2 = \frac{1}{Lc}$$

$$\omega_0{}^2 = \sqrt{\frac{1}{Lc}}$$

ولكن :

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$$

$$\boldsymbol{T_0 = 2\pi\sqrt{Lc}}$$

وهي عبارة الدور الخاص للإهتزازات الكهربائية الحرة غير المتخامدة وتسمى علاقة طومسون حيث :

T_0 : دور الإهتزازات الكهربائية (s) .

L : ذاتية الوشيعة (H) .

c : سعة المكثفة (F) .

دارة مهتزة تحوي على التسلسل مكثفة مشحونة سعتها c ووشيعة مهملة المقاومة ذاتيتها L والمطلوب :

1) اكتب تابع الشحنة بشكله العام مع ذكر دلالات الرموز

$$\boldsymbol{q = q_{max}\cos(\omega_0 t + \varphi)}$$

حيث :

$\boldsymbol{q}$: الشحنة في اللحظة t .

$\boldsymbol{q_{max}}$: الشحنة العظمى للمكثفة .

$\boldsymbol{\omega_0}$: نبض خاص .

$\boldsymbol{\varphi}$: الطور الابتدائي في اللحظة

($t = 0$)

($\boldsymbol{\omega_0 t + \varphi}$) : طور الحركة في الحظة t .

2) كيف يصبح تابع الشحنة وتابع شدة التيار المار في الدارة باعتبار مبدأ الزمن لحظة إغلاق الدارة .

بما أن مبدأ الزمن لحظة إغلاق الدارة فإن ($\varphi = 0$) وبالتالي : $\boldsymbol{q = q_{max}\cos(\omega_0 + \varphi)}$

وهو تابع الشحنة بشكله المختزل .

تابع شدة التيار هو مشتق تابع الشحنة بالنسبة للزمن :

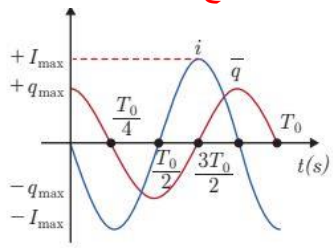
$$\boldsymbol{i = (q)'_t = -\omega_0 q_{max}\sin(\omega_0 t)}$$

$$\boldsymbol{i = (q)'_t = -\omega_0 q_{max}\cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})}$$

$$\boldsymbol{i = I_{max}\cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})}$$

وهو تابع شدة التيار .

3) ارسم المنحنيات البيانية لكل من الشحن والشدة بدلالة الزمن ماذا تستنتج ؟



عندما تكون شحنة المكثفة عظمى تنعدم شدة التيار في الوشيعة .

عندما تكون الشدة العظمى في الوشيعة تنعدم شحنة المكثفة .

تابع الشدة على ترابع متقدم بالطور مع تابع الشحنة .

7) كيف يتم تبادل الطاقة بين المكثفة والوشيعة خلال دور في الدارة المهتزة (L, c) .

تبدأالمكثفة بتفريغ شحنتها في الوشيعة فيزداد تيار الوشيعة ببطء حتى يصل الى قيمة عظمى نهاية ربع الدور الأول من التفريغ عندما تفقد المكثفة كامل شحنتها فتخزن الوشيعة طاقة كهرطيسية عظمى

$E_L = \frac{1}{2} LI_{max}^2$ ثم يقوم تيار الوشيعة بشحن المكثفة حتى يصبح تيارها معدوماً وتصبح شحنة المكثفة عظمى فتخزن المكثفة طاقة كهربائية عظمى

$E_c = \frac{1}{2} \frac{q_{max}^2}{c}$ وهذا يتحقق في نصف الدور الأول .

أما في نصف الدور الثاني : تتكرر عمليتا الشحن والتفريغ في الاتجاه المعاكس نظراً لتغير شحنة اللبوسين وهكذا يتم تبادل الطاقة بين المكثفة والوشيعة .

8) استنتج علاقة الطاقة الكلية في دارة مهتزة تحوي على التسلسل مكثفة مشحونة سعتها c ووشيعة مهملة المقاومة ذاتيتها L وارسم منحني الطاقة بتغير الزمن ، كيف يصبح شكل منحني الطاقة الكلية عند وجود مقاومة كبيرة في الدارة مع التفسير .

$$E = E_c + E_L \text{ .....(1}$$

$$E_C = \frac{1}{2} \frac{q^2}{c}$$

$$q = q_{max} . \cos\left(\omega_0 t \right)$$

$$E_C = \frac{1}{2} \frac{q_{max}^2}{c} . \cos^2\left(\omega_0 t \right) \text{ .....2}$$

$$E_L = \frac{1}{2} . L . i^2$$

$$i = - w_0 \, q_{max} . \sin(\omega_0 t)$$

$$E_L = \frac{1}{2} . L . w_0^2 \, q_{max}^2 . \sin^2\left(\omega_0 t \right) \text{ ....3}$$

$$w_0^2 = \frac{1}{LC}$$

نعوض 2 و 3 في 1 :

$$E = \frac{1}{2} \frac{q_{max}^2}{c} . \cos^2\left(\omega_0 t \right) + \frac{1}{2} \frac{q_{max}^2}{c} . \sin^2\left(\omega_0 t \right)$$

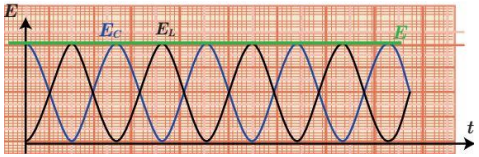
$$E = \frac{1}{2} \frac{q_{max}^2}{c} (\cos^2\left(\omega_0 t \right) + \sin^2\left(\omega_0 t \right))$$

$$E = \frac{1}{2} \frac{q_{max}^2}{c} = const$$

يمثل الشكل التالي منحني الطاقة بتغير الزمن :

أي انه في دارة مهتزه في أثناء التفريغ تتحول الطاقة بشكل دوري من طاقة كهربائية في المكثفة الى طاقة كهرطيسية في الوشيعة وبالعكس ولكن المجموع يبقى ثابتاً .

أي أن الطاقة الكلية مقدار ثابت في كل لحظة وتمثل بخط مستقيم يوازي محور الزمن .



عند وجود مقاومة كبيرة في الدارة يصبح منحني الطاقة الكلية بالشكل :

التفسير : لأن الطاقة التي تعطيها المكثفة الى الوشيعة والمقاومة تتبدد الى الحرارة بفعل جول في المقاومة دفعة واحدة في أثناء تفريغ شحنتها الأولى عبر الوشيعة ومقاومة الدارة .

المسألة الأولى :

تتألّفُ دارةٌ مُهتزَّة من:

1. مُكثّفةٍ إذا طبقَ بينَ لبوسَيها فرقُ كمونٍ 50 V شحنَ كلّ من لبوسَيها $0.5\,\mu C$.
2. وشيعةٍ طولُها 10 cm وطولُ سلكِها 16 m بطبقةٍ واحدةٍ مُقاوَمتُها مُهمَلة.

المطلوب:

1. احسبْ تواتُرَ الاهتزازاتِ الكهربائيّةِ المارّ فيها.
2. احسبْ شدَّةَ التيّارِ الأعظميّ المارّ في الدَّارة.

المسألة الثانية :

مكثفة سعتها $c = 10^{-12}\,F$ تشحن بوساطة مواد تيار متواصل فرق الكمو بين طرفيه $U_{max} = 10^{+3} V$ والمطلوب :

1- احسب شحنة المكثفة والطاقة المختزنة فيها .

2- بعد شحن المكثفة توصل بوشيعة ذاتيتها $L = 16 mH$ ، مقاومتها الأومية مهملة والمطلوب :

a- صف ما يحدث .

b- احسب تواتر الإهتزازات الكهربائية المارة فيها .

c- اكتب التابع الزمني لكل من الشحنة وشدة التيار بدءاً من الشكل العام معتبراً مبدأ الزمن لحظة وصل المكثفة الموصولة بالوشيعة .

أعط تفسيراً علميا باستخدام العلاقات الرياضية المناسبة عند اللزوم

1- لايمكن إعتبار دارة مؤلفة من مقاومة أومية ومكثفة على أنها دارة مهتزة .

لعدم وجود وشيعة تختزن طاقة كهربائية التي تعطيها المكثفة .

2- تنقص الطاقة الكلية في دارة مهتزة تحوي (مقاومة ، مكثفة) في أثناء التفريغ .

بسبب تبدد الطاقة بفعل جول في المقاومة الاومية .

3- تبدي المكثفة ممانعة كبيرة للتيارات منخفضة التواتر .

$$x_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

إنّ المُمانَعة تتناسبُ عكساً معَ تواتُرِ التيّارِ فهي صغيرةٌ جدّاً في التيّاراتِ عاليةِ التَّواتُرِ لذلكَ تُبدي المُكثِّفة سهولةً لمرورِ هذه التيّارات.

4- تبدي الوشيعة ممانعة كبيرة للتيارات عالية التوتر

- $x_L = L.w$

إنّ المُمانَعة تتناسبُ طرداً معَ تواتُرِ التيّار، وفي حالةِ التيّاراتِ عاليةِ التَّواتُرِ فإنَّ مُمانَعةَ الوشيعةِ تكونُ كبيرةً جدّاً.

البحث الخامس : التيار المتناوب الجيبي

سؤال: فسّر الكترونياً نشوء التّيار المتواصل.
ينشأ من حركة الالكترونات الحرّة بحيث تكون الحركة الإجماليّة وفق اتجاه واحد من الكمون المنخفض إلى الكمون المرتفع بسبب وجود حقل كهربائيّ ناتج عن التّوتر المطبّق.

==========

سؤال: فسّر الكترونياً نشوء التّيار المتناوب.
ينشأ من الحركة الاهتزازيّة للالكترونات الحرّة حول مواضع وسطيّة بسعة صغيرة من مرتبة الميكرومتر، ويكون تواتر هذه الحركة مساوياً لتواتر التّيار، وتنتج الحركة الاهتزازيّة للالكترونات عن الحقل الكهربائيّ المتغيّر بالقيمة والاتجاه والذي ينتشر بسرعة الضّوء بجوار النّاقل وينتج هذا التغيّر في الحقل الكهربائيّ من تغيّر قيمة وإشارة التّوتر (فرق الكمون) بين قطبَي المنبع الكهربائيّ.

==========

سؤال: ما الشرطان الواجب تحقيقهما كي يُسمح بتطبيق قوانين أوم في التّيار المتواصل على دارة التّيار المتناوب.

1. الدّارة قصيرة بالنّسبة لطول الموجة.
2. تواتر التّيار المتناوب الجيبيّ صغير.

سؤال : نطبّق توتّراً لحظيّاً $\bar{u}$ على مقاومة أوميّة صرفة R في دارة تيّار متناوب جيبيّ مغلقة فيمر تيّار تابع شدّته اللّحظيّة: $\bar{i} = I_{max}.\cos(wt)$ و المطلوب:

1- استنتج تابع التّوتر اللحظيّ بين طرفَي المقاومة ثم حدد فرق الطّور بين الشّدة .

2- استنتج العلاقة بين التوتر المنتج والشدة المنتجة في هذه الدارة (استنتج قانون أوم لهذه الدارة) وارسم تمثيل فرينل للتوتر المنتج لهذه الدارة .

3- برهن باستخدام العلاقات الرياضية أن الإستطاعة المتوسطة المستهلكة في المقاومة تصرف حرارياً بفعل جول .

1- لدينا : $\bar{i} = I_{max}.\cos(wt)$

$$\overline{U_R} = R.\bar{i}$$

$$U_R = R..I_{max}.\cos(\omega t)$$

لكن: $X_R = R$ تُدعى بممانعة المقاومة.

$$U_{max\,R} = R.I_{max}$$

نعوّض في $\bar{u}$:

$$\overline{U_R} = U_{max\,R}.\cos(\omega t)$$

بالمقارنة بين تابعَي الشّدة والتوتّر نجد أنّ: $\bar{\varphi} = 0$ ، أيّ أنّ المقاومة تجعل التوتر المطبّق بين طرفيها على توافق بالطور مع الشّدة.

2- **نقسّم طرفي العلاقة الآتية على $\sqrt{2}$:**

$$U_{max\,R} = R.I_{max}$$

$$\frac{U_{max\,R}}{\sqrt{2}} = R\,\frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$\Rightarrow U_{eff\,R} = R.I_{eff}$$

وهو قانون أوم في دارة مقاومة صرفة.

تمثيل فرينل للتوتر المنتج

$U_{eff\,R}$ ⟶ $\vec{i}$

3- $P_{avgR} = U_{eff\,R}.I_{eff}.\cos\varphi$

ولكن: $\cos 0 = 1$

ومنه: $P_{avgR} = U_{effR}.I_{eff}$

لكن من قانون أوم:

$$U_{eff\,R} = R.I_{eff}$$

نعوّض:

$$P_{avg\,R} = R.I_{eff}^2$$

أيّ أنّ الطاقة تُصرف في المقاومة حراريّاً بفعل جول.

سؤال : نطبّق توتّراً لحظيّاً $\bar{u}$ على وشيعة ذاتيّتها L ومقاومتها الأوميّة مهملة في دارة تيّار متناوب جيبيّ مغلقة فيمر تيّار تابع شدّته اللّحظيّة هي: $\bar{i} = I_{max}.\cos(wt)$

المطلوب:

1- استنتج تابع التّوتر اللحظيّ بين طرفَي الوشيعة ثم حدد فرق الطّور بين الشّدة والتوتر.

2- استنتج قانون أوم لهذه الدارة وارسم تمثيل فرينل للتوتر المنتج لهذه الدارة .

3- برهن باستخدام العلاقات الرياضية أن الوشيعة مهملة المقاومة لا تستهلك طاقة كهربائيّة.

الحل : 1- $U_L = L.\frac{d\bar{i}}{dt}$

$$\frac{d\bar{i}}{dt} = -\omega.\ I_{max}.\sin(\omega t)$$

$$\frac{d\bar{i}}{dt} = \omega.I_{max}.\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

نعوّض في U_L

$$U_L = L.\omega.I_{max}.\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

نسمّي المقدار $X_L = L\omega$ بممانعة الوشيعة مهملة المقاومة وتُسمّى رديّة الوشيعة.

$$U_{\max_L} = X_L . I_{\max}$$

نعوّض في $\overline{u_L}$:

$$\overline{u_L} = U_{\max L} . cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

بالمقارنة بين تابعَي الشّدة والتوتّر نجد أنّ الوشيعة مهملة المقاومة تجعل التوتر اللحظيّ يتقدّم بالطّور على الشّدة اللحظيّة بمقدار $\frac{\pi}{2} rad$ (ترابع متقدّم)

2- نقسّم طرفي العلاقة الآتية على $\sqrt{2}$:

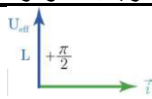
$$U_{max_L} = X_L . I_{max}$$

$$\frac{U_{\max_L}}{\sqrt{2}} = X_L . \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$$

$$\Rightarrow U_{eff_L} = X_L . I_{eff}$$

وهو قانون أوم في دارة وشيعة مهملة المقاومة.

تمثيل فرينل للتوتر المنتج



3- $P_{avg\,L} = U_{eff\,L} . I_{eff} . cos\,\varphi$

ولكن: $\cos\frac{\pi}{2} = 0$

ومنه: $P_{avg\,L} = 0$

أيّ أنّ: الوشيعة مهملة المقاومة تختزن طاقة كهرطيسيّة خلال ربع دور لتعيدها كهربائيّاً إلى الدّارة الخارجيّة خلال ربع الدور الذي يليه، أيّ أنّ الوشيعة لاتستهلك طاقة .

سؤال: نطبّق توتّراً لحظيّاً $\bar{u}$ على مكثفة غير مشحونة C فيمر تيّار تابع شدّته اللّحظيّة: $\bar{i} = I_{\max} . \cos(wt)$

المطلوب:

1- استنتج تابع التّوتر اللحظيّ بين طرفَي المكثفة ثم حدد فرق الطّور بين الشّدة والتوتر وارسم تمثيل فرينل للتوتر المنتج لهذه الدارة .

2- استنتج العلاقة بين التوتر المنتج والشدة المنتجة في هذه الدارة (استنتج قانون أوم لهذه الدارة) وارسم تمثيل فرينل للتوتر المنتج لهذه الدارة .

3- برهن باستخدام العلاقات الرياضية أن المكثفة لا تستهلك طاقة كهربائيّة.

الحل: 1-

$$U_c = \frac{\bar{q}}{c}$$

$$\bar{i} = \frac{d\bar{q}}{dt} \Rightarrow d\bar{q} = \bar{i}\,dt$$

نكامل الطّرفين فنجد:

$$\bar{q} = \int I_{\max} \cos(wt).dt$$

$$\bar{q} = \frac{1}{w}\sin(wt)$$

نعوّض في U_c

$$U_c = \frac{1}{\omega . c} I_{max} . \sin(\omega t)$$

$$U_c = \frac{1}{\omega . c} . I_{max} . \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

نسمّي المقدار $X_C = \frac{1}{w\,c}$ بممانعة المكثّفة (الممانعة السعوية للمكثفة) وتُسمّى اتساعيّة المكثفة.

$$U_c = X_C . I_{max} . \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

$$U_{\max c} = X_C . I_{max}$$

نعوّض في U_c

$$U_c = U_{\max c} . \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

بالمقارنة بين تابع التّوتر وتابع الشّدة نجد أنّ: التّوتر يتأخر عن التّيار بمقدار $\frac{\pi}{2}$ rad (ترابع متأخر).

2- ممّا سبق:

نقسّم طرفي العلاقة الآتية على $\sqrt{2}$:

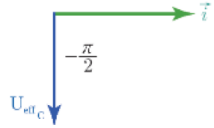
$$U_{\max c} = X_C . I_{max}$$

$$\frac{U_{mac\,c}}{\sqrt{2}} = X_C . \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$\Rightarrow U_{eff\,c} = X_C . I_{eff}$$

وهو قانون أوم في دارة مكثفة

تمثيل فرينل للتوتر المنتج



3- $P_{avg\,c} = U_{eff\,c} . I_{eff} . cos\,\varphi_C$

ولكن: $\cos(-\frac{\pi}{2}) = 0$

ومنه: $P_{avg\,c} = 0$

أيّ أنّ المكثفة لا تستهلك أيّة طاقة، وإنّما تختزن طاقة كهربائيّة خلال ربع دور وتعيدها كهربائيّاً في ربع الدّور الذي يليه.

سؤال : فسر علمياً باستخدام العلاقات الرياضية:
لا تمرّر المكثفة تيّاراً متواصلاً عند وصل لبوسيها بمأخذ تيّار متواصل.

الجواب: بسبب وجود العازل بين لبوسيها الذي يسبب انقطاع في الدّارة:

$$X_c = \frac{1}{w\,c} = \frac{1}{2\pi.f\,c}$$
$$f = 0 \Rightarrow X_c = \infty$$

التّيار المتواصل تواتره معدوم.

سؤال : فسر علمياً : تسمح المكثفة بمرور تيار متناوب جيبيّ عند وصل لبوسيها بمأخذ هذا التيار المتناوب ولكنها تعرقل هذا المرور.

الجواب: **عند وصل لبوسَي مكثفة بمأخذ تيّار متناوب، فإنّ مجموعة الالكترونات الحرة التي يسبب مأخذ التيّار المتناوب اهتزازها تشحن لبوسَي المكثفة خلال ربع دور بشحنتين متساويتين ومن نوعين مختلفين دون أن تخترق عازلها، ثم تتفرعان في ربع الدور الثاني، وفي النوبة الثانية (الربعين الثالث والرابع) تتكرّر عمليتا الشحن والتفريغ مع تغيّر شحنة كل من اللبوسيَن. وتبدي المكثفة ممانعة للتيار المتناوب بسبب الحقل الكهربائيّ الناتج عن شحنتها.**

سؤال: نؤلّف دارة تحوي على التسلسل الأجهزة الآتية: مقاومة أوميّة R، وشيعة ذاتيّتها L مقاومتها الأوميّة مهملة، ومكثّفة سعتها C، يمرّ في هذه الدّارة تيّار متناوب جيبيّ تابع شدّته اللحظيّة تُعطى بالعلاقة:

$$\bar{i} = I_{max}.\cos(wt)$$

المطلوب: استنتج قانون أوم العام لهذه الدارة بفرض $U_{eff_C} < U_{eff_L}$ مبيّناً عبارة ممانعة هذه الدّارة، ثمّ استنتج علاقة عامل استطاعة هذه الدارة ثمّ ناقش من أجل:

❶ $X_C < X_L$.

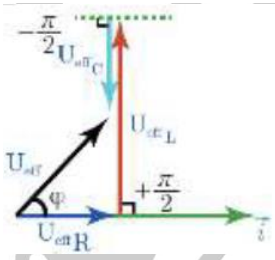
❷ $X_C > X_L$.

❸ $X_C = X_L$، وماذا نسمّي هذه الحالة.

الحل:

على التسلسل

C	L	R
$\varphi_C = -\frac{\pi}{2}$	$r = 0$ $\varphi_L = +\frac{\pi}{2}$	$\varphi_R = 0$



$$\overrightarrow{U_{eff}} = \overrightarrow{U_{eff_R}} + \overrightarrow{U_{eff_L}} + \overrightarrow{U_{eff_C}}$$

من القائم حسب فيثاغورث:

$$U_{eff}^2 = U_{eff_R}^2 + (U_{eff_L} - U_{eff_C})^2$$
$$U_{eff}^2 = R^2.I_{eff}^2 + (L.w.I_{eff} - \frac{1}{w.c}.I_{eff})^2$$
$$U_{eff}^2 = R^2.I_{eff}^2 + (L.w - \frac{1}{w.c})^2.I_{eff}^2$$
$$U_{eff} = \sqrt{R^2 + (L.w - \frac{1}{w.c})^2}.I_{eff}$$

ندعو المقدار $Z = \sqrt{R^2 + (L.w - \frac{1}{w.c})^2}$ بممانعة الدّارة:

ومنه:

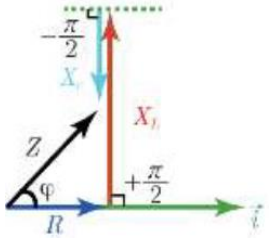
$$U_{eff} = Z.I_{eff}$$

وهو قانون أوم في الحالة العامة.

عامل الاستطاعة:

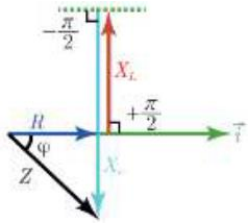
$$\cos\bar{\varphi} = \frac{U_{eff_R}}{U_{eff}} = \frac{R.I_{eff}}{Z.I_{eff}}$$
$$\cos\bar{\varphi} = \frac{R}{Z}$$

❶ $X_C < X_L$:



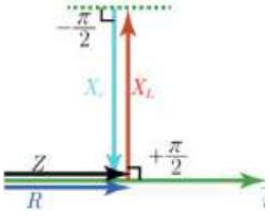
يكون التّوتر متقدّم بالطّور على الشّدة وتكون الدارة ذات ممانعة ذاتيّة.

❷ $X_C > X_L$:



يكون التّوتر متأخر بالطّور على الشّدة وتكون الدارة ذات ممانعة سعوية.

❸ $X_C = X_L$:



يكون التّوتر متفقاً بالطّور مع الشّدة وتُسمّى هذه الحالة بالطنين الكهربائيّ أو التجاوب الكهربائيّ

سؤال: كيف تحدث حالة التّجاوب الكهربائيّ (الطّنين) (شرط حدوث التجاوب الكهربائيّ) في دارة على التّسلسل، وماذا يتحقّق في حالة الطنين، ثمّ استنتج الدور في هذه الحالة.

الحل:

يحدث التجاوب عندما يكون النّبض الخاص لاهتزاز الالكترونات الحرة w_0 يساوي النبض القسريّ الذي يفرضه المولد ويُسمّى نبض الطّنين w_r ويتحقّق في حالة الطّنين:

1. $X_L = X_C$.
2. **ممانعة الدّارة أصغر ما يمكن** $Z = R$.
3. شدّة التّيار المنتجة أكبر ما يمكن $I_{eff} = \frac{U_{eff}}{R}$.
4. **التّوتر المطبّق على تو افق بالطّور مع الشّدة** $\varphi = 0\ rad$. **وبالتالي عامل استطاعة الدّارة يساوي الواحد.**
5. **الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في الدّارة أكبر ما يمكن.**
6. **التّوتر المنتج بين طرفي المنبع يساوي التوتر المنتج بين المقاومة** $U_{eff} = U_{eff_R}$.

تُستخدم خاصة الطنين في عملية التوليف في أجهزة الاستقبال.

<u>لاستنتاج الدّور:</u>

$$X_L = X_C \Rightarrow L w_r = \frac{1}{w_r C}$$

$$w_r^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow w_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow \frac{2\pi}{T_r} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\boxed{\Rightarrow T_r = 2\pi\sqrt{LC}}$$

المسألة الأولى : مأخذ تيّار متناوب جيبيّ، تواتره 50 Hz ، نربط بين طرفيه الأجهزة الآتية على التسلسل: مقاومة أوميّة R ، وشيعة مقاومتها الأوميّة مهملة ذاتيّتها L ، مكثفة سعتها $C = \frac{1}{2000\pi} F$ فيكون التوتر المنتج بين طرفي كل من أجزاء الدارة هو على الترتيب:

$U_{eff_1} = 30V$ ، $U_{eff_2} = 80V$ ، $U_{eff_3} = 40V$

المطلوب:

1. استنتج قيمة التوتر المنتج الكلي بين طرفَي المأخذ باستخدام إنشاء فرينل.
2. احسب قيمة الشدة المنتجة المارة في الدارة، ثمّ اكتب التابع الزمني لتلك الشدة.
3. احسب الممانعة الكلية للدارة.
4. احسب ذاتيّة الوشيعة، واكتب التابع الزمنيّ للتوتر بين طرفيها.
5. احسب عامل استطاعة الدارة.
6. نضيف إلى المكثفة الدارة السابقة مكثفة C' مناسبة. فتصبح الشدة المنتجة للتيار بأكبر قيمة لها. المطلوب:

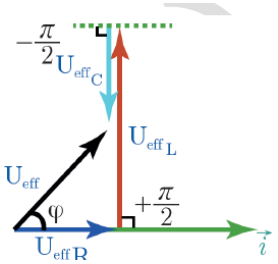
a- حدّد الطريقة التي يتم بها ضم المكثفتين.

b- احسب سعة المكثفة المضمومة C'.

c- احسب الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في الدارة في هذه الحالة.

الحل : $w = 2\pi f = 2\pi \times 50 = 100\pi\ rad.s^{-1}$

1. $\overrightarrow{U_{eff}} = \overrightarrow{U_{eff_R}} + \overrightarrow{U_{eff_L}} + \overrightarrow{U_{eff_C}}$



$$\varphi_L = +\frac{\pi}{2} rad$$

$$\varphi_R = 0$$

$$\varphi_C = -\frac{\pi}{2} rad$$

من القائم حسب فيثاغورث:

$$U_{eff}^2 = U_{eff_R}^2 + (U_{eff_L} - U_{eff_C})^2$$

$$U_{eff}^2 = (30)^2 + (80-40)^2$$

$$\boxed{U_{eff} = 50V}$$

2. نطبّق قانون أوم على المكثفة:

$$U_{eff_C} = X_C . I_{eff}$$

$$U_{eff_C} = \frac{1}{w\,C} . I_{eff}$$

$$40 = \frac{1}{100\pi \times \frac{1}{2000\pi}} . I_{eff}$$

$$\boxed{I_{eff} = 2\ A}$$

$$i = I_{max} . \cos(wt)$$

حيث:

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \Rightarrow I_{max} = 2\sqrt{2}\ A$$

المطلوب: $\overline{u} = 130\sqrt{2}.cos\,100\pi t(Volt)$

❶ احسب التوتر المنتج للتيار، وتواتره.

❷ نصل بين نقطتين a, b وشيعة مقاومتها $r = 25\Omega$ وذاتيّتها $L = \frac{3}{5\pi}H$ احسب الشّدة المنتجة، وعامل استطاعة الدارة، والاستطاعة المتوسطة المستهلكة فيها.

❸ نرفع الوشيعة ثمّ نصل نقطتين a, b بمقاومة $R = 30\Omega$ موصولة على التسلسل مع مكثّفة سعتها $C = \frac{1}{4000\pi}F$ ووشيعة ذاتيّتها L مقاومتها مهملة، فتصبح الشّدة المنتجة للتيار بأكبر قيمة ممكنة لها، احسب قيمة ذاتيّة الوشيعة، والشدة المنتجة في هذه الحالة.

الحل:

❶

$$U_{max} = 130\sqrt{2}V$$

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{130\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 130\,V$$

$$w = 100\pi rad.s^{-1}$$

$$2\pi f = 100\pi \Rightarrow f = 50Hz$$

❷

$$r = 25\Omega \;،\; L = \frac{3}{5\pi}H$$

$$U_{eff} = Z_L.I_{eff}$$

$$U_{eff} = \sqrt{r^2 + L^2.w^2}.I_{eff}$$

$$130 = \sqrt{(25)^2 + (\frac{3}{5\pi} \times 100\pi)^2}.I_{eff}$$

$$130 = 65 \times I_{eff} \Rightarrow \boxed{I_{eff} = 2A}$$

$$cos\,\varphi_L = \frac{r}{Z_L} = \frac{r}{\sqrt{r^2 + L^2.w^2}}$$

$$\cos\varphi = \frac{U_{eff_R}}{U_{eff}} = \frac{30}{50} = \frac{3}{5}$$

❻ الشدة المنتجة بأكبر قيمة لها (حالة تجاوب كهربائيّ):

(a

$$X_L = X_C$$

$$L.w = \frac{1}{w.c_{eq}}$$

$$\frac{2}{5\pi} \times 100\pi = \frac{1}{100\pi \times c_{eq}}$$

$$\boxed{c_{eq} = \frac{1}{4000\pi}F}$$

بما أن: $c > c_{eq}$ إذا وصل المكثفتين على التسلسل.

(b

$$\frac{1}{c_{eq}} = \frac{1}{c} + \frac{1}{c'}$$

$$\frac{1}{\frac{1}{4000\pi}} = \frac{1}{\frac{1}{2000\pi}} + \frac{1}{c'}$$

$$\boxed{c' = 2000\pi}$$

(c لحساب I_{eff} في حالة التجاوب:

$$I_{eff} = \frac{U_{eff}}{R} = \frac{50}{15} = \frac{10}{3}A$$

$$P_{avg} = R.I_{eff}^{\,2}$$

$$P_{avg} = 15 \times \frac{100}{9} = \frac{500}{3}Watt$$

المسألة الثانية : يُعطى تابع التوتر اللحظيّ بين نقطتين a, b بالعلاقة:

نعوّض:

$$i = 2\sqrt{2}.\cos(100\pi t)$$

❸

$$U_{eff} = Z.I_{eff}$$

$$50 = Z \times 2$$

$$\boxed{Z = 25\ \Omega}$$

❹ نطبّق قانون أوم على الوشيعة:

$$U_{eff_L} = X_L.I_{eff}$$

$$U_{eff_L} = L.w.I_{eff}$$

$$80 = L \times 100\pi \times 2$$

$$\boxed{L = \frac{2}{5\pi}H}$$

$$u_L = I_{max_L}.\cos(wt + \frac{\pi}{2})$$

حيث:

$$U_{eff_L} = \frac{U_{max_L}}{\sqrt{2}} \Rightarrow U_{max_L} = 80\sqrt{2}\,V$$

نعوّض:

$$u_L = 80\sqrt{2}.\cos(100\pi t + \frac{\pi}{2})$$

❺ <u>طريقة أولى :</u>

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{25}$$

لحساب R نطبّق قانون أوم على المقاومة:

$$U_{eff_R} = R.I_{eff}$$

$$30 = R \times 2$$

$$\boxed{R = 15\Omega}$$

$$\cos\varphi = \frac{15}{25} = \frac{3}{5}$$

<u>طريقة ثانية</u>: من إنشاء فرينل:

$$\frac{1}{20\pi} = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2 \times \frac{1}{80}}{1}$$

$N = 1000$ لفة

❸ عامل استطاعة الدارة يساوي الواحد أي لدينا حالة تجاوب كهربائي :

$$L.w = \frac{1}{w.c} \Rightarrow 5 = \frac{1}{2\pi.f.c}$$

$$5 = \frac{1}{2\pi \times 50 \times c}$$

$$\Rightarrow c = \frac{1}{500\pi} F$$

$$I_{eff} = \frac{U_{eff}}{R}$$

$$I_{eff} = \frac{130}{12} = \frac{65}{6} A$$

$$P_{avg} = R.I_{eff}^{\ 2}$$

$$P_{avg} = 12 \times \frac{4225}{36} = \frac{4225}{3} Watt$$

المسألة الثالثة : نطبّق توتّراً متواصلاً $6V$ على طرفَي وشيعة، فيمر فيها تيّار شدّته $0.5A$ وعندما نطبّق توتّراً متناوباً جيبيّاً بين طرفَي الوشيعة نفسها، قيمته المنتجة $130V$ تواتره $50Hz$ فيمر تيّار شدّته المنتجة $10A$ المطلوب:

❶ احسب مقاومة الوشيعة، وذاتيّتها.

❷ احسب عدد لفّات الوشيعة إذا علمت أن مساحة مقطعها $\frac{1}{80} m^2$ وطوله $1m$.

❸ احسب سعة المكثفة التي يجب ضمّها على التسلسل مع الوشيعة السّابقة حتّى يصبح عامل استطاعة الدّارة يساوي الواحد، ثمّ حساب الشّدة المنتجة للتيار، والاستطاعة المتوسطة المستهلكة في الدارة عندئذٍ.

الحل:

$$I = 0.5\ A \quad ، \quad U = 6V$$

$$I_{eff} = 10\ A \quad ، \quad U_{eff} = 130V$$

$$f = 50Hz \Rightarrow w = 2\pi f = 2\pi \times 50$$

$$w = 100\pi\ rad.s^{-1}$$

❶

$$U = r.I \Rightarrow 6 = r \times 0.5 \Rightarrow r = 12\ \Omega$$

$$U_{eff} = Z_L.I_{eff}$$

$$U_{eff} = \sqrt{r^2 + L^2.w^2}.I_{eff}$$

$$130 = \sqrt{(12)^2 + L^2.w^2} \times 10$$

$$\Rightarrow L.w = 5$$

$$L \times 100\pi = 5$$

$$\Rightarrow L = \frac{1}{20\pi} H$$

❷

$$L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2.S}{\ell}$$

$$\cos\varphi_L = \frac{25}{\sqrt{(25)^2 + (\frac{3}{5\pi} \times 100\pi)^2}} = \frac{25}{65}$$

$$\Rightarrow \cos\varphi_L = \frac{5}{13}$$

$$P_{avg} = U_{eff}.I_{eff}.\cos\varphi_L$$

$$P_{avg} = 130 \times 2 \times \frac{5}{13}$$

$$\Rightarrow P_{avg} = 100W$$

❸ الشّدة المنتجة للتيّار بأكبر قيمة لها ⇐ حالة تجاوب كهربائيّ (طنين كهربائيّ):

$$X_L = X_C$$

$$L.w = \frac{1}{w.c}$$

$$L \times 100\pi = \frac{1}{100\pi \times \frac{1}{4000\pi}}$$

$$\Rightarrow L = \frac{2}{5\pi} H$$

$$I_{eff} = \frac{U_{eff}}{R}$$

$$I_{eff} = \frac{130}{30} = \frac{13}{3} A$$

==========

المسألة الرابعة : نطبق بين طرفي مأخذ تيار متناوب جيبي توتراً قيمته المنتجة $U_{eff} = 50\ V$ ، وتواتره $f = 50\ H_z$ ، نصل طرفي المأخذ بدارة تحوي على التسلسل مقاومة أومية R التوتر المنتج بين طرفيها $U_{effR} = 30\ V$ ، ومكثفة اتساعيتها $X_c = 20\ \Omega$.

المطلوب حساب : 1- قيمة التوتر المنتج بين لبوسي المكثفة U_{effc} باستخدام إنشاء فرينل .

2- قيمة الشدة المنتجة للتيار المار في الدارة I_{eff} .

3- قيمة المقاومة الأومية R .

4- عامل استطاعة الدارة ، والاستطاعة المتوسطة المستهلكة فيها .

5- ذاتية الوشيعة المهملة المقاومة الواجب ربطها على التسلسل في الدارة السابقة لتبقى الشدة المنتجة للتيار بالقيمة نفسها .

سؤال : أين تحدث حالة إختناق التيار وماذا يتحقق عندها واستنتج العلاقة المحددة لتوتر الدارة الذي يكون التيار المحصل عنده معدوماً وأين تستخد الدارة الخانقة في التيار .

تحدث حالة اختناق التسار في دارة تحوي فرعين :

الفرع الأول : مكثفة

الفرع الثاني : وشيعة مهملة المقاومة

حيث تنعدم الشدة في الدارة الخارجية ويكون عندها $\omega_r = \omega$

استنتاج التواتر:

$$X_L = X_C \Rightarrow L w_r = \frac{1}{w_r \mathcal{C}}$$

$$w_r^2 = \frac{1}{L\mathcal{C}} \Rightarrow w_r = \frac{1}{\sqrt{L\mathcal{C}}} \Rightarrow \frac{2\pi}{T_r} = \frac{1}{\sqrt{L\mathcal{C}}}$$

$$\Rightarrow T_r = 2\pi\sqrt{L\mathcal{C}}$$

$$\Rightarrow f_r = \frac{1}{T_r} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\mathcal{C}}}$$

تستخدم الدارة الخانقة للتيار في وصل خطوط نقل الطاقة الكهربائية مع الأرض بهدف ترشيح التواترات التي يلتقطها الخط من الجو .

المسألة الخامسة : يُعطى تابع التوتر اللحظيّ بين طرفي مأخذ بالعلاقة: $\bar{u} = 120\sqrt{2}.\cos 120\pi t\ (V)$. المطلوب:

1. احسب التوتر المنتج بين طرفي المأخذ، وتواتر التيار.
2. نضع بين طرفي المأخذ مصباحاً كهربائيّاً ذاتيّته مهملة، فيمر فيها تيّار شدّته المنتجة $6\ A$ ، احسب قيمة المقاومة الأوميّة للمصباح، واكتب تابع الشدة اللحظية المارة فيها.
3. نصل بين طرفي المصباح في الدارة السابقة وشيعة عامل استطاعتها $\frac{1}{2}$ ، فيمر في الوشيعة تيار شدته المنتجة $10\ A$.

احسب ممانعة الوشيعة، والاستطاعة المستهلكة فيها، ثمّ اكتب تابع الشدة اللحظية المارة فيها.

4. احسب قيمة الشدة المنتجة في الدارة الأصلية باستخدام إنشاء فرينل.
5. احسب الاستطاعة المتوسطة المستهلكة في جملة الفرعين وعامل استطاعة الدارة.
6. احسب سعة المكثفة الواجب ربطها على التفرع بين طرفي المأخذ لتصبح شدة التيار الأصلية الجديدة على وفاق بالطور مع التوتر المطبق عندما تعمل الفروع الثلاثة معاً.

الحل:

1

$$U_{max} = 120\sqrt{2}\,V$$

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{120\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 120\,V$$

$$w = 2\pi f \Rightarrow 120\pi = 2\pi f \Rightarrow f = 60Hz$$

2

$$U_{eff} = R.I_{eff}$$
$$120 = R \times 6$$
$$R = 20\Omega$$
$$\bar{i} = I_{max}.\cos(wt)$$

حيث:

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$6 = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$\Rightarrow I_{max} = 6\sqrt{2}\ A$$

$$\bar{i} = 6\sqrt{2}.cos(120\pi t)$$

3

$$U_{eff} = Z_L.I_{eff_L}$$
$$120 = Z_L \times 10$$
$$Z_L = 12\Omega$$
$$P_{avg_L} = U_{eff}.I_{eff_L}.\cos\varphi_L$$
$$P_{avg_L} = 120 \times 10 \times \frac{1}{2}$$
$$U_{eff} = X_C.I_{eff_C}$$
$$U_{eff} = \frac{1}{w\mathcal{C}}.I_{eff_C}$$
$$\Rightarrow \cos\varphi = \frac{5}{7}$$
$$P_{avg_L} = 600W$$
$$\cos\varphi_L = \frac{1}{2} \Rightarrow \varphi_L = -\frac{\pi}{3}\ rad$$

الشدة متأخر في الطور عن التوتر:

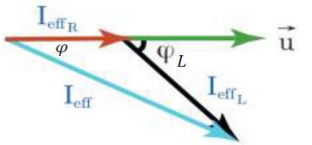
$$\bar{i_L} = I_{max_L}.\cos(wt + \varphi_L)$$

$$I_{eff_L} = \frac{I_{max_L}}{\sqrt{2}}$$

$$I_{max_L} = 10\sqrt{2}\ A$$

$$i_L = 10\sqrt{2}.cos(120\pi t - \frac{\pi}{3})$$

$$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_R}} + \overrightarrow{I_{eff_L}}$$



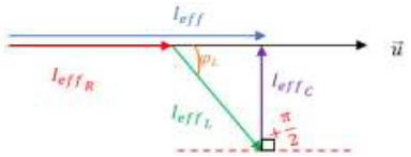
بالتربيع:

$$I_{eff}^2 = I_{eff_R}^2 + I_{eff_L}^2 + 2I_{eff_R}.I_{eff_L}.cos(\varphi_L)$$
$$I_{eff}^2 = (6)^2 + (10)^2 + 2\times 6\times 10\, cos(-\frac{\pi}{3})$$
$$I_{eff}^2 = 196$$
$$\Rightarrow I_{eff} = 14A$$

❺

$$P_{avg} = P_{avg_R} + P_{avg_L}$$
$$P_{avg} = U_{eff}.I_{eff_R}.cos\,\varphi_R + P_{avg_L}$$
$$P_{avg} = 120\times 6\, cos\, 0 + 600$$
$$\Rightarrow P_{avg} = 1320W$$
$$P_{avg} = U_{eff}.I_{eff}.cos\,\varphi$$
$$1320 = 120\times 14\, cos\,\varphi$$
$$\Rightarrow cos\,\varphi = \frac{11}{14}$$

❻



$$sin\,\varphi_L = \frac{I_{eff_C}}{I_{eff_L}} \Rightarrow I_{eff_C} = I_{eff_L}.sin\,\varphi_L$$
$$I_{eff_C} = 10\times\frac{\sqrt{3}}{2}$$
$$\Rightarrow I_{eff_C} = 5\sqrt{3}A$$
$$120 = \frac{1}{120\pi\mathcal{C}}\times 5\sqrt{3}$$
$$\Rightarrow c = \frac{\sqrt{3}}{2880\pi}F$$

المسألة السادسة : نصل طرفي مأخذ تيار متناوب جيبيّ توتره المنتج $U_{eff} = 100\,V$، وتواتره $50\ Hz$ إلى دارة تجوي على التسلسل مقاومة R، ومكثفة سعتها $c = \frac{1}{4000\pi}F$

المطلوب:

❶ احسب قيمة المقاومة إذا كان فرق الكمون المنتج بين طرفيها $60\,V$.

❷ نضيف على التسلسل إلى الدارة الابقة وشيعة مناسبة مهملة المقاومة بحيث تبقى الشدة المنتجة نفسها، احسب ذاتية هذه الوشيعة.

❸ نغير تواتر التيار في الدارة الأخيرة بحيث يحصل توافق بالطور بين شدة التيار والتوتر المطبق، احسب قيمة التواتر الجديد.

❹ تحذف المقاومة الصرفة من الدارة، ويُعاد ربط المكثفة على التفرع مع الوشيعة بين طرفي مأخذ التيار، احسب قيمة الشدة المنتجة الأصلية للدارة في هذه الحالة باستخدام إنشاء فرينل.

الحل:

❷ $w = 2\pi f = 2\pi\times 50 = 100\pi rad.s^{-1}$

على التسلسل

مقاومة R — مكثفة $C = \frac{1}{4000\pi}F$

❶

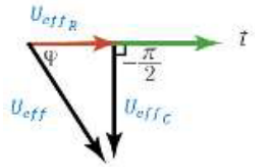
$$U_{eff_R} = R.I_{eff}$$

لحساب I_{eff} :

$$U_{eff_C} = X_C.I_{eff}$$
$$U_{eff_C} = \frac{1}{w.c}.I_{eff}$$

لحساب U_{eff_C} من إنشاء فرينل:

$$\varphi_C = -\frac{\pi}{2}\ rad\ ,\varphi_R = 0\ rad$$



حسب فيثاغورث:

$$U_{eff}^{\ 2} = U_{eff_R}^{\ 2} + U_{eff_C}^{\ 2}$$
$$(100)^2 = (60)^2 + U_{eff_C}^{\ 2}$$
$$U_{eff_C}^{\ 2} = 6400 \Rightarrow U_{eff_C} = 80\,V$$

نعوض في U_{eff_C}:

$$80 = \frac{1}{100\pi\times\frac{1}{4000\pi}}.I_{eff} \Rightarrow \boxed{I_{eff} = 2\,A}$$

نعوض في U_{eff_R}:

$$60 = R\times 2$$
$$\Rightarrow R = 30\Omega$$

I_{eff} و U_{eff} نفسه:

$$I_{eff} = I_{eff}$$

للدارة الثانية — للدارة الأولى

$$\frac{U_{eff}}{Z} = \frac{U_{eff}}{Z'}$$
$$Z = Z'$$
$$\sqrt{R^2 + X_C^{\ 2}} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

نربع الطرفين، فيصبح:

$$R^2 + X_C^{\ 2} = R^2 + (X_L - X_C)^2$$
$$X_C^{\ 2} = (X_L - X_C)^2$$

نجذر الطرفين:

إما

$X_C = X_L - X_C$

$X_L = 2X_C$

$L\omega = 2\frac{1}{\omega C}$

أو

$-X_C = X_L - X_C$

$X_L = 0$

مرفوض

$L = \frac{4}{5\pi}H \Leftarrow L \times 100\pi = 2\frac{1}{100\pi\frac{1}{4000\pi}}$

❸ الشدة والتوتر على توافق بالطور ⟸ حالة تجاوب كهربائيّ.

$$L w_r = \frac{X_C}{w_r C}$$

$$L \times 2\pi f_r = \frac{1}{2\pi f_r C}$$

$$f_r^2 = \frac{1}{4\pi^2 . L . C}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{4}{5\pi}\times\frac{1}{4000\pi}}}$$

$$\Rightarrow f_r \approx 35.35\,Hz$$

❹

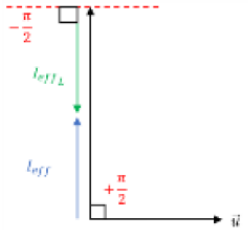
$U_{eff} = 100\,V$

$U_{eff} = X_L . I_{eff_L}$

$U_{eff} = L w . I_{eff_L}$

$100 = \frac{4}{5\pi}\times 100\pi . I_{eff_L}$

$$\Rightarrow I_{eff_L} = \frac{5}{4} = 1.25\,A$$



$U_{eff} = I_{eff_C} X_C$

$U_{eff} = I_{eff_C} \times \frac{1}{\omega C}$

$100 = I_{eff_C} \times \frac{1}{100\pi\frac{1}{4000\pi}}$

$I_{eff_C} = 2.5\,A$

$\overrightarrow{I_{eff}} = \overrightarrow{I_{eff_C}} + \overrightarrow{I_{eff_L}}$

حيث $I_{eff} = I_{eff_C} - I_{eff_L} = 2.5 - 1.25$

$I_{eff} = 1.25\,A$

البحث السادس : المحولات الكهربائية

س1- عرف المحولة الكهربائية، وكيف تفسر علمها عند تطبيق توتر متناوب جيبي؟ ثم اكتب العلاقة المعبرة عن نسبة التحويل.

المحولة الكهربائية: جهاز كهربائي يعتمد على حادثة التحريض الكهرطيسي، يعمل على تغيير التوتر المنتج والشدة المنتجة للتيار المتناوب دون أن يُغير تقريباً من الاستطاعة المنقولة أو من تواتر التيار أو شكل اهتزاز التيار.

عند تطبيق توتر متناوب جيبي بين طرفي الدارة الأولية يمر فيها تيار متناوب جيبي فيتولد داخلها حقل مغناطيسي متناوب، تعمل النواة الحديدية على تمرير كامل تدفقه إلى الدارة الثانوية تقريباً، تتولد في الدارة الثانوية قوة محركة كهربائية متحرضة تساوي التوتر المتناوب الجيبي بين طرفيها بإهمال مقاومة أسلاك الوشائع في المحولة فيمر فيها تيار كهربائي متناوب له تواتر التيار المار في الأولية.

$$\mu = \frac{N_s}{N_p} = \frac{U_{eff_s}}{U_{eff_p}} = \frac{U_{eff_p}}{U_{eff_s}}$$

س2- عدد اشكال الاستطاعة الضائعة في المحولة الكهربائية، وكيف يمكن تحسين كفاءة عمل المحولة.

1- استطاعة ضائعة حرارياً:

A- استطاعة ضائعة حرارياً في الدارة الأولية:

$P_P' = R_P\, I_{eff_P}^2$

B- استطاعة ضائعة حرارياً في الدارة الثانوية:

$P_s' = R_s\, I_{eff_s}^2$

C- استطاعة كلية ضائعة حرارياً:

$P_E = P_P' + P_s'$

2- استطاعة كهربائية ضائعة مغناطيسياً نتيجة هروب جزء من خطوط الحقل المغناطيسي خارج النواة الحديدية P_M.

س3- عرّف مردود المحولة الكهربائية، ثم استنتج علاقة هذا المردود مع ذكر دلالات الرموز، وكيف نجعل المردود يقترب من الواحد؟

- هو نسبة الاستطاعة الكهربائية المفيدة التي نحصل عليها من الدارة الثانوية إلى الاستطاعة الكهربائية الداخلة إلى الدارة الأولية.

$$\eta = \frac{P - \dot{P}}{P} = 1 - \frac{\dot{P}}{P} = 1 - \frac{RI_{eff}^2}{U_{eff}\, I_{eff}}$$

$$= 1 - R\,\frac{I_{eff}}{U_{eff}}$$

وذلك باعتبار عامل الاستطاعة قريباً جداً من الواحد.

حيث أن

P الاستطاعة المتولدة من منع التيار المتناوب.

$\dot{P}$ الاستطاعة الضائعة حرارياً في أسلاك النقل بفعل جول

U_{eff} التوتر المنتج بين طرفي المنبع.

I_{eff} شدة التيار المنتجة

R مقاومة أسلاك النقل.

لكي يقترب المردود من الواحد: يجب تصغير مقاومة أسلاك النقل R أو تكبير U_{eff} يتم ذلك باستعمال محولات رافعة للتوتر عند مركز توليد التيار ثم خفضه على مراحل عند الاستخدام (حيث يتم التقليل من الطاقة الكهربائية الضائعة بفعل جول، مما يحسن من مردود النقل).

المسألة الأولى :

يبلغُ عددُ لفّاتٍ أوليّة مُحوَّلة كهربائيّة $N_p = 125$ لفّة وعددُ لفّاتِ ثانويتُها $N_s = 375$ لفّة، والتّوتر اللحظيّ بينَ طرفَي الثانويّة يُعطى بالمُعادلة $u_s = 120\sqrt{2}\cos 100\pi t\,(\mathrm{V})$:

المطلوب:

1. احسبْ نسبةَ التّحويل، ثمّ بيّنْ إنْ كانت المحوّلةُ رافعةً للتوتّرِ أم خافضةً له.
2. احسبْ قيمةَ التوتُّر المُنتج بينَ طرفَي كل من الدّارة الثانويّة و الأوليّة.
3. نصلُ طرفَي الدّارة الثانويّة بمُقاومةٍ صرفٍ $R = 30\,\Omega$، احسبْ قيمةَ الشّدّةِ المُنتجةِ للتيّار المارّ في الدّارة الثانويّة.
4. نصلُ على التّفرُّع مع المُقاوَمة السّابقة وشيعةً مُهمَلةَ المُقاوَمة، فيمرُّ في فرع الوشيعة تيّارٌ شدّتُه المُنتجة $I_{eff} = 3\,\mathrm{A}$، احسبْ رديّة الوشيعة، ثمَّ اكتب التابعَ الزّمني لشدّةِ التيّار المارّ في الوشيعة.
5. احسبْ قيمةَ الشّدّة المُنتجة الكلّيّة في الدّارة الثانويّة باستخدام إنشاء فرينل.
6. احسبْ قيمةَ الاستطاعةِ المُتوسّطة المُستهلَكة في الدّارة، وعاملَ استطاعةِ الدّارة.

المسألة الثانية :

يبلغُ عددُ لفات وشيعة أوليّة مُحوِّلة 125 لفة، وفي ثانويتها 375 لفة. نطبقُ بينَ طرفي الدّارة الأوّليّة فرقَ كمونٍ مُتّجٍ قيمتُه 10 V، ونصلُ طرفَي الثّانوية بمُقاوَمةٍ صرفٍ R مغمورةٍ في مسعرٍ يحوي 600 g من الماء، مُعادلُه المائيّ مُهمَلٌ، فترتفعُ حرارتُه 2.14°C خلالَ دقيقةٍ واحدة.

المطلوب:

1. احسب قيمةَ المُقاوَمة R.
2. احسب الشّدّتَين المُنتِجتَين في دارتَي المُحوِّلة باعتبارِ مردودِها يُساوي الواحد.
3. نصلُ على التفرُّع بينَ طرفَي المُقاوَمة وشيعةُ مُهمَلة المُقاوَمة فتصبحُ الشّدّةُ المُنتِجة الكلّيّة في الدّارة الثانويّة 5 A

المطلوب حساب:

a. الشّدّةِ المُنتِجةِ للتيّار في فرع الوشيعة باستخدام إنشاء فرينل، ثمّ اكتبْ تابعَ الشّدّة اللّحظيّة.

b. ذاتيّةِ الوشيعة.

c. الاستطاعةِ المُتوسّطةِ في جملة الفرعَين.

الالكترونيات (النماذج الذرية والطيوف)

س1- عدد المبادئ الرئيسية التي اعتمد عليها بور في شرح الطيوف الذرية.

1- إن تغير طاقة الذرة مُكمم.

2- لا يمكن للذرة أن تتواجد إلا في حالات طاقية مُحددة، كل حالة منها تتميز بسوية طاقية مُحددة.

3- عندما ينتقل الإلكترون في ذرة مثارة من سوية طاقية E_2 إلى سوية طاقية E_1 فإن الذرة تُصدر فوتوناً طاقته تساوي فرق الطاقة بين السويتين أي: $\Delta E = E_2 - E_1 = hf$

س2- ما طبيعة حركة الإلكترون على مساره؟ وما هي القوى التي يخضعُ لها الإلكترون؟

إن حركة الإلكترون حول النواة هي حركة دائرية منتظمة، يخضع الإلكترون لقوتين:

1- القوة الكهربائية $\vec{F_E}$: الناجمة عن جذب النواة (البروتون) للالكترون، تعطى شدتها.

$$F_E = K\frac{e^2}{r^2}$$

2- قوة المطالة النابذة: $\vec{F_C}$ الناجمة عن الدوران تُعطى شدتها:

$$F_C = m_e a_c = m_e \frac{v^2}{r}$$

س3- عدد فرضيات بور:

الفرض الأول: حركة الإلكترون حول النواة هي حركة دائرية منتظمة أي:

$$F_E = F_C \Rightarrow K\frac{e^2}{r^2} = m_e\frac{v^2}{r}$$

الفرض الثاني: للالكترون على مساره دائرية منتظمة

$$m_e\, vr = n\,\frac{h}{2\pi}$$

الفرض الثالث: لا يُصدر الإلكترون ولا يمتص طاقة طالما بقي متحركاً في أحد مداراته لكنه يمتص طاقة بكميات مُحددة عندما ينتقل من مداره إلى مدار أقرب إلى النواة.

$$\Delta E = h\,f$$

س4- استناداً إلى فرضيات بور استنتج العلاقة المحددة لنصف قطر مسار الإلكترون في ذرة الهيدروجين والطاقة الكلية له، وماذا تستنتج؟

إن حركة الإلكترون حول النواة هي حركة دائرية منتظمة أي:

$$F_E = F_C \Rightarrow K\frac{e^2}{r^2} = m_e\frac{v^2}{r}$$

$$\Rightarrow v^2 = K\frac{e^2}{m_e r}$$

ومنه الطاقة الحركية

$$E_K = \frac{1}{2}m_e\ v^2 = \frac{1}{2}\ m_e\ K\frac{e^2}{m_e r}$$

الطاقة الكامنة الكهربائية

$$E_K = \frac{1}{2}K\frac{e^2}{r}$$

وبالتالي الطاقة الميكانيكية الكلية للإلكترون:

$$E = E_K + E_P = \frac{1}{2}K\frac{e^2}{r} - K\frac{e^2}{r}$$

$$E = -\frac{1}{2}k\ \frac{e^2}{r}$$

للالكترون عزم حركي يعطى بالعلاقة:

$$m_e\, v\, r = \frac{nh}{2\pi}$$

$$m_e\, v\, r = \frac{nh}{2\pi} \Rightarrow m_e^2 v^2 r^2 = \frac{n^2h^2}{4\pi^2}$$

$$v^2 = \frac{n^2\ h^2}{4\pi^2 m_e^2 r^2}$$

$$E_K = \frac{1}{2}m_e v^2 = \frac{1}{2}m_e\ \frac{n^2\ h^2}{4\pi^2 m_e^2 r^2}$$

$$E_K = \frac{1}{2}\ \frac{n^2\ h^2}{4\pi^2 m_e r^2} = \frac{1}{2}K\frac{e^2}{r}$$

ومنه:

$$r = r_n = \frac{n^2\ h^2}{4\pi^2 m_e K e^2}$$

من أجل $n = 1$

$$r_0 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e K e^2}$$ نصف قطر بور

وبالتالي:

$$r = r_n = n^2\ r_0$$

$$E = -\frac{1}{2}\ K\ \frac{e^2}{\frac{n^2h^2}{4\pi^2 m_e K e^2}}$$

$$E = E_n = -\frac{2\pi^2 m_e k^2 e^4}{n^2 h^2}$$

$$E_0 = \frac{-2\pi^2 m_e k^2 e^4}{h^2} = -13.6\ eV$$

هي طاقة الحالة الأساسية للهيدروجين

نستنتج أنه لكي تتأين ذرة الهدروجين يجب إعطاؤها طاقة تكفي لنقل الإلكترون من السوية الأساسية إلى حالة عدم الارتباط أي إلى طاقة معدومة أي يلزم إعطاء طاقة أكبر أو تساوي: $13.6\ e\ V$.

س5- مما تتألف الطاقة الكلية للإلكترون في مداره في جملة (إلكترون – نواة)؟ وكيف تزداد؟

قسم سالب: هو الطاقة الكامنة الكهربائية نتيجة تأثره بالحقل الكهربائي الناتج عن النواة.

قسم موجب: هو الطاقة الحركية الناتجة عن دورانه حول النواة وتعطى بالعلاقة:

$$E_n = E_P + E_K = -\frac{13.6}{n^2}$$

1- طاقة الإلكترون سالبة لأنها طاقة ارتباط تشكل طاقة التجاذب الكهربائية الجزء الأكبر منها.

2- تتناسب طاقة الإلكترون بالقيمة المطلقة عكساً مع مربع رتبة المدار n الذي يدور فيه الإلكترون.

3- تزداد طاقة الإلكترون بازدياد رتبة المدار n أي كلما ابتعد الإلكترون عن النواة.

س6- ما منشا الطيوف الذرية؟ وما هي انواعها؟

إن الطيف الذري مكوّن من عدد من الخطوط الطّيفية بتواتراتٍ مختلفة كلٌ من هذه الخطوط يمثل انتقال الإلكترون بين سويتين طاقيتين في الذرة.

الطيوف نوعان:

الطيوف المستمرة: هي الطيوف التي تظهر فيها جميع ألوان الطيف على هيئة مناطق متجاورة من دون وجود فواصل بينها، مثل طيوف إصدارات الأجسام الصّلبة السّاخنة.

الطيوف المتقطعة: مجموعة من الخطوط الطيفية المنفصلة وتنتج عن المصابيح الغازية.

انتزاع الالكترونات وتسريعها

س1- عرف طاقة انتزاع الإلكترون E_s من سطح المعدن، وبماذا تتعلق؟ ثم استنتج باستخدام العلاقات الرياضية المناسبة العلاقة المعبرة عنها مع ذكر دلالات الرموز، ثم بيّن ماذا يحدُث للإلكترون في كل من الحالات الآتية:

$$(E > E_s \quad E = E_s \quad E < E_s)$$

هي الطاقة الدّنيا اللّازمة لانتزاع الإلكترون من سطح معدن، تتعلق بمتحولات المعدن مثل العدد الذّري، كثافة المعدن، طبيعة الرّوابط، لانتزاع إلكترون حر من سطح معدن ونقله مسافة صغيرة $d\ell$ خارج المعدن يجب تقديم طاقة أكبر من عمل القوة الكهربائية التي تجذب الإلكترون نحو داخل المعدن.

$$E_s = W_s = Fd\ell = eEd\ell$$

لكن:

$$U_s = Ed\ell$$

$$E_s = W_s = eU_s$$

E_s : طاقة الانتزاع W_s : عمل الانتزاع

U_s : فرق كمون الانتزاع بين سطح المعدن والوسط الخارجي المجاور.

E : الحقل الكهربائي المتولد عن الأيونات الموجبة عند سطح المعدن.

$\boldsymbol{E < E_s}$: لا ينتزع الإلكترون ويبقى منجذباً نحو داخل الكتلة المعدنية.

$\boldsymbol{E = E_s}$ يتحرر الإلكترون من سطح المعدن بسرعة ابتدائية معدومة.

$\boldsymbol{E > E_s}$ يتحرر الإلكترون من سطح المعدن ومعه سرعة ابتدائية

$$E_K = E - E_s \Rightarrow \frac{1}{2}m_e v^2 = E - E_s$$

$$v = \sqrt{\frac{2(E - E_s)}{m_e}}$$

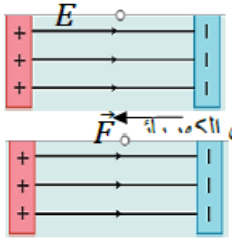
س2- عدد طرق انتزاع إلكترون من سطح معدن.

1- الفعل الكهرضوئي: تقدم الطاقة اللازمة لانتزاع (e) من سطح المعدن على شكل طاقة ضوئية $E = h f$

2- الفعل الكهرحراري: تقدم الطاقة اللازمة لانتزاع الإلكترون من سطح المعدن على شكل طاقة

3- مفعول الحت: تُقدم الطاقة اللازمة لانتزاع الإلكترون عن طريق قذف سطح المعدن بحزمةٍ من الجسيمات ذات الطاقة الكافية.

س4- ادرس حركة إلكترون ساكن من اللبوس السالب إلى اللبوس الموجب لمكثفة مُستنتجاً العلاقة المحددة لسرعة خروج الإلكترون من نافذة مقابلة في اللبوس الموجب.



جملة مقارنة: خارجية.

القوى الخارجية المؤثرة:

$\vec{F}$ القوة الكهربائية لها حامل الحقل الكهربائي

$\vec{E}$ وتعاكسه بالجهة وشدتها ثابتة.

$F = eE$

ثقل الإلكترون مهمل

$$\sum \vec{F} = m_e\vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m_e\vec{a}$$

$$F = m_e a \Rightarrow eE = m_e a$$

$$e\frac{U}{d} = m_e a$$

$$a = \frac{e\,U}{m_e d} = const$$

بما أن الحركة بدأت من السكون، والتسارع ثابت فالحركة مستقيمة متسارعة بانتظام وبالتالي:

$$v^2 - v_0^2 = 2ax$$

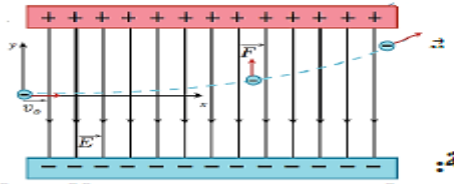
فعند وصول الإلكترون إلى نافذة اللبوس الموجب فإن $x = d$ وبالتالي:

$$v^2 - 0 = \frac{2eU}{m_e d}d \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}}$$

نستنتج: أنه تزداد سرعة خروج الإلكترون من نافذة اللبوس الموجب بزيادة فرق الكمون بين اللبوسين.

س5- ادرس حركة إلكترون يتحرك بسرعة $\vec{v}$ ليدخل بين اللبوسين الأفقيين لمكثفة عمودياً على شعاع الحقل الكهربائي $\vec{E}$ $\vec{v} \perp \vec{E}$ مُستنتجاً معادلة حامل المسار.

الجملة المدروسة: إلكترون يدخل منطقة يسودها حقل كهربائي منتظم بسرعة ابتدائية $\vec{v_0} \perp \vec{B}$



جملة مقارنة:

الجملة المدروسة: الإلكترون داخل منطقة الحقل الكهربائي المنتظم.

القوى الخارجية المؤثرة: $\vec{F} = e\,\vec{E}$ القوة الكهربائية

ثقل الإلكترون مهمل

نطبق قانون نيوتن الثاني

$$\sum \vec{F} = m_e\vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m_e\vec{a}$$

بالإسقاط على $\overrightarrow{ox}$:

$$o = m_e a_x \Rightarrow a_x = 0$$

والحركة مستقيمة منتظمة

$$v_o = v = const$$

وبالتالي:

$$x = v_x t + x_o$$

$$x = v\,t \quad \ldots . ①$$

بالإسقاط على $\overrightarrow{oy}$:

$$F = m_e a_y \Rightarrow a_y = \frac{F}{m_e} = \frac{eE}{m_e} = \frac{eU}{m_e d} = const$$

والحركة مستقيمة متسارعة بانتظام:

$$y = \frac{1}{2}a_y t^2 + v_{oy}t + y_o$$

$$y = \frac{1}{2}\frac{eU}{m_e d}\,t \ldots . ②$$

من 1 نجد: $t = \frac{x}{v}$

نعوض في ②:

$$y = \frac{e\,U}{2m_e\,dv^2}\,x^2$$

المسار محمول على جزء من مقطع مكافئ.

الأشعة المهبطيّة

س1- عرف الإنفراغ الكهربائي والأشعة المهبطية، ثم اكتب شرطي توليدها.

الانفراغ الكهربائي: هو شرارة كهربائية تحدث عبر العازل بين جسمين مشحونين بفرق كمون كافٍ.

الأشعة المهبطية: هي عبارة عن إلكترونات منتزعة من مادة المهبط ومن إلكترونات تأيّن الذرات الغازية بجوار المهبط يُسرعها الحقل الكهربائي الشديد الناتج عن التوتر المطبق بين قطبي أنبوب التفريغ الكهربائي.

شرطا توليد الأشعة المهبطية:

1- فراغ كبير في الأنبوب يتراوح الضغط فيه بين $(0.01 - 0.001\ mmHg)$

2- توتر كبير نسبياً بين قطبي الأنبوب يولد حقلاً كهربائياً شديداً بجوار المهبط.

س2- اشرح آلية توليد الأشعة المهبطية.

عند تطبيق توتر كهربائي كبير بين قطبي الأنبوب تتجه الأيونات الموجبة نحو المهبط بسرعة كبيرة حتى تصل إلى المهبط وتصدمه، فيتم انتزاع لتبتعد عنه نظراً لشحنتها السالبة ويسرعها الحقل الكهربائي لتصدم من جديد، في أثناء توجّهها نحو المصعد، ذراتٍ غازية جديدة وتسبب تأيّنها، وتتشكل أيّونات موجبة جديدةٌ تتجه نحو المهبط لتولد إلكترونات جديدة.

س3- عدد خواص الأشعة المهبطية.

1-- تنتشر وفق خطوط مستقيمة ناظمية على سطح المهبط

2- - تسبب تألق بعض الأجسام 3- ضعيفة النفوذية

4- تحمل طاقة حركية 5- تتأثر بالحقل الكهربائي

6- تتأثر بالحقل المغناطيسي 7- تنتج أشعة سينية

8- تؤين الغازات.

الفعل الكهرحراري

س1- ما هو الفعل الكهرحراري؟ اشرح آلية حدوثه. (علل تكوّن سحابة إلكترونية حول المعدن في الفعل الكهرحراري، وما هي العوامل التي تؤثر على عدد الإلكترونات المُنتزعة من سطح المعدن).

هو انتزاع إلكترونات حرة من سطح معدن بتسخينه إلى درجة حرارة مناسبة.

حيث أنه باستمرار التسخين يزداد خروج الإلكترونات من ذرّات سطح المعدن وتزداد شحنة المعدن مما يزيد من قوة جذب المعدن للإلكترونات المنطلقة فتتشكل سحابة إلكترونية، كثافتها ثابتة حول سطح المعدن، حيث يزداد عدد الإلكترونات المُنتزعة من سطح المعدن كلما: قل الضغط المحيط بسطحه، ارتفعت درجة حرارة المعدن.

س2- عدد أجزاء راسم الاهتزاز الإلكتروني، ومم يتألف كل جزء منه.

1-المدفع الإلكتروني: يتألف من:

A- **المهبط:** صفيحة معدنية يطبق عليها توتر سالب يُصدر إلكترونات بالفعل الكهرحراري.

B- **شبكة وهنلت:** أسطوانة تحيط بالمهبط في قاعدتها ثقب ضيق تعمل على ضبط الحزمة الإلكترونية عن طريق تجميع الإلكترونات الصادرة على محور الأنبوب، التحكم بعدد الإلكترونات النافذة من ثقبها

3 مصعدان: لتسريع الحزمة الإلكترونية بتطبيق توتر عال

2- الجملة الحازمة: تتألف من:

A- مكثفة لبوساها أفقيان ومكثفة مستوية لبوساها شاقوليان.

3- الشاشة المتألقة: تتألف من: الزجاج، والغرافيت، وكبريت الزّنك.

س3- ما هو الدور المزدوج لشبكة وهلنت لضبط الحزمة الإلكترونية؟

1- تجميع الإلكترونات الصادرة عن المهبط في نقطة تقع على محور الأنبوب.

2- التحكم بعدد الإلكترونات النافذة من ثقبها من خلال تغيير التوتر السالب المطبق على الشبكة مما يغير من شدة إضاءة الشاشة.

الفعل الكهرضوئي

س1- عدد خواص الفوتون.

1- الفوتون هو جسيم يواكب موجة كهرطيسية تواترها f

2- شحنته الكهربائية معدومة.

3- يتحرك بسرعة انتشار الضوء في الخلاء (C).

4- طاقته تساوي $E = hf$

5- يمتلك كمية حركة.

$$P = mc \qquad E = mc^2$$

$$P = \frac{E}{C^2}C = \frac{E}{C} = \frac{hf}{\lambda f} = \frac{h}{\lambda}$$

س2- في تجربة هرتز صف ما يطرأ على انفراج ورقتي الكاشف المنفرجتين عند تعويض صفيحة التوتياء المشحونة بشحنة سالبة لضوء مصباح بخار الزئبق.

- عند تعريض صفيحة التوتياء لأشعة المصباح تُنتزع بعض الإلكترونات الحرة من صفيحة التوتياء بالفعل الكهرضوئي.

- عند وضع لوح زجاجي لا يتغير انفراج وريقتي الكاشف الكهربائي لأن اللوح الزجاجي يمتص الأشعة فوق البنفسجية المسؤولة عن انتزاع الإلكترونات، بينما يسمح بمرور الأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء التي لا تمتلك الطاقة الكافية لانتزاع الإلكترونات.

س3- اشرح الفعل الكهرضوئي بالاستناد إلى فرضية أينشتاين

اقترح أينشتاين أنه عندما يسقط فوتون على معدن فإن هذا الفوتون يتم امتصاصه عن طريق تقديم طاقته للإلكترون، وهنا لدينا ثلاث إمكانيات:

- إذا كانت طاقة الفوتون مساوية لعمل الانتزاع فإن ذلك يؤدي إلى انتزاع الإلكترون وخروجه من المعدن ولكن بطاقة حركية معدومة وتواتر الموجة يُمثل تواتر العتبة اللازمة لنزع الإلكترون.

$$E = E_s \Longrightarrow f = f_s \Longrightarrow \lambda = \lambda_s$$

- **إذا كانت طاقة الفوتون أكبر من عمل النزع:** يجري انتزاع الإلكترون من المعدن باستهلاك جزء من طاقة الفوتون يساوي E_s ويبقى الجزء الأكبر مع الإلكترون على شكل طاقة حركية

$$E_K = hf - E_s$$

$$E > E_s \Longrightarrow f > f_s \Longrightarrow \lambda < \lambda_s$$

- إذا كانت طاقة الفوتون أصغر من طاقة الانتزاع يكتسبُ الإلكترون طاقة حركية، ويبقى مرتبطاً بالمعدن.

نستنتج أنه يجري انتزاع الإلكترونات من المعدن إذا كان طول موجة الحزمة الضوئية الواردة على المعدن أصغر أو مساوياً لطول موجة العتبة اللازمة للانتزاع.

$$\lambda \leq \lambda_s$$

س4- قارن بين فرضية أينشتاين والنظرية الموجية الكلاسيكية

معادلة أينشتاين	النظرية الموجية الكلاسيكية
لا يحدث الفعل الكهرضوئي إذا كان تواتر الضوء الوارد أقل من تواتر العتبة	يحدث الفعل الكهرضوئي عند جميع التواترات بحسب شدة الضوء الوارد.
لا تزداد الطاقة الحركية للإلكترون بزيادة شدة الضوء الوارد.	تزداد الطاقة الحركية للإلكترون المُنتزع بزيادة شدة الضوء الوارد.
تزداد الطاقة الحركية العظمى للإلكترون المنتزع بزيادة تواتر الضوء الوارد.	لا علاقة بين طاقة الإلكترون وتواتر الضوء الوارد
يحدث انتزاع للإلكترونات من سطح المعدن آنياً	يحتاج الإلكترون لزمن امتصاص الفوتون الوارد حتى ينتزع.

س5- مما تتألف الخلية الكهرضوئية؟ اشرح الية عملها.

تتألف من حبابة زجاجية من الكوارتز مخلاة من الهواء، تحتوي: **مسرى معدني:** يُغطى سطحه بطبقة رقيقة من معدن قلوي تتلقى الضوء يسمى المهبط، **مسرى آخر:** هو المصعد

- عند تعرض المهبط للحزمة الضوئية تُنتزع بعض الإلكترونات من الصفيحة وتنطلق بسرعة غير معدومة.
- عندما يكون كمون المصعد أعلى من كمون المهبط تعملُ القوة الكهربائية على تسريع الإلكترونات المتجهة إلى المصعد، ويزداد بذلك عدد الإلكترونات التي تصل إليه، فتزداد شدة التيار نتيجة لذلك حتى تصل قيمتها العظمى I_S فنقول إن التيار وصل إلى حالة الإشباع.
- عندما يكون كمون المهبط أعلى من كمون المصعد عندئذٍ لا يمرّ تيار كهربائي في الخلية ويسمى هذا الكمون بكمون الإيقاف U_0

الأشعة السّينيّة

س1- ما هي الأشعة السينية؟ اشرح آلية توليدها

- هي أمواج كهرطيسية، اطوال موجاتها قصيرة جداً.
- تنتزع الإلكترونات من سلك التّنغستين نتيجة تسخينه، ثم يتم تسريع الإلكترونات المنتزعة بالحقل الكهربائي الشديد المطبق بين المصعد والمهبط، تصطدم الإلكترونات المسرعة بذرات الهدف، مما يؤدي إلى انتزاع إلكترون من إلكترونات الطبقة الداخلية في ذرات الهدف، ويخلف وراءه ثقباً، ينتقل أحد إلكترونات من الطبقات الأعلى لذرات مادة الهدف بسرعة ليحلّ في الثقب، ويترافق ذلك بإصدار فوتونات ذات طاقة عالية جداً تمثل الأشعة السينيّة.

س2- ما هو أقصر طول موجة يمكن أن تنطلق به فوتونات الأشعة السينية؟ وعلى ماذا يتوقف ذلك؟

الطاقة العظمى لوتونات = الطاقة الحركية للإلكترونات المسرعة التي تسبب إصدارها

$$E = E_k$$

$$hf_{max} = e\,U_{AC} \Rightarrow h\,\frac{C}{\lambda_{min}} = eU_{AC}$$

$$\lambda_{min} = \frac{hc}{e\,U_{AC}}$$

نستنتج أن أقصر طول موجة لفوتون الأشعة السينية يتوقف على فرق الكمون الكهربائي المطبق بين طرفي أنبوب توليد الأشعة السينية.

س3- عدد خواص الأشعة السينية، مع الشرح.

- ذات طبيعة موجبة، فهي أمواج كهرطيسية أطوال موجاتها قصيرة.
2- ذات قدرة عالية على النفاذ بسبب قصر طول موجتها.
3- تصدر عن ذرات العناصر الثقيلة نسبياً بعد تهييجها بطريقة مناسبة أو من الإلكترونات المُسرعة بعد كبحها ضمن وسط مادي.
4- تشبه الضوء المرئي من حيث الانتشار المستقيم والانعكاس والتداخل والانعراج وسرعة انتشارها تساوي سرعة انتشار الضوء في الخلاء.
5- لا تملك شحنة كهربائية، فلا تتأثر بالحقلين الكهربائي والمغناطيسي.
6- تسبب تألق المواد التي تسقط عليها بسبب قدرتها على إثارة ذرات هذه المواد، وتؤثر في أفلام التصوير.
7- تؤثر في الأنسجة الحية تتخرب الخلايا الحية إذا استمر تعرضها لهذه الأشعة، لذا تستعمل الألبسة التي يدخل في تركيبها الرصاص للوقاية من الحروق التي تسببها هذه الأشعة.
8- تؤين الغازات: فوتونات الأشعة السينية ذات طاقة كبيرة تكفي لتأيين الغاز الذي تخترقه.

س4- على ماذا تتوقف قابلية امتصاص ونفاذ الأشعة السينية.

***A*- ثخن المادة:** تزداد نسبة امتصاصها كلما ازداد ثخنها.

***B*- كثافة المادة:** تزداد نسبة امتصاصها بازدياد كثافة المادة كالرصاص والذهب والعظام، تزداد نسبة النافذة منها بنقصان كثافة المادة كالخشب والبلاستيك وجلد الإنسان لذلك يستخدم نوع منها في تشخيص الكسور عند تعرض الإنسان لحادث.

***C*-طاقة الأشعة:** يزداد امتصاصها بنقصان طاقتها.

س5- عدد أنواع الأشعة السينية من حيث الطاقة.

الأشعة اللينية: طاقتها منخفضة وامتصاصها كبير ونفوذها قليل.
الأشعة القاسية: طاقتها عالية وامتصاصها قليل ونفوذها كبير.

س6- قارن بين الأشعة السينية والفعل الكهرضوئي.

الأشعة السينية	الفعل الكهرضوئي
ترد الكترونات سريعة وتتحرر أمواجاً كهرطيسية	ترد فوتونات تواكب أمواجاً كهرطيسية

أشعة الليزر.

س1- عرف الليزر.

- هو عبارة عن اشعاع كهرطيسي (موجات كهرطيسية مكونة من فوتونات عالية الطاقة متساوية بالتواتر ومتفقة بالطور والاتجاه وتندمج مع بعضها لتصبح على هيئة حزمة ضوئية طاقتها عالية وذات تماسك شديد.

س2- ما الفرق بين الإصدار المحثوث والإصدار التلقائي في الليزر؟

الإصدار التلقائي:	**الإصدار المحثوث:**
- يحدثُ بوجودِ حزمةٍ ضوئيّة واردة أو بعدمِ وجودِها. - يحدثُ في جميعِ الاتّجاهات. - طورُ الفوتون الصّادرُ يُمكِنُ أن يأخذَ أيَّ قيمة.	- يحدثُ بوجودِ حزمةٍ ضوئيّة - جهةُ الفوتون الصّادر هي نفسُ جهة الفوتون الوارِد. - طورُ الفوتون الصّادر يطابقُ طورَ الفوتون الوارِد

س3- عدد خواص حزمة الليزر.

1- وحيدة اللون: أي لها ذات التواتر.
2- مترابطة بالطور: فوتونات الإصدار المحثوث لها طور الفوتون الذي حثها نفسه.
3- انفراج حزمة الليزر صغير: بالابتعاد عن المنبع.

س4- عدد مكونات جهاز الليزر.

1) الوسط الفعال: وهو المادة الفعالة وندعوها الوسط المضخم وهي المادة التي تتم إثارتها لكي تصدر الليزر.
لدينا احتمالات: عند إثارة الذرات

عدد الذرات المثارة N^*

عدد الذرات غير المثارة $N >$

عدد الفوتونات الناتجة عن طريق الإصدار المحثوث سيكون أكبر من عدد الفوتونات التي يتم امتصاصها وهذا يؤدي لزيادة شدة الحزمة الضوئية بعد عبورها الوسط ⇐ وسط مضخم يصلح لتوليد الليزر.

$N^* < N$ عدد الفوتونات الناتجة عن طريق الاصدار المحثوث سيكون أقل من عدد الفوتونات التي يتم امتصاصها و هذا يؤدي لنقصان شدة الحزمة الضوئية بعد عبورها الوسط ⇐ وسط لا يمكن أن يولد الليزر.

2) حجرة التضخيم: تتكون مرآتين مستويتين أو إحداهما مستوية والوسط المضخم (مادة فعالة) يكون بينهما، تسمح كل منهما للحزمة الضوئية بالانعكاس من جديد باتجاه الوسط المضخم وتكون احداهما عاكسة كليا والثانية عاكسة جزئيا مما يسمح لخروج الحزمة الضوئية للوسط الخارجي الذي يشكل الليزر جزء منه والهدف منها إطالة الميسر الضوئي لزيادة عدد الإصدارات.

3) جملة الضخ: وهي مؤثر خارجي يؤثر على الوسط المضخم يقوم بتقديم طاقة للوسط المضخم الذي يعمل على إثارة الذرات الأساسية.
طرق الضخ: (الضوئي، الكهربائي، الكيميائي)

الفيزياء الفلكية

مفاهيم: اشعاع الكواكب يبدو أكثر ثبات من اشعاع النجوم
مواقع الكواكب متغيرة أما النجوم تبدو ثابتة
تتحرك الكواكب في مجال معين بالنسبة لمراقب على الأرض أما النجوم تنتشر على امتداد القبة السماوية
تبدو الكواكب واضحة والنجوم نقاط مضيئة باستخدام التلسكوب ويمكن التمييز بين النجوم والمجرات.

- تشكل النجوم وفق نظرية السديم.

يبدأ التفاعل النووي داخل النجم عندما تنهار سحابة مكونة من الغاز والجسيمات (وهي السديم) تحت تأثير الضغط الناتج عن جاذبيتها فيولد هذا الانهيار كرة كبيرة من الضوء ويبدأ الاندماج بين الذرات تحت تأثير الضغط والحرارة المرتفعين فيندمج الهيدروجين الذي يشكل النسبة الأكبر من النجم ليتحول إلى هيليوم وتصدر الطاقة نتيجة نقص الكتلة وفق علاقة آينشتاين $\Delta E = \Delta m\, c^2$

الاشعاع النجمي

- الانزياح نحو الأحمر.

لاحظ العالم "هابل" انزياح الطيف الصادر عن المجرات نحو اللون الأحمر.

- تأثير دوبلر: عندما يكون منبع الاهتزاز ساكناً فإن الموجة تشغل مسافة تساوي طول الموجة $\lambda = \frac{v}{f}$
- عندما يتحرك المنبع بسرعة v` فإن الموجة تشغل المسافة

$$\acute{\lambda} = \frac{v + \acute{v}}{f} = \frac{v + \acute{v}}{\frac{v}{\lambda}} = \left(1 + \frac{\acute{v}}{v}\right)\lambda$$

- أي أن $\acute{\lambda} > \lambda$

- نستنتج أنه عندما يبتعد منبع موجي عن مراقب فإن الطول الموجي يزداد، وبما أن الضّوء ذا الطول الموجي الأكبر هو الأحمر، فعندنا يبتعد المنبع الضوئي عن المراقب ينزاح الطّيف نحو الأحمر.

- ثابت هابل:

- لاحظ هابل انزياح طيف المجرات الأكثر بُعداً عنا نحو الأحمر، أي ازدياد في الطول الموجي. وهذا يعني وفق دوبلر زيادة في سرعة الابتعاد عنا.

- بدراسة سرعة المجرات بدلالة بُعدها عنا توصل هابل، كلما كانت المجرة أبعد عنا: تزداد سرعة ابتعادها، أي كلما ازداد الطول الموجي.

- يمكن حساب هذه السرعة وفق العلاقة $v = H_0 d$

أنواع النجوم:

1- مفردة (الشمس) 2- ثنائية (الإزار، السّها)

نظرية الانفجار الأعظم: تفترض هذه النظرية:

عبارة عن نقطة منفردة صغيرة جداً، شديدة الكثافة من المادة والحرارة، وحدث لهذه النقطة انفجار أعظم وبدأت المادة تأخذ أشكالها، فتشكلت في البداية الجسيمات الأولية، ثم الذرات والجزيئات والغبار الكوني، فالنجوم والمجرات، واستمر توسّعُ الكون إلى يومنا هذا.

أسسها الفيزيائية:

1- الانزياح نحو الأحمر لطيف المجرات

2- وجود تشويش ضعيف لموجات راديوية قادمة بشكل مُنتظم تماماً من جميع اتجاهات الكون.

3- وجود كميات هائلة من الهدروجين والهليوم في النجوم.

المجرة: هي نظامٌ كونيٌّ مُكوَّنٌ مِن تجمُّعٍ هائلٍ مِن النُّجومِ والغبار والغازاتِ التي ترتبطُ معاً بقوىً تجاذُبٍ مُتبادَلة، وتدورُ حولَ مركزٍ مُشترَكٍ.

الثقوب السوداء: قوَّةُ التّجاذُبِ الكُتليّ بينَ جسمينِ تتناسبُ طرداً مع كتلتَيهما، وعكساً معَ مربَّعِ البُعدِ بينَهما، فتُصبحُ القوة لانهائيَّة عندَما يتناهى البُعدُ بينَ الكتلتَين إلى الصّفر.

لحساب سرعة الإفلات من جاذبية الأرض (السرعة الكونية الثانية) يجب إعطاؤه طاقة حركية أكبر من طاقة الجذب الكامنة له.

$$E_K = E_P \Longrightarrow \frac{1}{2} m v_2^2 = F_g r$$

$$\frac{1}{2} m v_2^2 = G \frac{mM}{r^2} r$$

$$v_2 = \sqrt{2\frac{GM}{r}} = \sqrt{2v_1}$$

v_2 هي السرعة الكونية الثانية

G: ثابت التجاذب العالمي. $\mathbf{M}$: كتلة الأرض (الجسم الجاذب)

r: نصف قطر المدار.

السرعة الكونية الأولى: هي السرعة المدارية التي تجعل الجسم يدور ضمن مدار حول الجسم الجاذب.

ماذا يحدث لو افترضنا نصف قطر الجسم الجاذب (الأرض) يتناقص؟

كلما نقُص نصف قطر الجسم الجاذب وزادت كثافته، ازدادت سرعة الإفلات اللازمة للتحرر من سطحه.

ب- استنتاج العلاقة المعبرة عن نصف قطر شفارتزشيلد.

بما أنه لا يمكن لأي جسم أن تتجاوز سرعته سرعة الضوء في الخلاء $(v = c)$ فيكفي أن يكون نصف قطر الجسم الجاذب.

$$C = \sqrt{2\frac{GM}{r}}$$

نصف قطر شفارتزشيلد: $\boxed{r = \frac{2GM}{C^2}}$

تسمى الحدود التي لا يمكن بعدها الإفلات من الجاذبية أفق الحدث.

ما المقصود بالثقب الأسود؟

حيز كثافته هائلة لا يمكن لشيء الإفلات منه حتى الضوء. له قوة جاذبية جبارة يستحيل على أي شيء الإفلات من جاذبيته بما في ذلك أشعة الضوء لذلك تبدو المنطقة غير مرئية في الفضاء.

تطبيق: احسب السرعة الكونية الثانية للأرض، علماً أن نصف قطر الأرض يُعتبر $6400\ km$ ، وتسارع الجاذبية الأرضية على سطح الأرض $g = 10 m.s^{-2}$

ثقل الجسم $F_c = W$ قوة جذب الأرض

$$G\frac{m.M}{r^2} = mg$$

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

$$rg = \frac{GM}{r}$$

$$v_2 = \sqrt{2\frac{GM}{r}} = \sqrt{2gr}$$

$$v_2 = \sqrt{2 \times 10 \times 4600 \times 1000}$$

$$v_2 = 8\sqrt{2} \times 10^3 \quad m.s^{-1}$$

كيف يمكن رصدُ الثقوب السوداء على الرغم من أنه لا يمكن رؤيتها فهي تبتلع الضوء؟

1- سلوك الأجسام المجاورة للثقوب السوداء: حيث درس العلماء الحركات غير المتوقعة للنجوم أو الغبار أو الغازات المحيطة بالأماكن غير المرئية.

2- الإنبعاث الإشعاعي: تدور النجوم المجاورة والأجسام الأخرى حول الثقب الأسود، وترتفع درجة حرارة هذه الأجسام لملايين الدرجات المئوية، وتستمر هذه الزيادة وتزداد سرعة دورانها وتنبعث منها أشعة سينية ويُمكن رصد هذه الأشعة بوساطة مراصد الأشعة السينية.

3- تأثير عدسة الجاذبية: وفق النظرية النسبية العامة تُحدث الجاذبية انحناء في الفضاء فضوء النجوم أو المجرات الذي يمر بجوار الثقب الأسود ينحني فتبدو تلك النجوم أو المجرات في غير أماكنها بالنسبة للتلسكوبات الأرضية، تعرف هذه الظاهرة باسم عدسة الجاذبية.