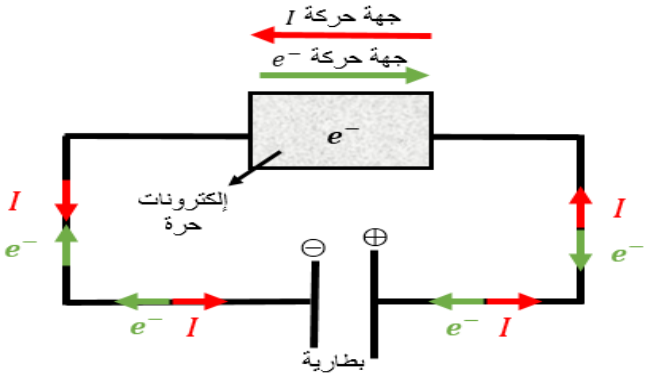
الدرس الثالث : التحريض الكهرطيسي

➢ مدخل إلى التحريض الكهرطيسي

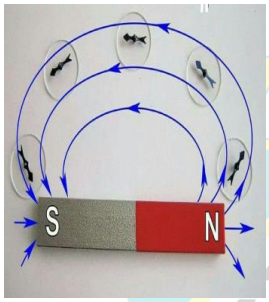


❖ **وجدنا سابقاً :** عند تطبيق فرق كمون بين طرفي دارة كهربائية مغلقة فإن فرق الكمون يعمل على تحريك وتسريع الإلكترونات الحرة داخل الدارة وهذه الحركة تكافئ نشوء تيار كهربائي ويتم الكشف عن هذا التيار عن طريق انحراف مؤشر مقياس الأمبير أو الميكرو أمبير أو الميلي أمبير أو المقياس الغلفاني

وحسب أورستد في المغناطيسية نجد :

تدفق مغناطيسي $\Rightarrow$ له $\Phi = B.S.\cos\alpha$ $\Rightarrow$ حقل مغناطيسي B $\Rightarrow$ ينشأ تيار كهربائي $\xrightarrow{\text{تحرّك الالكترونات}}$ ملف دائري / سلك مستقيم / وشيعة $\Rightarrow$ تطبيق فرق كمون U

❖ **وفي درس التحريض الكهرطيسي** سنعمل على توليد تيار كهربائي عن طريق حث الالكترونات الحرة على الحركة بدون الاستعانة بفرق كمون أو مولد كهربائي يعمل على تحريكها والاستعانة بمصادر جديدة للطاقة الكهربائية كاستثمار المصادر الطبيعية كالمياه والرياح والسدود والعنفات . **وذلك حسب فارداي**



❖ **لا تنسَ حبيبي:**

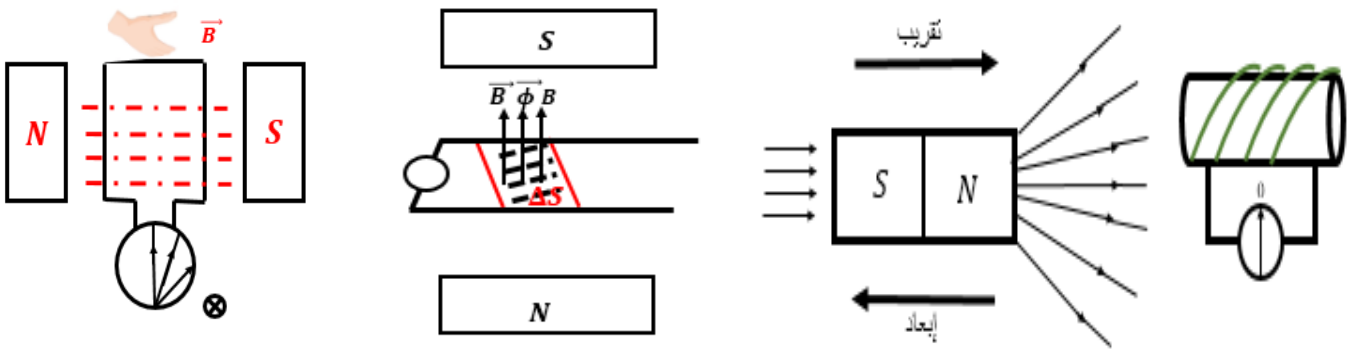
في المغناطيس تخرج خطوط الحقل من القطب الشمالي(شN) وتدخل إلى القطب الجنوبي (جS)

قانون فارداي

يتولد تيار كهربائي متحرض في دارة مغلقة ، إذا تغيّر التدفق المغناطيسي الذي يجتازها ،ويدوم هذا التيار بدوام تغيّر التدفق وينعدم عند ثبات التدفق المغناطيسي المحرِّض .

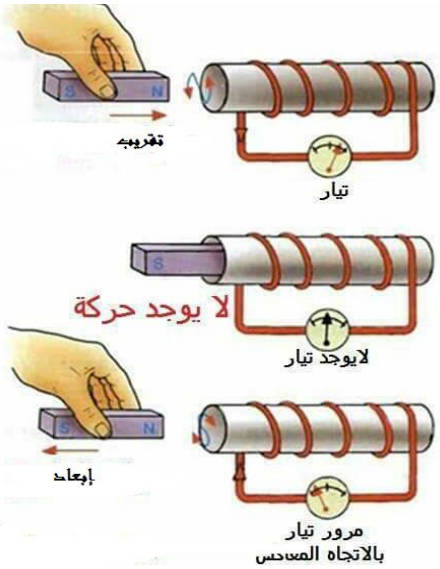
وحسب فارداي في التحريض الكهرطيسي نجد :

انحراف المؤشر $\Rightarrow$ يعطي ينشأ تيار متحرض $\xrightarrow{\text{تحرّك الالكترونات}}$ قوة محركة كهربائية متحرضة $\Rightarrow$ يعطيε تغيّر التدفق $\begin{cases}\Delta\Phi = \Delta B.S.\cos\alpha \\ \Delta\Phi = B.\Delta S.\cos\alpha \\ \Delta\Phi = B.S.\Delta\cos\alpha\end{cases}$



سؤال نظري : نقوم بتشكيل دارة مغلقة مؤلفة من وشيعة موصولة على التسلسل مع مقياس ميكرو أمبير ماذا تلاحظ في كل من الحالات الآتية :

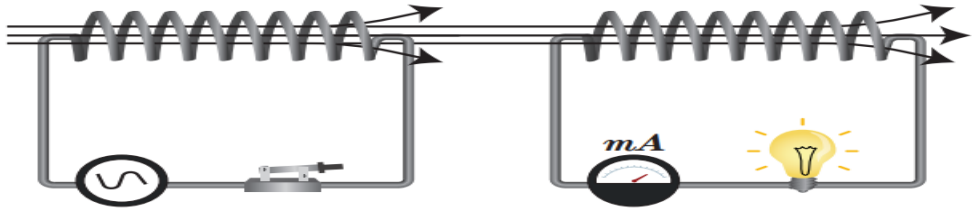
1- عند تقريب أحد قطبي مغناطيس مستقيم وفق محور الوشيعة
2- نعيد التجربة ونزيد من سرعة التقريب
3- إذا أبعدنا المغناطيس
4- إذا ثبتنا بعد المغناطيس عن الوشيعة **الحل :**



1- نلاحظ انحراف إبرة المقياس وهذا يدل على مرور تيار كهربائي في الوشيعة
2- نلاحظ انحراف إبرة المقياس بشكل أكبر وهذا يدل على مرور تيار كهربائي شدته أكبر من السابق
3- نلاحظ انحراف إبرة المقياس بالاتجاه المعاكس وهذا يدل على مرور تيار كهربائي في الاتجاه المعاكس للحالة السابقة
4- لا تنحرف إبرة المقياس أي لا ينشأ تيار كهربائي لأن التدفق ثابت

نلاحظ في أي مسألة لا يكون لدينا مولد فنشوء تيار كهربائي يكون من عملية تحريض كهرطيسي

سؤال نظري : نشكل دارة مؤلفة من وشيعتين متقابلتين بحيث ينطبق محور كل منهما على الآخر ، نصل طرفي الوشيعة الأولى بمأخذ (مولد) تيار متناوب (متغير) ، ونصل طرفي الوشيعة الثانية بمصباح ، **المطلوب :**



1. ماذا تتوقع أن يحدث عند إغلاق دارة المولد في الوشيعة الأولى معلّلاً إجابتك .
2. ماذا تتوقع لو استبدلنا مولد التيار المتناوب في الوشيعة الأولى بمولد متواصل معللا إجابتك
3. اقترح حلول لإضاءة المصباح في الوشيعة الثانية في حال تم وصل الوشيعة الأولى بتيار متواصل

الحل :

1. إضاءة المصباح في الوشيعة الثانية بالرغم أنها ليست موصولة إلى مولد (منبع تيار) دليل توّلد تيار متحرض فيها **تفسير ذلك** : لأن الوشيعة الأولى يمر فيها تيار متناوب (متغير) يعطي حقلاً مغناطيسياً متناوباً (متغيراً) فإن تدفقه المغناطيسي الذي سيجتاز الوشيعة الثانية متناوباً أيضاً ، وإن تغير التدفق المغناطيسي يؤدي إلى نشوء تيار متحرض فيضيء المصباح .
2. **أتوقع أن لا يضيء المصباح لأن التيار المتواصل ثابت الشدة فحقله المغناطيسي ثابت أيضاً أي تدفقه المغناطيسي عبر الوشيعة الثانية ثابت أيضاً أي لاينشأ تيار متحرض في الوشيعة الثانية فلا يضيء المصباح**
3. **يجب تغيير التدفق المغناطيسي من الوشيعة الأولى للوشيعة الثانية**
   a. **تركيب قاطعة في الوشيعة الأولى والعمل على فتحها وإغلاقها**
   b. **تقريب أو إبعاد إحدى الوشيعتين عن الأخرى .**
   c. **تغيير المقاومة الكهربائية في الوشيعة الأولى**

قانون لنز

إن جهة التيار المتحرض في دارة مغلقة تكون بحيث يبدي أفعالاً تعاكس السبب الذي أدى إلى حدوثه.

تتناسب القوة المحركة التحريضية $\bar{\varepsilon}$ في دارة مغلقة طرداً مع تغير التدفق $\overline{d\phi}$ وعكساً مع dt زمن هذا التغيير.

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{d\phi}{dt} = -(\bar{\phi})'_t \quad \text{واحدتها volt}$$

الاشارة السالبة تدل على قانون لنز (تعلّم!! بالنظري نستخدم $\bar{\varepsilon} = -\frac{d\phi}{dt}$ وبالمسائل نستخدم $\bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$)

التيار المتحرض $i = \frac{\bar{\varepsilon}}{R}$ وتعيّن جهته :

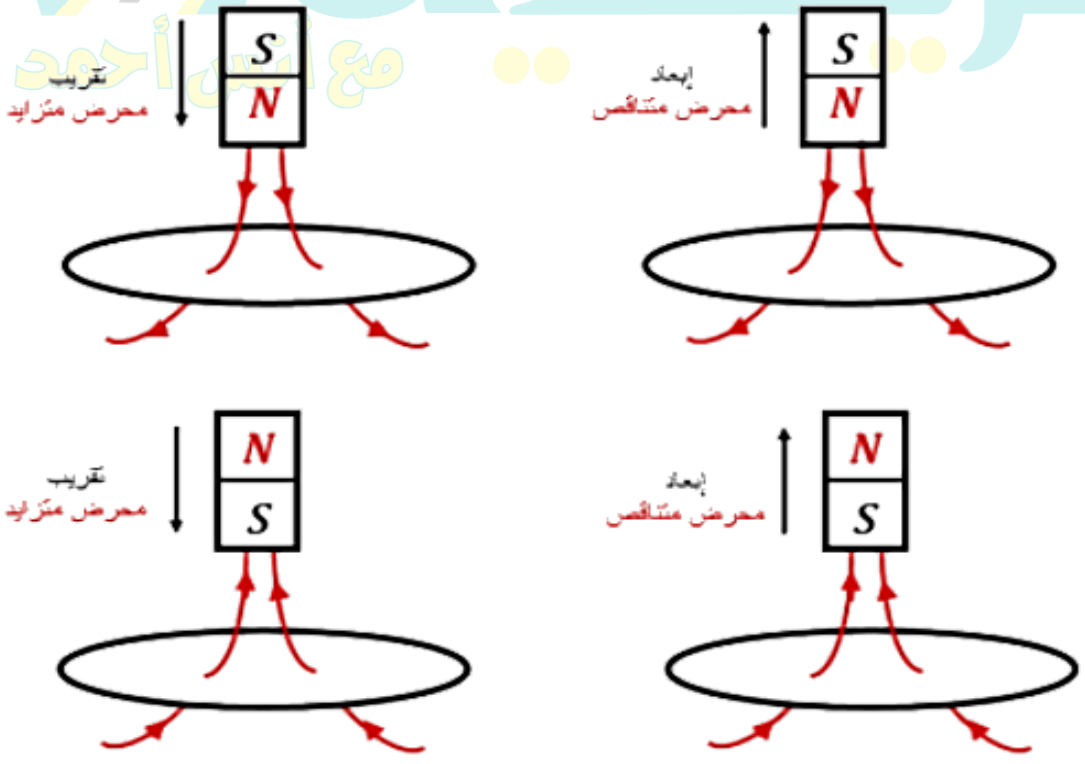
لكن لا تنسَ $\phi_{\text{متحرض}}$ (يكون تدفقه) $\Longrightarrow B_{\text{متحرض}}$ (يعطي) $\Longrightarrow i_{\text{متحرض}}$ (تحريك إلكترونات) $\Longrightarrow \bar{\varepsilon}_{\text{متحرضة}}$ (يعطي) $\Longrightarrow \Delta\phi_{\text{محرض}}$ (يعطي) $\Longrightarrow \Delta B_{\text{محرض}}$

حالة إبعاد : $\frac{d\phi}{dt} < 0 \Rightarrow \bar{\varepsilon} > 0$

- الحقل المغناطيسي المتحرض يوافق الحقل المغناطيسي المحرض لأنه متناقص
- جهة التيار المتحرض بجهة أصابع يد يمنى إبهامها يشير إلى الحقل المغناطيسي المتحرض وباطن الكف نحو المركز.
- **إبعاد قطب مغناطيسي من وجه ملف ⇦ وجه معاكس يحدث بينهما (تجاذب)**

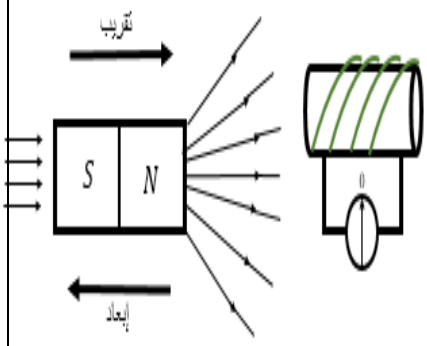
حالة تقريب: $\frac{d\phi}{dt} > 0 \Rightarrow \bar{\varepsilon} < 0$

- الحقل المغناطيسي المتحرض يعاكس الحقل المغناطيسي المحرض لأنه متزايد
- جهة التيار المتحرض بجهة أصابع يد يمنى إبهامها يشير إلى الحقل المغناطيسي المتحرض وباطن الكف نحو المركز
- **تقريب قطب مغناطيسي من وجه ملف ⇦ وجه مماثل يحدث بينهما (تنافر)**



سؤال نظري : نقرب القطب الشمالي لمغناطيس مستقيم من أحد وجهي وشيعة وفق محورها ويتصل طرفاها بواسطة مقياس ميكرو أمبير فتنحرف إبرة المقياس دالة على مرور تيار كهربائي فيها . والمطلوب :

1. فسر سبب نشوء هذا التيار ، ثم أكتب نص قانون فراداي في التحريض الكهرطيسي
2. أكتب العلاقة المعبرة عن القوة المحركة الكهربائية المتحرضة مع شرح دلالات الرموز وناقش العلاقة في حال (تزايد التدفق – تناقص التدفق)
3. أكتب نص قانون لنز في تحديد جهة التيار المتحرض
4. ماذا تتوقع أن يكون وجه الوشيعة المقابل للمغناطيس
5. ماذا تتوقع أن يحدث في حال إبعاد القطب الشمالي للمغناطيس عن أحد وجهي الوشيعة وكيف يكون الوجه المقابل للوشيعة
6. ماذا تتوقع أن يحدث في حال تثبيت المغناطيس عند أحد وجهي الوشيعة ولماذا ؟



الحل :

1. **تزايد** التدفق المغناطيسي الذي يجتاز الوشيعة .

نص قانون فراداي في التحريض : يتولد تيار متحرض في دارة مغلقة إذا تغير التدفق المغناطيسي الذي يجتازها ويدوم التيار بدوام تغير هذا التدفق وينعدم عند ثبات التدفق المغناطيسي المحرّض .

2. $\bar{\varepsilon} = -\frac{d\phi}{dt}$ حيث $d\phi$ تغيّر التدفق ، زمن تغيّر التدفق dt وإشارة الناقص تدل على قانون لنز
   عند تزايد التدفق المغناطيسي $d\phi > 0 \Rightarrow \bar{\varepsilon} < 0$ جهة الحقل المتحرض عكس المحرّض
   عند تناقص التدفق المغناطيسي $d\phi < 0 \Rightarrow \bar{\varepsilon} > 0$ جهة الحقل المتحرض مع المحرّض
3. **قانون لنز**: إن جهة التيار المتحرض في دارة مغلقة تكون بحيث يبدي أفعالاً تعاكس السبب الذي أدى إلى حدوثه.
4. وجه شمالي .
5. أتوقع أن يتناقص التدفق المغناطيسي فيتولد تيار كهربائي متحرض ويكون وجه الوشيعة المقابل للمغناطيس وجه جنوبي
6. أتوقع لا يتغير التدفق ولا ينشأ تيار كهربائي $d\phi = 0 \Rightarrow \bar{\varepsilon} = 0 \Rightarrow i = 0$

سؤال نظري : في تجربة السكتين التحريضية (المولد الكهربائي)

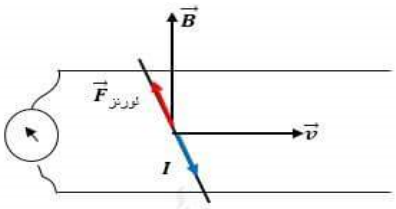
1. فسر إلكترونياً نشوء التيار المتحرض والقوة المحركة الكهربائية المتحرضة موضحاً ذلك بالرسم في كل من الحالتين الآتيتين
   a. في حالة دارة مغلقة b. في حالة دارة مفتوحة
2. استنتج العلاقة المعبرة عن كل من :
   (القوة المحركة الكهربائية المتحرضة - التيار المتحرض – الاستطاعة الكهربائية الناتجة)
3. برهن تحول الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية في المولد الكهربائي

الحل :

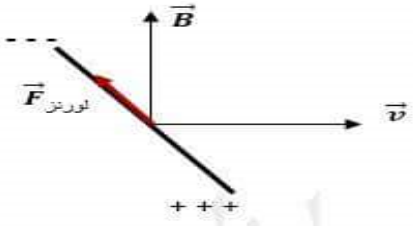
1. **في حال كانت الدارة مغلقة** : ينشأ تيار كهربائي متحرض .

في حال كانت الدارة مفتوحة لا ينشأ تيار متحرض بل ينشأ فرق في الكمون على طرفي الساق U_{AB}

a. في حالة دارة مغلقة : عند تحريك الساق بسرعة ثابتة $\vec{v}$ فإن الإلكترونات الحرّة داخل الساق تتحرك بالسرعة الوسطية نفسها وهي خاضعة بالأصل للحقل المغناطيسي فتخضع هذه الإلكترونات لقوة مغناطيسية $\vec{F} = e\vec{v} \wedge \vec{B}$, وهي قوة داخلية منطبقة على الساق تعمل على تحريك الإلكترونات وفق حاملها وجهتها داخل الساق وتتولد قوة محركة كهربائية تحريضية تسبب مرور تيار كهربائي متحرض عبر الدارة المغلقة جهته الإصطلاحية بعكس جهة حركة الإلكترونات أي بعكس جهة القوة المغناطيسية .



b. **في حال كانت الدارة مفتوحة** : تتراكم الشحنات السالبة في أحد طرفي الساق وتتراكم الشحنات الموجبة في الطرف الآخر فينشأ فرق في الكمون بين طرفي الساق U_{AB} يمثّل القوة المحركة الكهربائية المتحرضة $U_{AB} = |\varepsilon|$



2. عند تحريك الساق بسرعة ثابتة $\vec{v}$ عمودية على شعاع الحقل المغناطيسي المنتظم $\vec{B}$ خلال فاصل زمني Δt ،

تنتقل الساق مسافة: $\Delta x = v\,\Delta t$

تمسح سطحاً بمقدار: $\Delta s = L\Delta x \Rightarrow \Delta s = Lv\Delta t$

يتغير التدفق بمقدار: $\Delta\emptyset = B\,\Delta s = BLv\Delta t$

فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة قيمتها المطلقة: $\varepsilon = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|$

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

القوة المحركة الكهربائية المتحرضة : $\boxed{\varepsilon = BLv}$

وبما أن الدارة مغلقة يمر تيار كهربائي متحرض شدته: $i = \frac{\varepsilon}{R}$

التيار المتحرض : $\boxed{i = \frac{BLv}{R}}$

فتكون الاستطاعة الكهربائية الناتجة: $P = \varepsilon i$

$$P = (BLv) \times \left(\frac{BLv}{R}\right)$$

الإستطاعة الكهربائية الناتجة : $\boxed{P = \frac{B^2L^2v^2}{R}}$

3. تعطى الإستطاعة الكهربائية بالعلاقة: $P = \varepsilon i \Rightarrow \begin{cases}\varepsilon = BLv \\ i = \frac{BLv}{R}\end{cases}$ $\boxed{P = \frac{B^2L^2v^2}{R}}$

ولكن عند تحريك الساق بسرعة $\vec{v}$ تنشأ قوة كهرطيسية، جهتها بعكس جهة حركة الساق (عملها مقاوم) المسببة لنشوء التيار المتحرض، ولاستمرار تولد التيار يجب التغلب على هذه القوة الكهرطيسية بصرف استطاعة ميكانيكية P'.

الاستطاعة الميكانيكية : $P' = Fv$

لدينا: شدة القوة الكهرطيسية : $F = iLB\sin\theta$

$$\xrightarrow{\theta=\frac{\pi}{2}\Rightarrow \sin\frac{\pi}{2}} F = iLB$$

لكن: $i = \frac{BLv}{R}$

نعوض: $F = \frac{BLv}{R}(LB) \Rightarrow F = \frac{B^2L^2v}{R}$

$$P' = Fv = \frac{B^2L^2v}{R}v$$

الاستطاعة الميكانيكية المصروفة : $\boxed{P' = \frac{B^2L^2v^2}{R}}$

وبموازنة العلاقتين نجد أن: $P'_{\text{ميكانيكية}} = P_{\text{كهربائية}}$

وبهذا تكون قد تحولت الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، وهو المبدأ الذي يعتمد عليه الكثير من المولدات الكهربائية.

ملاحظة لحساب

القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الوسطية (دلالة مقياس الميلي فولط) $\bar{\varepsilon} = -\frac{\overline{\Delta\phi}}{\Delta t}$

شدة التيار المتحرض (دلالة المقياس الغلفاني – دلالة المقياس ميكرو أمبير) : $\bar{\imath} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R}$

المسألة الأولى (درس – ملف دائري)

ملف دائري، يتألف من 100 لفة متماثلة، نصف قطره الوسطي $4cm$، نصل طرفيه بمقياس ميلي أمبير موصولاً على التسلسل مع مقاومة اومية قيمتها 20Ω، نقرب من أحد وجهي الملف القطب الشمالي لمغناطيس مستقيم، فتزداد شدة الحقل المغناطيسي الذي يخترق لفات الملف الدائري بانتظام من الصفر إلى $0.08T$ خلال $2s$. **المطلوب :**

1- احسب قيمة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة المتولدة في الملف الدائري محدداً جهة التيار الكهربائي المتحرض.
2- مانوع الوجه المقابل للقطب الشمالي.
3- احسب شدة التيار المار في الملف.
4- احسب الاستطاعة الكهربائية المتولدة عن الملف الدائري، ثم الاستطاعة الحرارية المصروفة في المقاومة الأومية، ماذا تستنتج.

(يهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي)

الحل :

1- حساب القوة المحركة الكهربائية المتحرضة المتولدة في الملف الدائري:

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

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{N(\overline{\Delta B})S\cos\alpha}{\Delta t}$$

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

$$\overline{\Delta B} = B_2 - B_1 = 0.08 - 0 = 0.08T$$

$$s = \pi r^2 = 16\pi \times 10^{-4} m^2$$

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{100\times 8\times 10^{-2}\times 16\pi\times 10^{-4}\times 1}{2} = -\overbrace{64\pi}^{200} \times 10^{-4} \Rightarrow \boxed{\bar{\varepsilon} = -2\times 10^{-2} V}$$

تعيين جهة التيار المتحرض : نلاحظ حسب لنز : $\frac{d\phi}{dt} > 0 \Rightarrow \bar{\varepsilon} < 0$

الحقل المغناطيسي المتحرض يعاكس الحقل المغناطيسي المحرض لأنه متزايد

جهة التيار المتحرض بجهة أصابع يد يمنى إبهامها يشير إلى الحقل المغناطيسي المتحرض وباطن الكف نحو المركز

2- الوجه المقابل للقطب الشمالي وجه شمالي.

3- شدة التيار المارفي الملف: $\bar{\imath} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = \frac{-2\times 10^{-2}}{20} = -10^{-3}\ A$

4- الاستطاعة الكهربائية المتولدة عن الملف الدائري: $P = \varepsilon\, i = 2\times 10^{-2}\times 10^{-3} = \mathbf{2\times 10^{-5} watt}$

الاستطاعة الحرارية المصروفة في المقاومة الأمية: $P' = Ri^2 = 20\times 10^{-6} = \mathbf{2\times 10^{-5} watt}$

نستنتج أن الاستطاعة الكهربائية قد تحولت إلى استطاعة الحرارية. $P'_{ح} = P_{ك}$

المسألة الثانية (درس – وشيعة بداخلها ملف دائري)

1. لدينا وشيعة، طولها $30cm$، قطرها $4cm$، تحوي 1200 لفة، نمرر فيها تياراً شدته $4A$. احسب شدة الحقل المغناطيسي في مركز الوشيعة.
2. نلف حول القسم المتوسط من الوشيعة ملفاً يحوي 100 لفة معزولة، ونصل طرفيه بمقياس غلفاني، يحيث تكون المقاومة الكلية للدارة الجديدة 16Ω ما دلالة المقياس عند قطع التيار عن الوشيعة خلال $0.5s$ تتناقص فيها الشدة بانتظام؟ (يهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي)

الحل :

-1

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

$$B = 12.5 \times 10^{-7}\frac{1200}{30\times10^{-2}} \times 4$$

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

-2 الوشيعة جملة محرّضة والملف جملة متحرَضة قطع التيار عن الوشيعة يؤدي لتناقص التدفق المغناطيسي للحقل المغناطيسي الناتج عن الوشيعة (الحقل المُحرّض) الذي يجتاز الملف وهذا يؤدي حسب قانون فارادي إلى نشوء تيار متحرّض في الملف $\bar{\imath} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R}$

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

$$\bar{\varepsilon}_{\text{الملف}} = -\frac{N(\overline{\Delta B})S\cos\alpha}{\Delta t} = -\frac{N(B_2-B_1)S\cos\alpha}{\Delta t} \begin{cases} \alpha = (\widehat{\vec{n},\vec{B}}) = 0 \\ S = \pi r^2 = 4\pi \times 10^{-4}m^2 \end{cases}$$

$$i_2 = 0 \text{ قطع التيار} \Longrightarrow B_2 = 0 \Longrightarrow \overline{\Delta B} = B_2 - B_1 = 0 - B_1 = -B_1$$

$$\bar{\varepsilon}_{\text{الملف}} = -\frac{N(-B_1)S\cos\alpha}{\Delta t}$$

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{100\times(-2\times10^{-2})\times4\pi\times10^{-4}\times1}{\frac{1}{2}} = 16\pi \times 10^{-4}V$$

$$\bar{\imath} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = \frac{16\pi\times10^{-4}}{16} \Longrightarrow \boxed{\bar{\imath} = \pi \times 10^{-4}A}$$

المسألة الرابعة (درس – سكتين)

سكتان نحاسيتان متوازيتان،تميل كل منهما على الأفق بزاوية $45°$، تستند إليهما ساق نحاسية طولها $L = 40\ cm$، تخضع بكاملها لتأثير حقل مغناطيسي منتظم شاقولي شدته $0.8T$، نغلق الدارة ثم تترك لتنزلق دون احتكاك بسرعة ثابتة، قيمتها $2m.s^{-1}$. **المطلوب :**

-1 بين أنه تنشأ قوة كهرطيسية تعيق حركة الساق.

-2 استنتج العلاقة المحددة للمقاومة الكلية للدارة، ثم احسب قيمتها إذا كانت شدة التيار المتحرض المتولد فيها $\sqrt{2}A$.

-3 استنتج العلاقة المحددة لكتلة الساق، ثم احسب قيمتها.

الحل :

1- عند تحريك الساق بسرعة ثابتة $\vec{\mathbf{v}}$ فإن الإلكترونات الحرّة داخل الساق تتحرك بالسرعة الوسطية نفسها وهي خاضعة بالأصل للحقل المغناطيسي فتخضع هذه الإلكترونات لقوة مغناطيسية $\vec{\mathbf{F}} = e\vec{v} \wedge \vec{\mathbf{B}}$, وهي قوة داخلية منطبقة على الساق تعمل على تحريك الإلكترونات وفق حاملها وجهتها داخل الساق وتتولد قوة محركة كهربائية تحريضية تسبب مرور تيار كهربائي متحرض عبر الدارة المغلقة وعندما يمر هذا التيار في الساق تؤثر في منتصف الساق قوة كهرطيسية جهتها بعكس جهة شعاع السرعة

-2 عند تحريك الساق بسرعة ثابتة $\vec{v}$ عمودية على شعاع الحقل المغناطيسي المنتظم $\vec{B}$ خلال فاصل زمني Δt ،

تنتقل الساق مسافة: $\Delta x = v\,\Delta t$

تمسح سطحاً بمقدار: $\Delta s = L\Delta x \Rightarrow \Delta s = Lv\Delta t$

يتغير التدفق بمقدار: $\Delta\emptyset = B\,\Delta s\,cos\alpha = BLv\,cos\alpha\Delta t$

فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة قيمتها المطلقة: $\varepsilon = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|$

$$\varepsilon = \frac{BLv\,cos\alpha\Delta t}{\Delta t}$$

القوة المحركة الكهربائية المتحرضة : $\varepsilon = BLv\,cos\alpha$

وبما أن الدارة مغلقة يمر تيار كهربائي متحرض شدته: $i = \frac{\varepsilon}{R}$

التيار المتحرض : $i = \frac{BLv\,cos\alpha}{R}$

- المقاومة الكلية $\boxed{R = \frac{B\,L\,v\,cos\alpha}{i}}$

$$R = \frac{8\times10^{-1}\times40\times10^{-2}\times2\times\frac{\sqrt{2}}{2}}{\sqrt{2}} \Rightarrow \boxed{R = 32\times10^{-2}\Omega}$$

-3 استنتاج العلاقة المحددة لكتلة الساق:

جملة المقارنة: خارجية. الجملة المدروسة: مركز عطالة الساق

القوى الخارجية المؤثرة: $\overrightarrow{W}$ ثقل الساق، $\vec{F}$ القوى الكهرطيسية، $\vec{R}$ رد فعل السكتين.

$$\overrightarrow{v_{ثابتة}} = \overrightarrow{const} \Rightarrow \vec{a} = \vec{0} \Rightarrow \sum \vec{F} = \vec{0}$$

$$\vec{R} + \vec{F} + \overrightarrow{W} = \vec{0}$$

بالإسقاط على $\overrightarrow{xx'}$ $\quad 0 + F\,cos\alpha - W\,sin\alpha = 0$

$$F\,cos\alpha = W\,sin\alpha \Rightarrow i\,L\,Bsin\frac{\pi}{2}cos\alpha = \boxed{m}g\,sin\alpha$$

$$m = \frac{i\,L\,Bsin\frac{\pi}{2}}{g}\frac{cos\alpha}{sin\alpha} \Rightarrow m = \frac{\sqrt{2}\times40\times10^{-2}\times8\times10^{-1}\times1\times\frac{\sqrt{2}}{2}}{10\times\frac{\sqrt{2}}{2}} \Rightarrow \boxed{m = 32\sqrt{2}\times10^{-3}kg}$$

المسألة الثالثة (درس – سكتين)

في تجربة السكتين الكهرطيسية يبلغ طول الساق النحاسية المستندة عمودياً عليهما $30cm$، وكتلتها $60g$، **المطلوب:**

1. احسب شدة الحقل المغناطيسي المنتظم المؤثرة عمودياً في السكتين لتكون شدة القوة الكهرطيسية مساوية مثلي ثقل الساق، وذلك عند إمرار تيار كهربائي شدته $20A$.
2. احسب عمل القوة الكهرطيسية المؤثرة في الساق إذا تدحرجت بسرعة ثابتة قدرها $0.4m.s^{-1}$ لمدة ثانيتين.
3. نرفع المولد من الدارة السابقة، ونستبدله بمقياس غلفاني، وندحرج الساق بسرعة وسطية ثابتة $5m.s^{-1}$ ضمن الحقل السابق. استنتج عبارة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة، ثم احسب قيمتها، واحسب شدة التيار المتحرض بافتراض أن المقاومة الكلية للدارة ثابتة وتساوي 5Ω، ثم ارسم شكلاً توضيحياً يبين جهة كل من $(\vec{v},\vec{B})$ وجهة التيار المتحرض.
4. احسب الاستطاعة الكهربائية الناتجة، ثم احسب شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة في الساق في أثناء تدحرجها. $(g = 10\,m.s^{-2})$ (يهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي)

الحل :

-1 $F = 2\,w$

$$I\,L\,B\,sin\theta = 2mg \xrightarrow{sin\theta = sin\frac{\pi}{2} = 1} B = \frac{2mg}{I\,L}$$

$$B = \frac{2\times60\times10^{-3}\times10}{20\times30\times10^{-2}} \Rightarrow \boxed{B = 2\times10^{-1}T}$$

2- طريقة (1):

$$W = F\,\Delta x$$
$$W = F\,v\,\Delta t = 2mg.v\,\Delta t$$
$$W = 2 \times 60 \times 10^{-3} \times 10 \times 4 \times 10^{-1} \times 2$$
$$\boxed{W = 96 \times 10^{-2}\,J}$$

طريقة(2):

$$W = I\,\Delta\Phi$$
$$W = I\,B\,\Delta s = I\,B\,L\,\Delta x$$
$$W = I\,B\,L\,v\,\Delta t$$
$$W = 20 \times 2 \times 10^{-1} \times 30 \times 10^{-2} \times 4 \times 10^{-1} \times 2$$
$$\boxed{W = 96 \times 10^{-2}\,J}$$

3- عند تحريك الساق بسرعة ثابتة $\vec{v}$ عمودية على شعاع الحقل المغناطيسي المنتظم $\vec{B}$ خلال فاصل زمني Δt ،

تنتقل الساق مسافة: $\Delta x = v\,\Delta t$

تمسح سطحاً بمقدار: $\Delta s = L\Delta x \Rightarrow \Delta s = Lv\Delta t$

يتغير التدفق بمقدار: $\Delta\emptyset = B\,\Delta s = BLv\Delta t$

فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة قيمتها المطلقة: $\varepsilon = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|$

$$\varepsilon = \frac{BLv\Delta t}{\Delta t}$$
$$\boxed{\varepsilon = BLv}$$

القوة المحركة الكهربائية المتحرضة :

$$\varepsilon = 2 \times 10^{-1} \times 30 \times 10^{-2} \times 5 \Longrightarrow \boxed{\varepsilon = 3 \times 10^{-1} V}$$

وبما أن الدارة مغلقة يمر تيار كهربائي متحرض شدته: $i = \frac{\varepsilon}{R}$

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{3\times10^{-1}}{5} \Longrightarrow \boxed{i = 6 \times 10^{-2}}\,A$$

4- الاستطاعة الكهربائية الناتجة $P = \varepsilon\,i$

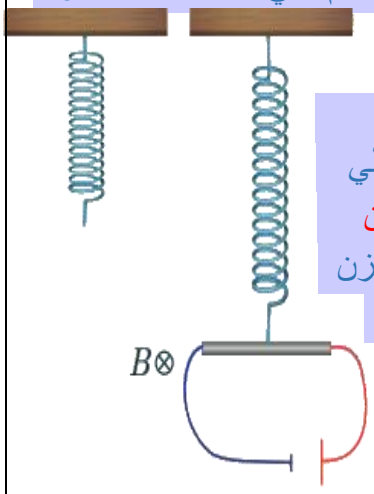
$$P = 3 \times 10^{-1} \times 6 \times 10^{-2}$$
$$\boxed{P = 18 \times 10^{-3} Watt}$$

شدة القوة الكهرطيسية المؤثرة في الساق في أثناء تدحرجها $F = i\,L\,B\,sin\theta$

$$F = 6 \times 10^{-2} \times 30 \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-1} \times 1$$
$$\boxed{F = 36 \times 10^{-4}\,N}$$

المسألة 20 (عامة-ساق نحاسية)

ساق نحاسية طولها $80\ cm$ نحركها بسرعة أفقية $\vec{v}$ عمودية على شعاع حقل مغناطيسي منتظم أفقي شدته $0.5T$ فيكون فرق الكمون بين طرفي الساق $0.4\ V$ ، **المطلوب :**



1- استنتج العلاقة المحددة لسرعة الساق واحسب قيمتها.

2- نأخذ الساق النحاسية ونعلقها من منتصفها ضمن منطقة الحقل السابق بنابض مرن شاقولي مهمل الكتلة ثابت صلابته $100N.m^{-1}$ ونمرر فيها تيار كهربائي شدته $20A$ فتتوازن الساق بعد أن يستطيل النابض بمقدار $20\ cm$ عن طوله لأصلي قبل تعليق الساق وتتوازن الساق:

A) حدد على الرسم القوى الخارجية المؤثرة على الساق.

B) استنتج بالرموز العلاقة المحددة لكتلة الساق واحسب قيمتها.

الحل:

1. استنتاج العلاقة المحددة لسرعة الساق وحساب قيمتها.

تتحرك الساق بسرعة ثابتة $\vec{v}$ عمودية على شعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ خلال زمن Δt

- تنتقل مسافة: $\Delta x = v\,\Delta t$
- تمسح السطح بمقدار: $\Delta s = L\,\Delta x = L\,v\,\Delta t$
- يتغير التدفق بمقدار: $\Delta\Phi = B\,\Delta s = B\,L\,v\,\Delta t$
- يتولد قوة محركة كهربائية متحرضة قيمتها المطلقة:

$$\varepsilon = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = B\,L\,v$$

وبما أن الدارة مفتوحة فإن فرق الكمون بين طرفي الساق يساوي القوة المحركة الكهربائية المتحرضة:

$$U = \varepsilon = B\,Lv$$

$$v = \frac{U}{B\,L} = \frac{0.4}{0.5\times80\times10^{-2}} = 1\ m.s^{-1}$$

2.

A) القوى الخارجية المؤثرة:

- $\vec{F_s}$: قوة توتر النابض.
- $\vec{F}$: القوة الكهرطيسية.
- $\vec{W}$: ثقل الساق.

B) استنتاج العلاقة المحددة لكتلة الساق وحساب قيمتها.

بما أن الساق متوازنة $\sum \vec{F} = \vec{0}$

$$\vec{W} + \vec{F_s} + \vec{F} = \vec{0}$$

بالإسقاط على محور شاقولي موجه نحو الأسفل: $W + F - F_s = 0$

$$m\,g = F_s - F \Rightarrow m = \frac{F_s - F}{g}$$

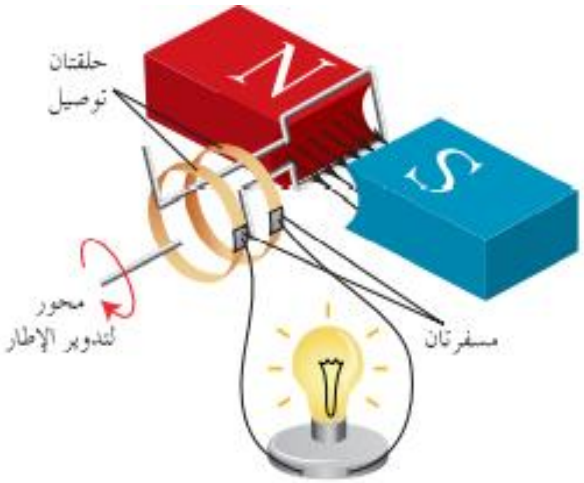
$$\boxed{m = \frac{kx_0 - I\,L\,B\sin\frac{\pi}{2}}{g}} \quad \begin{cases} F = I\,L\,B\sin\theta \\ F_s = kx_0 \end{cases}$$

$$m = \frac{100\times2\times10^{-1} - 20\times8\times10^{-1}\times\frac{1}{2}\times1}{10} = \frac{20-8}{10} = 2 - 0.8$$

$$\boxed{m = 1.2\ kg}$$

➢ توليد التيار المتناوب الجيبي

سؤال نظري : في تجربة يتكون إطار من سلك نحاسي معزول من N لفة مساحة كل منها S يدور حول محور في منطقة يسودها حقل مغناطيسي منتظم $\vec{B}$ يصنع زاوية α مع ناظم الإطار في لحظة ما t أثناء الدوران



1. استنتج العلاقة المحددة للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة المتناوبة الآنية في مولد التيار المتناوب الجيبي
2. ارسم المنحني البياني لتغيرات ϵ بدلالة ωt خلال دورة كاملة
3. ماذا يدعى التيار الحاصل ولماذا ؟ أكتب تابعه الزمني
4. بيّن متى تكون القوة المحركة الكهربائية المتناوبة

a. موجبة وسالبة　b. عظمى وصغرى　c. معدومة

الحل :

1. التدفق المغناطيسي Φ الذي يجتاز الإطار وهو في هذه الحالة:

$$\overline{\Phi} = N\,B\,s\,\cos\alpha$$

السرعة الزاوية للدوران ω ثابتة فإن الزاوية α التي يدورها الملف في زمن قدره t :

$$\omega = \frac{\alpha}{t} \Rightarrow \alpha = \omega\, t$$

نعوض في علاقة التدفق المغناطيسي:

$$\overline{\Phi} = N\,B\,s\,\cos\omega\, t$$

فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة :

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{d\overline{\Phi}}{dt} = -\left(\overline{\Phi}\right)'_t$$

أي نشتق Φ :

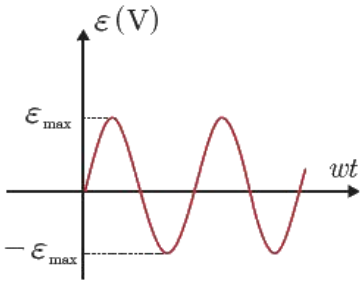
$$\bar{\varepsilon} = N\,B\,s\,\omega\,\sin\omega t$$

تكون ε عظمى عندما:

$$\sin\omega t = 1 \Rightarrow \varepsilon_{max} = N\,B\,s\,\omega$$

نعوض في علاقة $\bar{\varepsilon}$: نجد علاقة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الأنية المتناوبة

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



2. المنحني البياني

3. يدعى بالتيار المتناوب الجيبي لأن القوة المحركة الكهربائية المتحركة $\bar{\varepsilon}$ متناوبة جيبية

تابع التيار :

$$\bar{i} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} \Rightarrow \boxed{\bar{i} = \frac{\varepsilon_{max}\sin\omega t}{R}}$$

4. موجبة في النصف الأول للدور وسالبة في النصف الثاني للدور
عظمى في نهاية الربع الأول للدور وصغرى في نهاية ثلاثة أرباع الدور
معدومة في بداية ومنتصف ونهاية الدور

المسألة 21 (عامة-ملف دائري)

ملف دائري نصف قطره الوسطي $4\ cm$ مؤلف من 600 لفة متماثلة من سلك نحاسي 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، **المطلوب :**

1. ندير الملف بدءاً من وضع توازنه بزاوية $\frac{\pi}{2}rad$ خلال $0.2\ s$ احسب شدة التيار المتحرض المتولد في الملف حيث المقاومة الكلية للدارة 5Ω.
2. نستبدل سلك التعليق السابق بمحور شاقولي ثم ندير الملف بسرعة زاوية ثابتة تقابل $\frac{2}{\pi}Hz$ ، **المطلوب :**

A. استنتج بالرموز العلاقة المحددة للقيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة المتناوبة الجيبية ثم اكتب التابع الزمني لكل من هذه القوة و التيار المتحرض المتناوب الجيبي.

B. احسب طول سلك الملف.

الحل : باعتبار $\boxed{64\pi \approx 200}$

1. حساب شدة التيار المتحرض المتولد في الملف. $i = \frac{\varepsilon}{R}$

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

$$\varepsilon = -\frac{N\,B\,s(cos\alpha_2 - cos\alpha_1)}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = -\frac{600\times4\times10^{-2}\times16\pi\times10^{-4}(0-1)}{2\times10^{-1}} = 6\times10^{-1}V \begin{cases} \alpha_2 = \frac{\pi}{2}rad \Rightarrow cos\frac{\pi}{2} = 0 \\ \alpha_1 = 0 \Rightarrow cos0 = 1 \\ s = \pi r^2 = 16\pi\times10^{-4} \end{cases}$$

$$i = \frac{6\times10^{-1}}{5} \Rightarrow \boxed{i = 12\times10^{-2}A}$$

A- بفرض أنه في لحظة ما أثناء الدوران كان الناظم على مستوي الإطار يصنع مع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ زاوية قدرها α فيكون التدفق المغناطيسي Φ الذي يجتاز الإطار وهو في هذه الحالة: $\Phi = NBS\,cos\alpha$

إذا كانت السرعة الزاوية لدوران الإطار ω ثابتة فإن الزاوية α التي يدورها الملف في زمن قدره t : $\alpha = \omega\,t$

نعوض في علاقة التدفق المغناطيسي: $\Phi = N\,B\,S\,cos\omega\,t$

فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة ε : $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$

$$\bar{\varepsilon} = NBS\ \omega\,sin\omega t$$

تكون ε عظمى عندما: $sin\omega t = 1 \Rightarrow \varepsilon_{max} = N\,B\,S\,\omega$

نعوض: $\varepsilon = \varepsilon_{max}sin\omega t$

نحدد قيم الثوابت: $\omega = 2\pi f = 2\pi\left(\frac{2}{\pi}\right) = 4\ rad.s^{-1}$

$$\varepsilon_{max} = N\,B\,S\,\omega = 600\times16\pi\times10^{-4}\times4\times10^{-2}\times4$$

$$\varepsilon_{max} = 6\times64\pi\times10^{-4}\times4 \Rightarrow \varepsilon_{max} = 48\times10^{-2}V$$

- نعوض قيم الثوابت: $\boxed{\bar{\varepsilon} = 48\times10^{-2}\sin 4t}$ (v)

التابع الزمني للتيار المتحرض المتناوب الجيبي. $\bar{\imath} = \frac{\varepsilon}{R}$

$$\bar{\imath} = \frac{48\times10^{-2}sin4t}{5} \Rightarrow \boxed{\bar{\imath} = 96\times10^{-3}sin4t}\ (A)$$

B- حساب طول سلك الملف

$$l' = 2\pi r.N = 2\pi\times4\times10^{-2}\times600 = 8\pi\times6 \Rightarrow \boxed{l' = 48\pi\ m}$$

المسألة الخامسة(درس – إطار مربع)

إطار مربع الشكل طول ضلعه $4cm$، مؤلف من 100 لفة متماثلة من سلك نحاسي معزول، ندير الإطار حول محور شاقولي مار من مركزه ومن ضلعين أفقيين متقابلين بحركة دائرية منتظمة تقابل $\frac{10}{\pi}Hz$ ضمن حقل مغناطيسي أفقي شدته $5\times10^{-2}T$، خطوطه ناظمية على سطح الإطار قبل الدوران حيث الدارة مغلقة ومقاومتها $R=4\Omega$، **المطلوب :**

1- اكتب التابع الزمني للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآنية الناشئة في الإطار.
2- عين اللحظتين الأولى و الثانية التي تكون فيها قيمة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآنية الناشئة معدومة.
3- اكتب التابع لشدة التيار الكهربائي المتحرض اللحظي المار في الإطار. (نهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي)

الحل :

1- التابع الزمني للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآنية:

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

$$\varepsilon_{max}=N\,B\,s\,\omega\begin{cases}\omega=2\pi f=2\pi\times\frac{10}{\pi}=20\,rad.s^{-1}\\ l=4\times10^{-2}m\Rightarrow s_{\text{مربع}}=l^2=16\times10^{-4}m^2\end{cases}$$

$$\varepsilon_{max}=100\times5\times10^{-2}\times16\times10^{-4}\times20\Rightarrow\varepsilon_{max}=16\times10^{-2}V$$

$$\boxed{\bar{\varepsilon}=16\times10^{-2}sin20t}\quad(V)$$

2- قيمة القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآنية الناشئة معدومة $\bar{\varepsilon}=0$

$$16\times10^{-2}\sin(20t)=0$$

$$\mathrm{Sin}(20t)=0$$

$$20t=\pi k\Rightarrow t=\frac{k\pi}{20}$$

لحظة الانعدام الأولى: $k=0\Rightarrow t=0$ ، لحظة الانعدام الثانية: $k=1\Rightarrow t=\frac{\pi}{20}s$

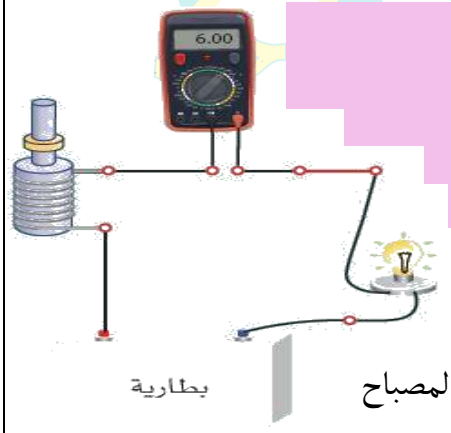
3- $$\bar{\imath}=\frac{\bar{\varepsilon}}{R}=\frac{16\times10^{-2}\sin20t}{4}$$

$$\boxed{\bar{\imath}=4\times10^{-2}\sin20t}\quad(A)$$

سؤال نظري : في الدارة الموضحة جانباً والتي تعبر عن مبدأ المحرك

1. عند إغلاق القاطعة ومنع المحرك عن الدوران نلاحظ توهج المصباح فسّر ذلك
2. ماذا يحدث لإضاءة المصباح عند السماح للمحرك بالدوران معللاً ذلك ؟
3. في المحرك الكهربائي برهن نظرياً تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية

صيغة أخرى للسؤال : في تجربة السكتين الكهرطيسية برهن أن $P_{\text{كهربائية}}=P'_{\text{ميكانيكية}}$



الحل :

1. بسبب مرور تيار كهربائي له شدة معينة ويدل عليه المقياس .
2. عند السماح للمحرك بالدوران : تبدأ سرعة دورانه بالازدياد فنلاحظ تناقص توهج المصباح ونقصان دلالة المقياس مما يدل على مرور تيار كهربائي أقل

التعليل : يوجد في المحرك وشيعة يمر فيها تيار كهربائي وخاضعة لحقل مغناطيسي يعمل على تدويرها ، فيتغير التدفق المغناطيسي عبرها فيتولد فيها قوة محركة كهربائية تحريضية عكسية تزداد بازدياد سرعة دوران المحرك ، هذه القوة مضادة (معاكسة) للقوة المحركة الكهربائية المطبقة بين قطبي المولد (فرق الكمون) فتقلل من تأثيرها ، فيقل التيار الكهربائي عبر المصباح فتخبو إضاءته .

3. عند مرور التيار الكهربائي في الساق الخاضعة لتأثير الحقل المغناطيسي المنتظم $\vec{B}$ ، فإنها تتأثر بقوة كهرطيسية شدتها: $F = ILB$

تعمل القوة الكهرطيسية على تحريك الساق بسرعة ثابتة $\vec{v}$، وتكون الاستطاعة الميكانيكية الناتجة: $P' = Fv$

$$\boxed{P' = ILBv}$$

لكن عند انتقال الساق مسافة Δx : $\Delta x = v\,\Delta t$

يتغير السطح بمقدار: $\Delta s = L\Delta x = Lv\Delta t$

يتغير التدفق بمقدار: $\Delta\emptyset = B\,\Delta s = BLv\Delta t$

فتتولد قوة محركة كهربائية متحرضة عكسية تعاكس مرور التيار (حسب لنز) قيمتها المطلقة:

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

ولاستمرار مرور تيار المولد يجب تقديم استطاعة كهربائية: $P = \varepsilon' I$

$$\boxed{P = BLvI}$$

بالموازنة بين الاستطاعتين نجد: $P' = P$ وبهذا الشكل تتحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية.

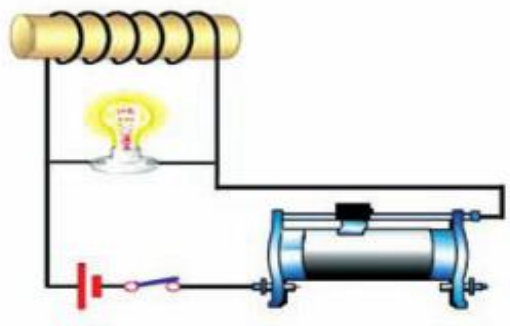
➢ التحريض الذاتي

سؤال نظري: في تجربة الموضحة في الدارة :

1. **فسر كل مما يلي :**
   - **عند فتح القاطعة يتوهج المصباح بشدة قبل أن ينطفئ**
   - **.عند إغلاق القاطعة يتوهج المصباح ثم تخبو اضاءته**
2. **ماذا ندعو الدارة ، والحادثة في هذه الحالة ولماذا ؟**

الحل :

1. - عند فتح القاطعة أي عند قطع التيار تتناقص شدة التيار المار في الوشيعة فيتناقص الحقل المغناطيسي المتولد عنه في الوشيعة فيتناقص التدفق المغناطيسي فيها فيتولد فيها قوة محركة كهربائية متحرضة وتكون $\frac{di}{dt}$ أعلى ما يمكن لحظة فصل القاطعة فيتوهج المصباح حيث dt صغير جداً ثم ينطفئ
   - عند اغلاق القاطعة تزداد شدة التيار المار في الوشيعة فيزداد الحقل المغناطيسي المتولد عنه في الوشيعة فيزداد التدفق المغناطيسي فيها فيتولد فيها قوة محركة كهربائية ع تمانع تيار المولد من المرور فيها فيمر هذا التيار في المصباح فقط فيسبب التوهج الشديد وبسبب تناقص $\frac{di}{dt}$ تخبو اضاءة المصباح ويزداد التيار تدريجياً عبر الوشيعة حتى ثبات الشدة فتنعدم القوة المحركة الكهربائية المتحرضة في الوشيعة .
2. ندعو الدارة بالدارة المتحرضة الذاتية ، وتسمى الحادثة بالتحريض الذاتي ، لأن الوشيعة قامت بدور محرّض ومتحرض بآن واحد .



سؤال نظري : وشيعة طولها l مؤلفة من N لفة يمر فيها تيار متغيّر **المطلوب :**

1. استنتج العلاقة المعبرة عن ذاتية الوشيعة وعرّف الهنري
2. اكتب علاقة التدفق الذاتي عبر الوشيعة
3. اكتب العلاقة المعبرة عن القوة المحركة التحريضية الذاتية
4. أكتب العلاقة المعبرة عن القوة المحركة التحريضية الذاتية ثم ناقشها عند :
(تزايد شدة التيار – تناقص شدة التيار)
5. أكتب العلاقة المعبرة عن ذاتية الوشيعة ثم كيف تؤول تلك العلاقة من أجل وشيعة طولها l وطول سلكها l'

الحل :

1. عند مرور تيار في وشيعة يولد حقلاً مغناطيسياً B $\Leftarrow$ $B = 4\pi \times 10^{-7} \frac{Ni}{l}$

ويكون تدفق حقله المغناطيسي $\phi = N.B.S.cos\alpha$

نعوض قانون $B_{الوشيعة}$ في علاقة التدفق فنجد (حيث $cos\alpha = 1$)

$$\phi = N.(4\pi \times 10^{-7} \frac{Ni}{l}).S \xrightarrow{\text{نرتب العلاقة ونعزل الثوابت}} \phi = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2 s}{l} i$$

$$\xrightarrow{\text{ذاتية الدارة(ثوابت الدارة)}} \boxed{L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2 s}{l}}$$

الهنري: ذاتية دارة مغلقة يجتازها تدفق ويبر واحد عندما يمر فيها تيار قدره أمبير واحد.

2. التدفق الذاتي : $\phi = L.i$

3. القوة المحركة المتحرضة الذاتية : $\boldsymbol{\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = -L\frac{di}{dt}}$

4. القوة المحركة المتحرضة الذاتية : $\boldsymbol{\varepsilon = -L\frac{di}{dt}}$

تزايد شدة التيار $\boldsymbol{di > 0 \Leftarrow \varepsilon < 0}$ (جهة التيار المتحرض عكس جهة التيار المحرّض)

تناقص شدة التيار $\boldsymbol{di < 0 \Leftarrow \varepsilon > 0}$ (جهة التيار المتحرض مع جهة التيار المحرّض)

5. ذاتية الوشيعة : $L = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{N^2 s}{l}$

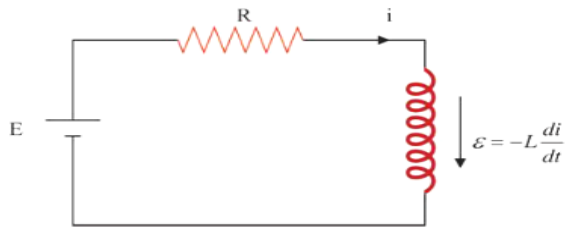
ولكن : $s = \pi r^2$

$$N = \frac{l'}{2\pi r} \xrightarrow{\text{نربع}} N^2 = \frac{l'^2}{4\pi^2 r^2}$$ عدد اللفات:

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

$$\boxed{L = 10^{-7} \frac{l'^2}{l}}$$: ذاتية وشيعة عُلم طولها l وطول سلكها l'

سؤال نظري : استنتج عبارة الطاقة الكهرطيسية المختزنة في وشيعة يجتازها تيار i كما هو موضح بالشكل



$$\sum E = Ri \Rightarrow E + \varepsilon = Ri$$

$$E - L\frac{di}{dt} = Ri \xrightarrow{\text{نضرب الطرفين } idt}$$

$$E\,idt - L\frac{di}{dt}\,idt = Ri\,idt \xrightarrow{\text{نختصر ونرتب}}$$

$$Eidt - Lidi = Ri^2dt$$

$$Eidt_{\text{طاقة مقدّمة}} = Ri^2dt_{\text{طاقة مستهلكة حرارياً}} + Lidi_{\text{طاقة مختزنة كهرطيسية}}$$

الطرف الأول $Eidt$ يمثل الطاقة التي يقدمها المولد خلال dt.

الطرف الثاني Ri^2dt: الطاقة الضائعة حرارياً بفعل جول خلال dt..

الطرف الثالث $Lidi$: الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة (نكامل)

$$E_L = \int_0^I Lidi = \boxed{\frac{1}{2}LI^2} \xrightarrow{\text{ولكن } \phi = L.I} \boxed{E_L = \frac{1}{2}\phi I}$$

المسألة 17 (عامة – وشيعة – تحريض ذاتي)

وشيعة طولها $30\ cm$ ومساحة مقطعها $3 \times 10^{-2} m^2$ وذاتيتها $L = 5 \times 10^{-3} H$. **المطلوب :**

1) احسب عدد لفاتها .
2) نمرر في الوشيعة تيار كهربائي متواصل شدته 15 A احسب الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة .
3) نجعل شدة التيار تتناقص بانتظام من 15 A إلى الصفر خلال 0.5 S ، احسب القيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية التحريضية الذاتية الناشئة في الوشيعة وحدد جهة التيار المتحرض .
4) نمرر في سلك الوشيعة تياراً كهربائياً شدته اللحظية مقدرة بالأمبير $\bar{\imath} = 20 - 5t$ ، احسب القيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية التحريضية الذاتية الناشئة فيها . (نهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي) .

الحل :

-1 حساب عدد اللفات من قانون الذاتية : $L = 4\pi \times 10^{-7} \frac{N^2 S}{l}$

$$5 \times 10^{-3} = 4\pi \times 10^{-7} \times N^2 \frac{3\times10^{-2}}{30\times10^{-2}} \Rightarrow 5 \times 10^{-3} = 4\pi \times 10^{-8} \times N^2$$

$$N^2 = \frac{5\times10^{-3}}{4\pi\times10^{-8}} \xrightarrow{4\pi=12.5} N^2 = \frac{5}{125\times10^{-1}\times10^{-5}} = \frac{1}{25\times10^{-6}} \overset{\times4}{\underset{\times4}{\Rightarrow}} N^2 = 4 \times 10^4$$

$$\Rightarrow \boxed{N = 200 \text{ لفة}}$$

-2 حساب الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة .

$$E_L = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-3} \times 225 \Rightarrow \boxed{E_L = \frac{1125}{2} \times 10^{-3}\ J}$$

-3 حساب القيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية التحريضية الذاتية الناشئة في الوشيعة وتحدد جهة التيار المتحرض .

$$\varepsilon = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} = -L\frac{(I_2 - I_1)}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = -5 \times 10^{-3} \frac{(0-15)}{5\times10^{-1}} \Rightarrow \boxed{\varepsilon = 15 \times 10^{-2} V}$$

$\frac{d\phi}{dt} < 0 \Rightarrow \bar{\varepsilon} > 0$ أي أن الحقل المحرّض متناقص حسب لنز جهة التيار المتحرض بجهة التيار المحرض

-4 حساب القيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية التحريضية الذاتية الناشئة في الوشيعة .

$$\varepsilon = -L\frac{di}{dt} = -5 \times 10^{-3} \times (-5) \Rightarrow \boxed{\varepsilon = 25 \times 10^{-3} V}$$

المسألة 18 (عامة – وشيعة – تحريض عادي + ذاتي)

وشيعة طولها $\frac{2\pi}{5}m$ وعدد لفاتها 200 لفة ، ومساحة مقطعها $20\ cm^2$ حيث المقاومة الكلية لدارتها المغلقة 5Ω

-1 نضع الوشيعة ضمن حقل مغناطيسي ثابت المنحى وجهة خطوطه توازي محور الوشيعة ، نزيد شدة هذا الحقل بانتظام خلال $0.5\ S$ من $0.04\ T$ إلى $0.06\ T$: **المطلوب :**

a) حدد على الرسم جهة كل من الحقلين المغناطيسي المحرض والمتحرض في الوشيعة وعين جهة التيار المتحرض

b) احسب القيمة الجبرية لشدة التيار الكهربائي المتحرض المار في الوشيعة .

c) احسب ذاتية الوشيعة .

-2 نرفع الوشيعة من الحقل المغناطيسي السابق ونمرر فيها تياراً كهربائياً شدته اللحظية $\bar{\imath} = 6 + 2t$

a) احسب القيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية التحريضية الذاتية في الوشيعة .

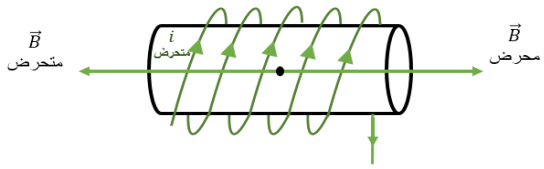
b) احسب مقدار التغير في التدفق المغناطيسي لحقل الوشيعة في اللحظتين : $t_1 = 0\ , t_2 = 1S$.

c) نمرر في سلك الوشيعة تياراً كهربائياً متواصلاً شدته $10A$ بدل التيار السابق ، احسب الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة .(يهمل تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي) .

الحل : -1

a) نلاحظ أن شدة الحقل المغناطيسي قد ازدادت وبالتالي التدفق المحرّض متزايد وبالتالي : $\Delta\Phi > 0$

حسب لنز : $\overrightarrow{B}$ محرض ، $\overrightarrow{B'}$ متحرض على حامل واحد وبجهتين متعاكستين .



b) حساب شدة التيار الكهربائي المتحرض : $\bar{\imath} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R}$

نحسب القوة المحركة الكهربائية المتحرضة : $\bar{\varepsilon} = -\frac{\overline{\Delta\Phi}}{\Delta t}$

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{N(\overline{\Delta B})S\cos\alpha}{\Delta t}\begin{cases}\alpha = \left(\widehat{\vec{n},\vec{B}}\right) = 0\\ \overline{\Delta B} = B_2 - B_1 = 0.06 - 0.04 = 0.02T\\ s = 20\ cm^2 = 20\times10^{-4}m^2\end{cases}$$

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{200\times2\times10^{-2}\times20\times10^{-4}\times1}{\frac{1}{2}} \Longrightarrow \boxed{\bar{\varepsilon} = -16\times10^{-3}V}$$

$$\bar{\imath} = \frac{-16\times10^{-3}}{5} \Longrightarrow \boxed{i = -32\times10^{-4}\ A}$$

c) حساب ذاتية الوشيعة : $L = 4\pi\times10^{-7}\frac{N^2S}{l}$

$$L = 4\pi\times10^{-7}\frac{4\times10^4\times20\times10^{-4}}{\frac{2\pi}{5}}$$

$$\boxed{L = 8\times10^{-5}H}$$

-2 a) حساب القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الذاتية :

$$\varepsilon = -L\frac{di}{dt} = -8\times10^{-5}\times(2) \Longrightarrow \boxed{\varepsilon = -16\times10^{-5}\ V}$$

b) حساب مقدار التغير في التدفق المغناطيسي

$$t_1 = 0\ , t_2 = 1S$$

$$\Phi = L\,i \Longrightarrow \Delta\Phi = L.\Delta i$$

$$\Delta\Phi = L\,(i_2 - i_1)$$

$$\Delta\Phi = 8\times10^{-5}(8-6)$$

$$\boxed{\Delta\Phi = 16\times10^{-5}Weber}$$

c) حساب الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة .

$$E_L = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2}\times8\times10^{-5}\times100 \Longrightarrow \boxed{E_L = 4\times10^{-3}\ \mathrm{J}}$$

المسألة 19 (عامة – وشيعة – كهرطيسية + تحريض عادي)

وشيعة طولها $\frac{2\pi}{5}m$ وعدد لفاتها 1000 لفة ، نصف قطر مقطعها $2\ cm$ ، ومقاومة دارتها الكهربائية المغلقة 5Ω مؤلفة من سلك نحاسي معزول قطر مقطعه $\frac{\pi}{500}m$ **المطلوب :**

1- احسب طول سلك الوشيعة واحسب عدد الطبقات .

2- احسب ذاتية الوشيعة . باعتبار $(\pi^2 \approx 10)$

3- نعلق الوشيعة من منتصفها بسلك شاقولي عديم الفتل ونجعل محورها أفقياً عمودياً على خطوط حقل مغناطيسي منتظم أفقي شدته $10^{-2}\ T$ ونمرر فيها تياراً كهربائياً شدته $4A$ **المطلوب :**

A) احسب قيمة عزم المزدوجة الكهرطيسية عندما تكون قد دارت زاوية 60° .

B) احسب عمل المزدوجة الكهرطيسية المؤثرة في الوشيعة من لحظة امرار التيار حتى اللحظة التي تكون فيها قد دارت بزاوية 30° .

4- نقطع التيار السابق عن الوشيعة وهي في وضع التوازن المستقر ثم ندورها حول السك الشاقولي خلال $0.5\ S$ ليصبح محورها عمودياً على خطوط الحقل المغناطيسي ، **المطلوب :**

A) احسب شدة التيار المتحرض المتولد في الوشيعة .

B) احسب كمية الكهرباء المتحرضة خلال الزمن السابق .

5- نعيد الوشيعة إلى وضع التوازن المستقر ثم ندخل بداخلها نواة حديدية عامل انفاذها 50 احسب شدة الحقل المغناطيسي داخل النواة الحديدية واحسب قيمة التدفق المغناطيسي داخل الوشيعة .

الحل : باعتبار $(4\pi \approx 12.5)$

-1 - حساب طول سلك الوشيعة : $N = \frac{l'}{2\pi r} \Rightarrow l' = 2\pi r\ N$

$$l' = 2\pi \times 2 \times 10^{-2} \times 1000 = 40\pi\ m$$

- حساب عدد الطبقات : عدد الطبقات $= \frac{N}{N'}$

حساب N' : لفة في الطبقة الواحدة $N' = \frac{l}{(2r)} = \frac{\frac{2\pi}{5}}{\frac{\pi}{500}} = 200$

عدد الطبقات $= \frac{1000}{200} = 5$ طبقة

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

نحسب مساحة مقطع الوشيعة : $S = \pi r^2 = 4\pi \times 10^{-4} m^2$

$$L = 4\pi \times 10^{-7}\frac{10^6 \times 4\pi \times 10^{-4}}{\frac{2\pi}{5}} = 125 \times 10^{-5}\ H$$

-3

A) حساب قيمة عزم المزدوجة الكهرطيسية عندما تكون قد دارت زاوية 60° .

$$\alpha = 90^0 - \theta' = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$$

$$\Gamma_\Delta = N\ I\ S\ B\ \sin\alpha$$

$$\Gamma_\Delta = 1000 \times 4 \times 4\pi \times 10^{-4} \times 10^{-2} \times \frac{1}{2} = 8\pi \times 10^{-3}$$

$$\boxed{\Gamma_\Delta = 25 \times 10^{-3}\ m.N}$$

B) حساب عمل المزدوجة الكهرطيسية المؤثرة في الوشيعة من لحظة امرار التيار حتى اللحظة التي تكون فيها قد دارت بزاوية 30° .

دارت بزاوية 30° أي أن : $\alpha_2 = 90^0 - \theta' = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$ ، لحظة إمرار التيار $\alpha_1 = 0$

$$W = I\,\Delta\Phi = I\,N\,B\,S\,(\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1)$$

$$W = 4 \times 1000 \times 10^{-2} \times 4\pi \times 10^{-4}\left(\frac{1}{2} - 0\right) = 8\pi \times 10^{-3}$$

$$\boxed{W = 25 \times 10^{-3}\ \mathrm{J}}$$

-4 A) حساب شدة التيار المتحرض المتولد في الوشيعة $i = \frac{\varepsilon}{R}$

$$\alpha_1 = 0 \xrightarrow{\text{دارت الوشيعة}} \alpha_2 = \frac{\pi}{2} rad$$

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{N\,B\,S\,(\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1)}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = -\frac{1000 \times 4\pi \times 10^{-4} \times 10^{-2}(0-1)}{\frac{1}{2}} = 25 \times 10^{-3}\ \text{volt}$$

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{25 \times 10^{-3}}{5}$$

$$\boxed{i = 5 \times 10^{-3}\ \mathrm{A}}$$

B) احسب كمية الكهرباء المتحرضة خلال الزمن السابق .

$$\Delta q = i\Delta t = 5 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^{-1} \Longrightarrow \boxed{\Delta q = 25 \times 10^{-4}\ \mathrm{C}}$$

-5 حساب شدة الحقل المغناطيسي داخل النواة الحديدية :

$$\mu = \frac{B_t}{B} \Rightarrow B_t = \mu\, B = 50 \times 10^{-2}$$

$$\boxed{B_t = 5 \times 10^{-1} T}$$

حساب قيمة التدفق المغناطيسي داخل الوشيعة .

$$\Phi = N\, B_t . S\, \cos\alpha$$

$$\Phi = 1000 \times 5 \times 10^{-1} \times 4\pi \times 10^{-4} \times \cos 0$$

$$\boxed{\Phi = 2\pi \times 10^{-1}\ Weber}$$

.....

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. وشيعة طولها $l = 10cm$، وطول سلكها $l' = 10m$، فقيمة ذاتيتها:

$a.\ 10^{-4}H$ $b.\ 10^{-5}H$ $c.\ 10^{-3}H$ $d.\ 10^{-7}H$

الإجابة الصحيحة: a) $L = 10^{-4}H$

توضيح اختيار الإجابة:

$$L = 4\pi \times 10^{-7}\frac{N^2}{l}s = 4\pi \times 10^{-7}\frac{\left(\frac{l'}{2\pi r}\right)^2}{l}\pi r^2 = 10^{-7}\frac{(l')^2}{l} = 10^{-7}\frac{(10)^2}{10 \times 10^{-2}} = 10^{-4}H$$

2. في تجربة السكتين التحريضية حيث الدارة مغلقة تكون القيمة المطلقة لشدة التيار المتحرض:

$a.\ BLv$ $b.\ \frac{BLv}{R}$ $c.\ 0$ $d.\ \frac{BLv}{i}$

الإجابة الصحيحة: b) $i = \frac{B\,L\,v}{R}$

ثانياً: ماذا تتوقع حدوثه في كل من الحالات الآتية معللاً إجابتك:

1- في تجربة السكتين التحريضية حيث الدارة مغلقة، نزيد سرعة تدحرج الساق على السكتين.

الحدث: تزداد شدة التيار المتحرض.

التعليل: كونها تتناسب طرداً مع سرعة التدحرج $i = \frac{B\,L\,v}{R} = const\ v$

2- تقريب القطب الشمالي لمغناطيس من أحد وجهي وشيعة يتصل طرفاها ببعضهما البعض .

الحدث: يتولد تيار متحرض في الوشيعة بحيث يصبح وجه الوشيعة المقابل للقطب الشمالي وجهاً شمالياً.

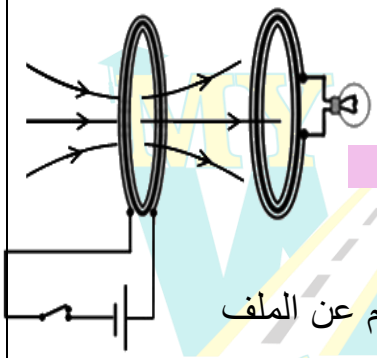
التعليل: تقريب القطب الشمالي للمغناطيس يسبب تزايد التدفق المغناطيسي (المُحرض) الذي يجتاز حلقات الوشيعة فحسب قانون لنز تكون جهة التيار المتحرض بحيث تنتج أفعالاً تعاكس السبب الذي أدى إلى حدوثه وكما نعلم الوجه الشمالي يتنافر مع القطب الشمالي ليمنع التقريب.

3- تقريب القطب الشمالي لمغناطيسي من احد وجهي حلقة نحاسية دارتها مفتوحة.

الحدث: يتولد قوة محركة كهربائية متحرضة مساوية لفرق الكمون بين طرفي الحلقة.

التعليل: تتأثر الإلكترونات الحرة بقوة لورنز (المغناطيسية) فتنتقل تلك الالكترونات وتتراكم شحنات سالبة عند طرفي الحلقة وشحنات موجبة عند الطرف الآخر للحلقة فينشأ فرق في الكمون بين طرفي الحلقة.

ثالثاً : اجب عن الاسئلة الآتية:



1. ملفان متقابلان الأول موصول إلى بيل كهربائي و الثاني إلى مصباح، هل يضيء المصباح إذا كان الملفان ساكنين؟ في حال النفي ماذا نفعل ليضيء المصباح؟ ولماذا؟

لا يضيء المصباح إذا كان الملفان ساكنين لأن التدفق المغناطيسي للحقل المغناطيسي الناجم عن الملف الأول يتغير من خلال الملف الثاني.
ليضيء المصباح يجب أن يتغير التدفق المغناطيسي للحقل المغناطيسي الناجم عن الملف الأول ويمكن تحقيق ذلك:

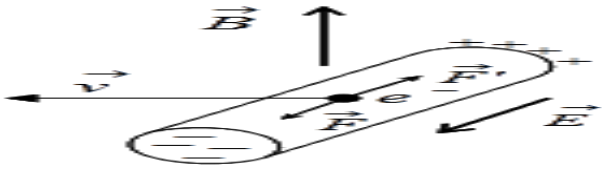
- بفتح وغلق القاطعة باستمرار في دارة الملف الأول
(فتتغير شدة الحقل المغناطيسي الناجم عن الملف الأول و بالتالي يتغير التدفق المغناطيسي لهذا الحقل من خلال الملف الثاني فيتولد تيار كهربائي متحرض يسبب إضاءة المصباح).
- تحريك أحد الملفين نحو الآخر.
- استبدال البيل الكهربائي بمنبع تيار كهربائي متناوب.

2. في تجربة الساق المتحركة بوجود الحقل المغناطيسي المنتظم في دارة مفتوحة، تتراكم الشحنات الموجبة في طرف و الشحنات السالبة في طرف آخر، و يستمر التراكم إلى أن يصل إلى قيمة حدية يتوقف عندها. فسر ذلك.

تفسير الوصول إلى قيمة حدّية لتراكم الشحنات الكهربائية على طرفي الساق:

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

الرسم :



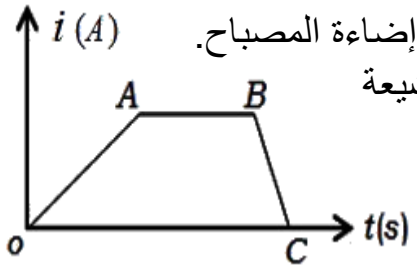
3. بين الخط البياني المرسوم جانباً تغيرات تيار المولد المار في الوشيعة في حادثة التحريض الذاتي.

a. ماذا تمثل كل من المراحل $(OA\ ,AB\ ,BC)$.

b. أيهما أكبر، القوة المحركة الكهربائية المتحرضة عند إغلاق الدارة أم عند فتحها.

c. في أي المراحل تزداد الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة؟ وفي أي المراحل تكون ثابتة؟ وفي أي المراحل تتناقص الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة.

a. **المرحلة OA (إغلاق القاطعة)** تزايد شدة تيار المولد المار في الوشيعة فيتوهج المصباح نسبياً ثم يعود لإضاءته الخافتة.



المرحلة AB ثبات شدة التيار الكهربائي المار في الوشيعة فيثبت شدة إضاءة المصباح.

المرحلة BC(فتح القاطعة) تناقص شدة التيار الكهربائي المار في الوشيعة فيتوهج المصباح بشدة ثم ينطفئ.

b. عند فتح الدارة تكون القوة المحركة الكهربائية المتحرضة أكبر من القوة المحركة الكهربائية المتحرضة عند غلق القاطعة.

لأن: القيمة المطلقة للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة $\bar{\varepsilon} = -L\frac{\overline{di}}{dt}$ تتناسب عكساً dt **وزمن** تناقص شدة التيار في المرحلة BC **أصغر** من زمن تزايد التيار في المرحلة OA لذا تكون القوة المحركة الكهربائية المتحرضة أكبر عند فتح الدارة.

c. تزداد الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة في المرحلة OA.

تكون الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة ثابتة في المرحلة AB.

تتناقص الطاقة الكهرطيسية المختزنة في الوشيعة في المرحلة BC وتتحول إلى طاقة كهربائية.

4. وشيعة يمر فيها تيار كهربائي متغير شدته i:

a. اكتب عبارة شدة الحقل المغناطيسي المتولد داخلها نتيجة مرور التيار.

b. اكتب عبارة التدفق المغناطيسي للحقل المغناطيسي.

c. استنتج العلاقة المحددة للقيمة الجبرية للقوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآنية الذاتية المتحرضة فيها موضحاً متى تنعدم قيمة هذه القوة.

(محلول في النظري)

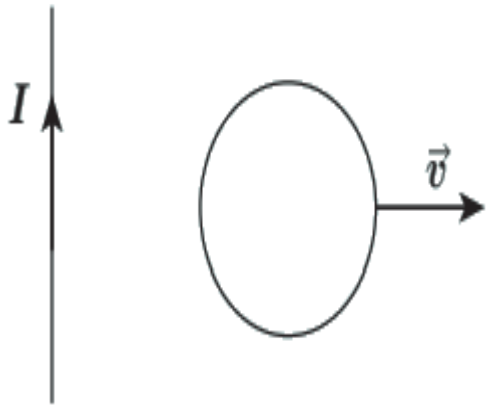
5. تنعدم قيمة هذه القوة المحركة الكهربائية المتحرضة الآنية الذاتية عند ثبات قيمة التيار.

في الشكل المجاور ملف دائري نحركه بسرعة ثابته $\vec{v}$ عمودية على السلك المستقيم، المطلوب:

a. حدد على الرسم جهة الحقل المغناطيسي المتولد عن مرور التيار الكهربائي في السلك المستقيم عند مركز الملف الدائري.

b. حدد على الرسم جهة الحقل المغناطيسي المتحرض المتولد في الملف وجهة التيار الكهربائي المتحرض.

c. صف ما يحدث إذا أوقفنا الملف عن الحركة، معللاً إجابتك؟



c. في حال أوقفنا الملف عن الحركة فإنه لا ينشأ تيار متحرض في الملف لأنه لا يوجد تغيّر في التدفق المغناطيسي.