الوحدة 3
الثالثة

الكفاءات المستهدفة :

- يفسر ظهور القوة المحركة الكهربائية المحرضة عن طريق التغير في التدفق المغناطيسي
- يفسر بقانون لنز تغير جهة التيار الكهربائي المتناوب المتولد
- يفسر مبدأ المنوب
- يقيس ذاتية وشيعة

■ ما هو مبدأ تشغيل المنوبات ؟

التحريض الكهرومغناطيسي

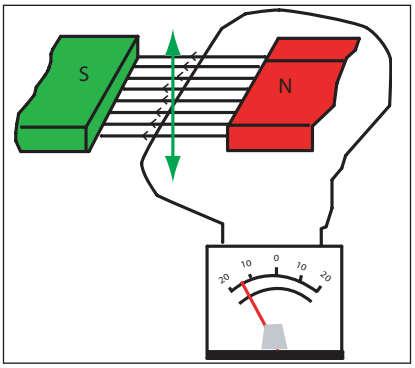
رأيت في الوحدة السابقة أن التيارات الكهربائية (شحنات كهربائية متحركة) تولد من حولها حقولا مغناطيسية وتعرفت على القوة التي يؤثر بها حقل مغناطيسي على ناقل يسري فيه تيار. التمعن في تلك الظواهر يؤدي بنا منطقيا إلى السؤال التالي : إذا كانت التيارات الكهربائية تولد حقولا مغناطيسية، فهل يمكن إنتاج تيارات كهربائية بواسطة الحقول المغناطيسية؟ كيف يمكن تحقيق ذالك؟ ما هو المبدأ الذي يقوم عليه المولد الكهربائي؟ والمحول الكهربائي؟ الجواب عن هذه الأسئلة وما يرافقها من توضيحات وتطبيقات هو موضوع هذه الوحدة.

1 – ظاهرة التحريض

1 – 1 – توليد تيار في دارة كهربائية لا تحتوي على مولد

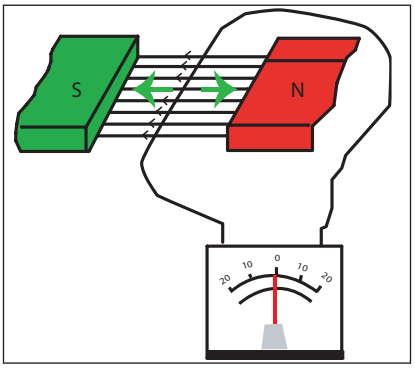
نشاط1 : توليد التيار المتحرض في ناقل مستقيم

حقق دارة مكونة من قضيب نحاسي (سلك مستقيم) وأسلاك توصيل تربطه بجهاز غالفانومتر. أدخل القضيب بين فرعي مغناطيس (قوي) على شكل حرف U في وضع عمودي على خطوط الحقل ثم حركه بسرعة في اتجاه يقطع هذه الخطوط عموديا خلال حركته ولاحظ مؤشر الغلفانومتر (الشكل1). ماذا يحدث في الغلفانومتر؟ أوقف الحركة. ماذا تلاحظ؟



الشكل 1

حركه الآن في اتجاه يوازي خطوط الحقل (الشكل2). ماذا تلاحظ؟ هل يتحرك مؤشر الغلفانومتر؟



الشكل 2

– صف في فقرة قصيرة ملاحظاتك واستنتج شروط بروز التيار في الدارة وعلاقته بجهة ومنحى الحركة.

استنتج بإكمال الفراغات

عندما يتحرك ناقل ينتمي لدارة .... في حقل مغناطيسي و..... خطوط هذا الحقل .... حركته، .... فيه تيار كهربائي رغم .... احتواء الدارة لمولد. ينقطع هذا التيار بمجرد توقف الناقل عن .... خطوط الحقل. نسمي التيار المتولد في هذه الظروف تيار متحرض.

نشاط2 : توليد التيار المتحرض في وشيعة :

خذ وشيعة وصل طرفيها بغلفانومتر كما في (الشكل3).

– ضع الوشيعة على طاولة ثم قرب من أحد وجهيها القطب الجنوبي لقضيب مغناطيسي.

ماذا تلاحظ؟ أوقف القضيب فجأة، ماذا يحدث ؟ أبعد المغناطيس عن وجه الوشيعة. ماذا يحدث؟

الشكل 3

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

التحريض الكهرومغناطيسي

– اعد العمليات السابقة في جوار الوجه الآخر للوشيعة. ماذا تلاحظ؟

– اعد نفس العمليات بقريب القطب الشمالي للمغناطيس من وجه الوشيعة؟ ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟ متى يتولد التيار المتحرض في دارة الوشيعة ومتى ينقطع؟ في أي جهة يسري في كل حالة ومتى يغير جهته؟

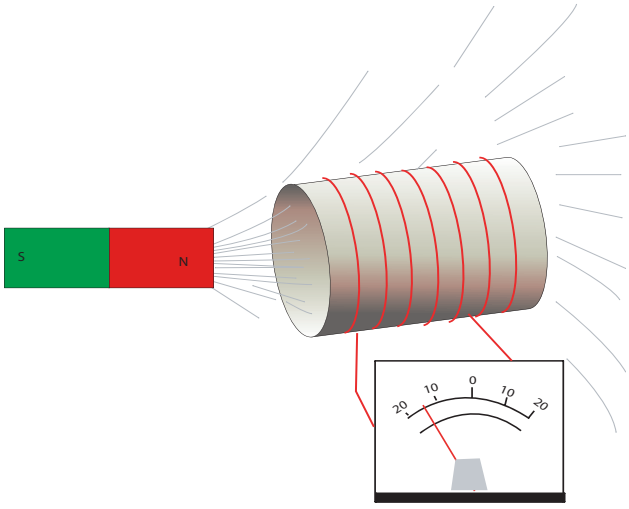
– أعد التجربة بتثبيت المغناطيس وتحريك الوشيعة (بدل من القضيب). صف ماذا يحدث في كل مرحلة وقارن النتيجة مع ما استنتجته في التجارب السابقة. ماذا تستنتج؟

– لخّص في فقرة وجيزة أهم ملاحظاتك في التجارب السابقة مدعما كل منا برسم توضيحي.

بماذا تتعلق جهة التيار المتحرض المتولد في الوشيعة؟

استنتج بإكمال الفراغات

عند تقريب أو ... أحد قطبي قضيب مغناطيسي من وشيعة في دارة مغلقة (أو تحريك .... أمام القضيب)، .... فيها تيار كهربائي متحرض و.... عند توقيف .... تتعلق .... التيار المتحرض بجهة حركة .... (أو الوشيعة) ونوعية القطب (أو ....) المقدم وكل .... في هذه العناصر يحدث تغيرا في .... التيار المتولد.



■ الشكل 4

1 – 2 – تفسير أول لظاهر التحريض:

باعتماد مفهوم قطع الناقل لخطوط الحقل المغناطيسي الوارد في النشاط الأول حاول إبراز هذه الظاهرة وشرح كيف يتم هذا القطع في حالة الوشيعة. استعن برسم طيف القضيب لتوضيح ذلك.

2 – مفهوم التدفق المغناطيسي :

لتفسير ظاهرة التحريض المغناطيس التي ينشأ عنها التيار المتحرض في دارة مغلقة رغم غياب مولد كهربائي يستعمل الفيزيائيون مفهوم التدفق المغناطيسي لخطوط الحقل عبر دارة مغلقة. ما هو هذا المفهوم وبماذا يتعلق؟

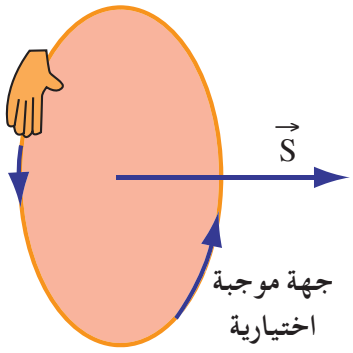
عندما نضع دارة مغلقة (حلقة مثلا) في حقل مغناطيسي يمكن أن نتخيل عبور خطوط هذا الحقل عبر هذه الحلقة فنقول أنه يحدث تدفقا لهذه الخطوط عبر الدارة. من الواضح أن كيفية هذا التدفق يختلف حسب الوضع النسبي للحلقة في هذا الحقل.

لتوضيح الصورة يمكن أن نتخيل حالة غربال نغمره في ماء يجري. كمية الماء المتدفقة عبر الغربال تختلف حسب ما إذا وضعنا سطحه عموديا على جهة جريان الماء أو مائلا بزاوية. كما أننا نلاحظ أن تدفق الماء عبره يكون منعدما إذا كان السطح موازيا لجهة سريا الماء.

كما أن هذا التدفق (أي كمية الماء المتدفقة) يتعلق بقيمة سطح الغربال المغمور في الماء وبسرعة جريان الماء. ولكن ما علاقة هذا المثال بالتدفق المغناطيسي؟ يعطي هذا المثال صورة تسمح بمقاربة مفهوم التدفق المغناطيسي إذا اعتبرنا أن سطح الغربال يلعب دورة سطح الدارة (الحلقة) وجهة سريان المار هو جهة خطوط الحقل وسرعة المياه هي شدة الحقل هنا.

2 – 1 – شعاع السطح

بما أن وضع سطح الدارة بالنسبة لخطوط الحقل وقيمة مساحته تلعب دورا رئيسيا في مفهوم التدفق، فيمكن أن نعبر عن ذلك بشعاع $\vec{S}$ يدعى شعاع السطح (الذي عرفناه في فقرة الإطار المتحرك) يميز السطح بخصائصه كما يلي :



– نقطة تطبيقه مركز الحلقة

– حامله عمودي على مستوى سطح الحلقة

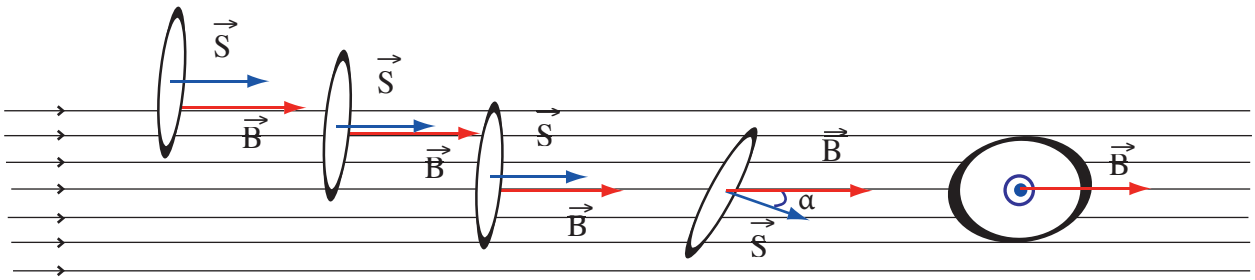
– شدته تساوي عدديا قيمه مساحة الحلقة

– جهته هي المشار إليها بالإبهام في قاعدة اليد اليمني المطبقة هنا كما يلي :

نختار اتجاه موجب على سلك الحلقة ونضع كف اليد اليمنى على السلك حيث الأصابع في هذا الاتجاه الموجب المختار فالإبهام يشير لجهة $\vec{S}$.

2 – 2 – عبارة تدفق الحقل عبر سطح دارة

نغمر حلقة $\vec{S}$ في حقل مغناطيسي $\vec{B}$ منتظم فيتغير تدفق خطوط الحقل فيها بتغير وضعها النسبي على خطوط الحقل كما هو موضح في الشكل:



يوضح الشكل كيفية تدفق (عبور) خطوط الحقل عبر الوشيعة ومنه يمكن أن نقبل أن التدفق عبرها يتزايد من الوضع 1 إلى 2 ليصبح أعظميا في 3 وينقص في الحالة التي يميل فيها السطح عن الخطوط بزاوية α الحالة 4 وينعدم عندما يصنع شعاع السطح 90° مع شعاع الحقل الحالة 5 .

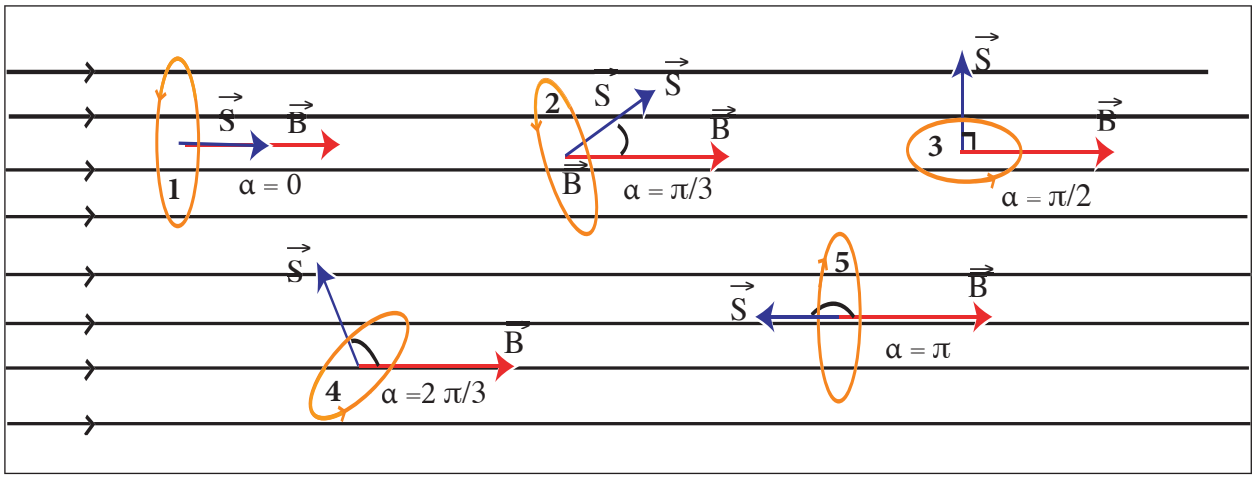
من هذه الملاحظات يمكن أن نقبل دون برهان ما يلي:

– التدفق المغناطيسي Φ، لحقل مغناطيسي شدته B تعبر خطوطه سطحا S من دارة مغلقة ويصنع زاوية α مع سطح هذه الدارة، يعطى بالعلاقة: $\Phi = B.S.\cos\alpha$

وحدة التدفق في النظام الدولي للوحدات SI هي الويبر Weber رمزها (Wb)

أو التسلا (T) في المتر المربع (m^2) أي: $1Wb = 1Tx1m^2$.

– إذا كانت الدارة عبارة عن وشيعة تحتوي N لفة، فإن خطوط الحقل تتدفق عبر عدد N من السطوح فيكون التدفق الإجمالي إذن: $\Phi = N.B.S.\cos\alpha$



تطبيق: أعط عبارة التدفق في الحالات المقترحة في الشكل التالي

2 – 3 – علاقة التيار المتحرض بالتدفق المغناطيسي :

نشاط1 : وصف وتحليل التجارب بواسطة التدفق

– اعتمادا على عبارة التدفق المغناطيسي، أعطي تحليلا للتجارب السابقة مبرزا سبب ظهور التيار المتحرض في كل حالة وموضحا المقدار أو المقادير التي تتغير محدثة بروز التيار المتحرض في الدارة.

– اقترح برتوكولا تجريبيا دقيقا يسمح بتوضيح دور B و S و α كل على حدة باستعمال وشيعة مسطحة صغير وغالفانومتر وقضيب مغناطيسي. صف خطوات كل تجربة وكيفية إجرائها عمليا مع إبراز في كل حالة المقدار المتغير والمسبب في ظهور هذا التيار.

2 – 3 – 1 – قانون فراداي (Faraday) : علاقة شدة التيار بتغير التدفق.

أدرك فراداي أهمية اكتشاف أرستيد بتجربة تأثير التيار على البوصلة، وقام بعدة تجارب أدته إلى اقتراح مفهوم خطوط الحقل ومفهوم التدفق المغناطيسي وعدة اكتشافات أخرى. فهو الذي قدم أول فرضية حول إمكانية إنتاج تيار كهربائي بواسطة الحقل المغناطيسي وراح يجرب ذلك إلى أن صاغ القانون الذي يحمل اسمه والذي يعطي علاقة شدة التيار المتحرض بتغير التدفق المغناطيسي.

فسَّر فراداي مرور التيار المتحرض في ناقل مغمور في حقل مغناطيسي عند حدوث تغير في التدفق، ببروز قوة كهربائية محركة تحرضية e (فرق كمون) (force electro motrice induite) بين طرفي الناقل تكون سببا لمرور التيار المتحرض i عبره.

وتمكن من إثبات أن قيمة هذه القوة الكهربائية المحركة التحريضية تتعلق ليس بتغير التدفق فحسب بل بسرعة هذا التغير أي أنها تتعلق بتغير التدفق $\Delta\Phi$ والمدة الزمنية Δt التي يحدث خلالها هذا التغير أي :

$|e| = \Delta\Phi / \Delta t$ وهي العلاقة التي تسمى قانون فراداي.

حيث : e بالفولط (V)، و $\Delta\Phi$ بالويبر (Wb) وΔt بالثانية (s)

تطبيق: كيف يمكن إثبات هذه العلاقة كيفيا في التجارب السابقة. صف العمليات والخطوات التي تتبعها للوصول لهذه النتيجة. أعد بعض التجارب وتأكد منها.

2 – 3 – 2 – قانون لنز (Lenz) : علاقة جهة التيار بتغير التدفق.

من التجارب السابقة وباعتبار علاقة التدفق يظهر جليا أن التيار المتحرض يظهر كلما حدث تغير $\Delta\Phi$ في التدفق المغناطيسي Φ عبر الدارة المعتبرة وذلك عند حدوث أي تغير في قيمة أو جهة أو حامل كل من شعاعي الحقل $\vec{B}$ و/أو السطح $\vec{S}$.

لربط جهة التيار بتغير التدفق يجب فحص الوشيعة المستعمل لاكتشاف جهة لف السلك على حامل الوشيعة ثم الاعتماد على إشارة الغالفانومتر لمعرفة جهة التيار في الوشيعة.

التحريض الكهرومغناطيسي

تعلم من دراستك السابقة أن الوشيعة التي يمر فيها تيار تولد حقلا مغناطيسيا وتشبه بذلك قضيبا مغناطيسيا باكتسابها وجه شمالي ووجه جنوبي. يمكن تحديد جهة الحقل داخل الوشيعة بقاعدة اليد اليمنى واستنتاج بذلك أي الوجهين شمالي وأيهما جنوبي.

– اعد البعض من التجارب السابقة وعين جهة التيار المتحرض في الوشيعة في كل مرة مع تسجيل ظروف بروزه (تقريب أو إبعاد؛ قطب شمالي أم جنوبي؟).

– عين في كل حالة نوعية الوجهين أثناء مرور التيار المتحرض. ماذا تلاحظ؟

– كيف تقابل الوشيعة اقتراب قطب شمالي من أحد طرفيها؟ أيُّ « وجه تقدمه له »؟ وكيف يصبح هذا الوجه خلال إبعاد القطب الشمالي منه؟

– قارن التدفق الناتج عن الحقل المتحرض (للوشيعة) مع تدفق الحقل المحرض (للقضيب)

– ماذا تستنتج؟ تأكد من ذلك في الحالات السابقة. هل هي قاعدة عامة؟

نص قانون لنز: يكون للتيار المتحرض جهة بحيث يعاكس بآثاره السبب الذي أدى إلى وجوده.

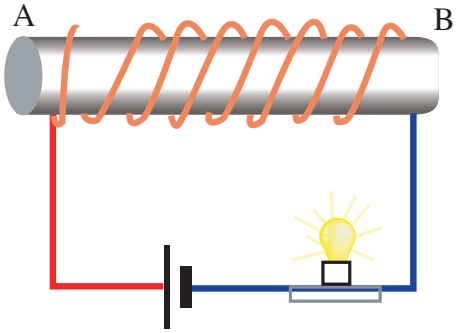
رأينا في التجارب السابقة وحسب قانون فرداي أن سبب مرور هذا التيار هو بروز قوة كهربائية محركة e بسبب تغير التدفق المغناطيسي عبر الدارة وحسب قانون لنز يكون للتيار المتحرض، جهة بحيث تعاكس آثاره السبب الذي أحدثه. أي أنه يُحدث بمروره حقلا مغناطيسيا متحرضا ليمانع التغير في التدفق المحرض وهذا ما يوضحه قانون لنز بالعلاقة: $e = - \Delta\Phi / \Delta t$ أين الإشارة « – » تعبر عن أن إشارة e عكس إشارة $\Delta\Phi$. وهذه العلاقة صالحة في حالة فترات زمنية Δt قصيرة جدا والأدق أن نكتبها على الشكل : $e = - d\Phi / dt$.

3 – التحريض في دارة يسري فيها تيار:

رأينا فيما سبق أن كل تغير في التدفق المغناطيسي عبر دارة لا تحتوي على مولد يؤدي إلى نشوء تيار كهربائي متحرض في هذه الدارة. وماذا يحدث في دارة يسري فيها تيار؟

نشاط:

– حقق الدارة المبينة في الشكل المقابل. قم بالعمليات الآتية لاحظ ماذا يحدث ثم وضح مع التعليل ما يحدث لإضاءة المصباح عندما نقرب إلى الطرف A:



أ – مغناطيسا من طرفه الشمالي

ب – مغناطيسا من طرفه الجنوبي

جـ – قطعة حديدية غير ممغنطة

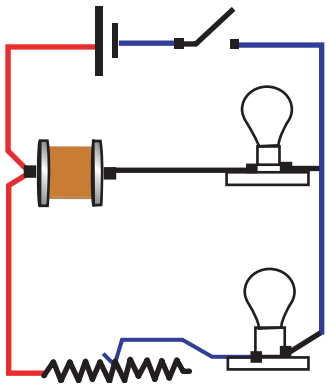
التحريض الكهرومغناطيسي

4 – ظاهرة التحريض الذاتي :

لاحظت في النشاط السابق أن ظاهرة التحريض لا تخص الدارات التي لا تحتوي على مولد بل تشمل كل الدارات التي يحدث فيها تغير في التدفق المغناطيسي يسري فيها تيار أم لا. وفي هذه الفقرة سنتطرق لحالة الوشيعة التي نتساءل حول ما إذا التغير في التدفق المغناطيسي عبرها والناتج عن التيار الذي يسري فيها يُحدث فيها ظاهرة التحريض وكيف يكون تصرفها في هذه الحالة.

نسمي هذه الظاهرة التحريض الذاتي إذ أن التيار الذي يسري في الوشيعة هو نفسه الذي يُحدث الظاهرة إثر تغيره وهو الذي يتأثر بها.

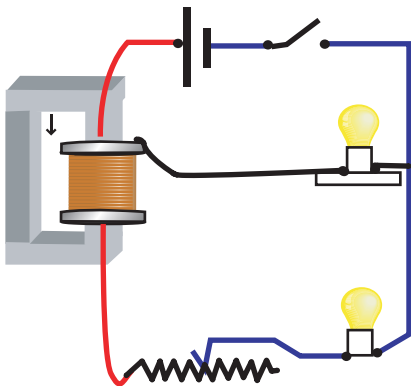
نشاط :



لملاحظة الظاهرة، واستنتاج العوامل التي تتعلق بها، حقق الدارة الموضحة في الشكل المقابل حيث المصباحين متماثلين.

أ – أغلق القاطعة وغير في قيمة المقاومة (المعدلة) إلى أن يتوهج المصباحان بنفس الكيفية. كيف يكون التيار في الفرعين في هذه الحالة؟ ومقاومة الفرعين؟

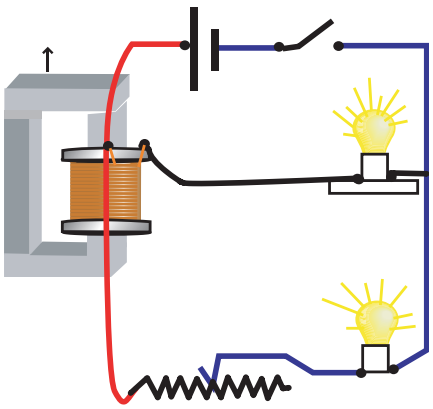
– افتح الدارة ثم أغلقها مراقبا توهج المصباحين؟ ماذا تلاحظ عند غلق القاطعة؟



وعند فتحها؟

ب – أدخل قطعة من الحديد اللين في الوشيعة ثم أغلق القاطعة مراقبا توهج المصباحين. ماذا تلاحظ؟ هل تلاحظ نفس الحدث أثناء غلق القاطعة وعند فتحها؟

ج – أدخل الآن الوشيعة في قطعة حديد لين على شكل حرف U ثم أغلق الحديدة بقطعة مستقيمة كما في الشكل. ثم أغلق القاطعة ملاحظا توهج المصباحان.



– هل تلاحظ نفس الحدث أثناء فتح القاطعة؟

– حاول فصل القطعة المستقيمة عن الحرف U. ماذا تلاحظ؟ هل يمكنك تفسير ذلك؟ علل.

لخص في فقرة ملاحظاتك وأعط تحليلا دقيقا لكل مرحلة.

برهن أن في المرحلة الأخيرة أي عند فتح القاطعة وعند فصل القطعة الحديدية تحدث ظاهرة التحريض الذاتي في الدارة ولكن لا يمكن لأحد المصباحين أن يتأخر أو يتقدم عن الآخر في توهجه عكس ما يحدث أثناء غلق القاطعة. علل إجابتك.

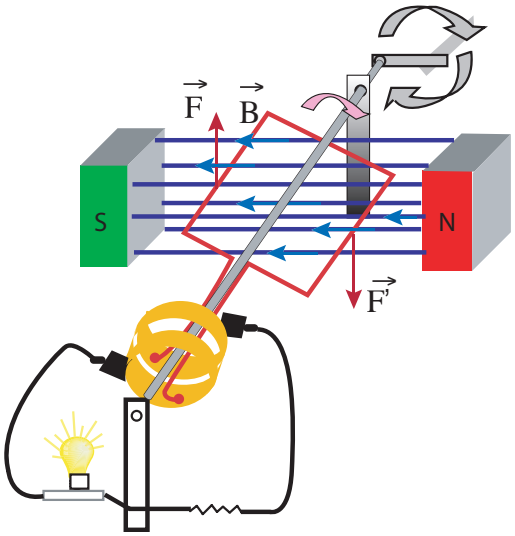
التحريض الكهرومغناطيسي

5 – تطبيقات ظاهرة التحريض :

لاحظت في الفقرة السابقة كيفية إنتاج تيار كهربائي اعتمادا على حركة مغناطيس أمام وشيعة (دارة مغلقة) و / أوتحريك وشيعة أمام مغناطيس. وعلمت أن هذا التيار يتلاشى عند غياب سبب حدوثه.

لهذه الظاهرة تطبيقات كثيرة ومتعددة وفي أقصى الأهمية. نتطرق لبعض هذه التطبيقات فيما يلي والبعض الآخر في الفقرات اللاحقة. وللمزيد والتوسع تجد الكثير منها في المراجع وشبكة الأنترنيت.

5 – 1 – مبدأ اشتغال المولد الكهربائي :



تتكون المولدات الكهروبائية مثل المحركات الكهروبائية من عنصرين أساسيين عنصر ثابت (مغناطيس أو وشيعة) يدور بداخله العنصر المتحرك (وشيعة أو مغناطيس) ويعتمد مبدأ اشتغالها على الحركة الدورانية للعنصر المتحرك مثل ما هو الحال في المحرك الكهربائي. ويكمن الفرق بينهما في مصدر الطاقة الأصلي حيث في المحرك تقدم الطاقة للمحرك على شكل كهربائي لحولها إلى شكل ميكانيكي بينما في المولد الكهربائي تقدم له الطاقة على شكل ميكانيكي (تحريك العنصر المتحرك) ليحولها إلى شكل كهربائي بظهور تيار متحرض في وشيعته.

بناء على هذا المبدأ يمكن تخيل تركيبا لمولد كهربائي في أبسط أشكاله والمكون من إطار نلف عليه عدة لفات من سلك رقيق مغلف بعازل نهايتاه متصلتان بحلقتين رقيقتين وناقلتين والكل يمكنه الدوران حول محور يمر من مركز الإطار.

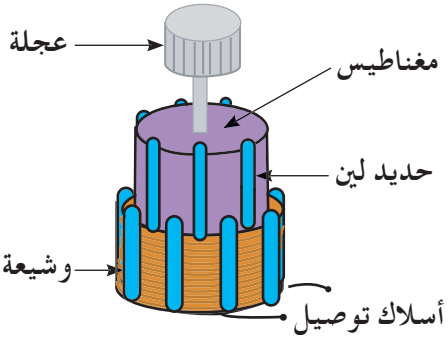
الإطار مغمور داخل حقل مغناطيسي منتظم خطوطه عمودية على محور الدوران والحلقتان تلامسان، خلال دورانهما، قطعتين من الفحم (ناقل) وهما متصلتان مع أسلاك الدارة الخارجية.

ماذا يحدث للتدفق المغناطيسي عبر الوشيعة عندما يدور الإطار حول محوره؟ وما أثر ذلك؟ علل.

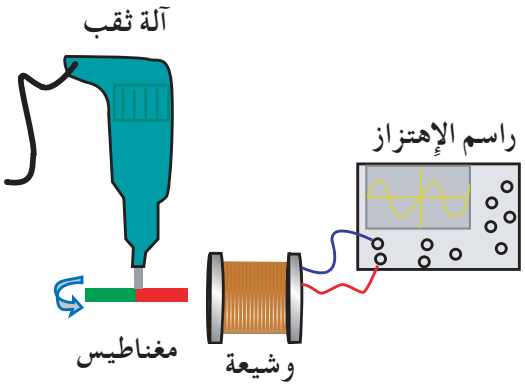
5 – 2 – مثال لمولد تيار متناوب : منوب الدراجة

شكل التركيب الداخلي لمنوب دراجة

تعلم أن الدراجات مزودة عادة بمصباح أمامي يسمح لصاحبها التنقل ليلا. وأن مصباح الدراجة لا يشتغل إلا في حالة دوران العجلة التي يرتبط بها المولد الكهربائي الذي يدعى "منوب الدراجات" (أنظر الصورة) والذي يعتمد على دوران مغناطيس (متصل بعجلة صغيرة تديرها عجلة الدراجة أثناء حركتها) داخل وشيعة مثبتة يتولد فيها التيار المتحرض أثناء الحركة. وسمي بالمُنوِّب لأنه يولد تيارا متناوبا أي متغير الشدة والجهة بالتناوب إذ يسري في جهة معينة خلال فترة زمنية ثم يغير جهته ليسري في الجهة المعاكسة خلال فترة زمنية أخرى (الفترتين متساويتين عادة) ثم يعيد نفس التغيرات وهكذا فهو نيار دوري متناوب.



التحريض الكهرومغناطيسي



5 – 3 – نشاط تطبيقي : المغناطيس الدوار

– حقق التركيب الموضح في الشكل المقابل.

– شغل ألة الثقب بحيث تدور بأخفض سرعة ممكنة

– ماذا تلاحظ على شاشة "راسم الاهتزاز" ؟

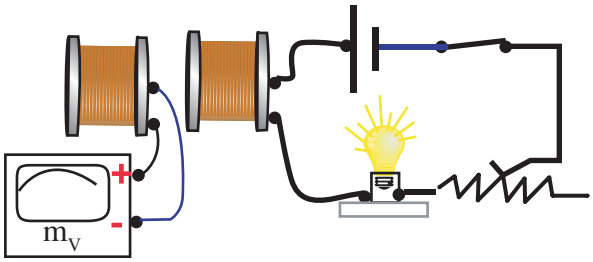
– غير تدريجيا سرعة دوران المغناطيس. ماذا يحدث؟

– أبعد عنه الوشيعة ثم قربها تدريجيا. ماذا تلاحظ؟

قدم الوجه الآخر للوشعة ولاحظ الشكل على الشاشة. غيِّر (إذا أمكن) جهة دوران المغناطيس ولاحظ النتيجة.

– لخص ملاحظاتك في فقرة واشرح كيفية إنتاج التيار المتناوب والعوامل التي تتعلق بها خضائصه.

6 – التحريض المتبادل بين وشيعتين :



ماذا يحدث عند وضع وشيعة في دارة مغلقة لا تحتوي على مولد أمام وشيعة يسري فيها تيار؟

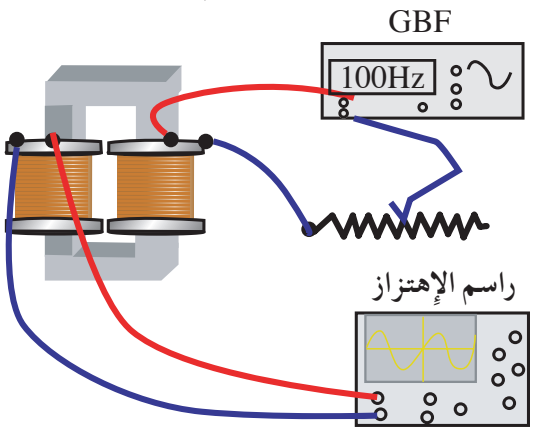
حقق الدارة الممثلة في الشكل المقابل واضبط المعدلة في المنتصف تقريبا (حيث تحصل على توهج كافي للمصباح). أغلق الدارة ولاحظ ماذا يحدث أثناء الغلق، بعده ثم عند الفتح. قم بغلق وفتح القاطعة عدة مرات متتالية. ماذا يحدث؟ اشرح.

قم بكل العمليات التي قمت بها سابقا باستعمال المغناطيس (تقريب، ابعاد، تدوير الوشيعة، عكس أسلاك التوصيل. ...).

أحدث تغير في شدة التيار بصفة مفاجئة (بانزلاق في زالقة المعدلة). ماذا يحدث؟ أدخل الوشيعتين في فرعي قطعة حديد لين على شكل حرف U ثم أغلقها بالقطعة المستقيمة ماذا تلاحظ؟

استبدل المولد المستمر بمولد GBF والميلي فولط متر براسم الاهتزاز (الشكل).

اضبط المولد على التوترات الجيبية والتواتر عند القيم الضعيفة 100Hz مثلا. اضبط راسم الاهتراز للحصول على اشارة واضحة على الشاشة .



– غير قيمة التوتر من المولد ولاحظ التغيرات على الشاشة.

– غير تدريجيا التواتر إلى 1000Hz تقريبا. ماذا تلاحظ؟

أستبدل إحدى الوشيعتين بأخرى تمتاز بعدد أكبر من اللفات.

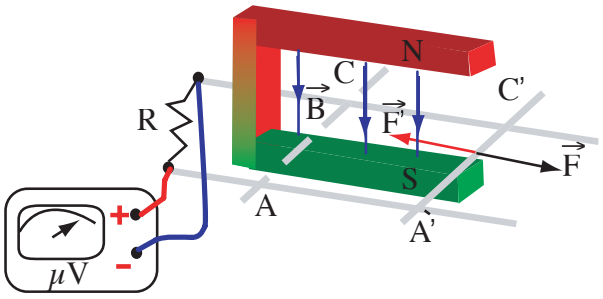
ماذا تستنتج؟ غير شكل الاشارة من الجيبية للمثلثية ثم المربعة على GBF. ماذا تستنتج؟

أحضر فولط متر لقياس قيمة التوتر بين طرفي كل من الوشيعتين. سجل القيمتين وقارن نسبتهما مع نسبة عدد لفات الوشيعتين. ماذا تلاحظ؟

يمثل التركيب المكون من الوشيعتين والقطعة الحديدية محولا كهربائيا. بناء على خصائص الوشيعتين والملاحظات التي قمت بها، استنتج عدد أنواع المحولات؟ وابحث في المراجع وشبكة الانترنيت عن أنواع المحولات الكهربائية وتطبيقاتها في الحياة اليومية وفي المجال الصناعي وأي نوع يستعمل في كل مجال.

حسب رأيك ما فائدة محول مكون من وشيعتين متماثلتين تماما؟ علل.

7 – عمل القوى الكهرمغناطيسية وعلاقتها بالتدفق المغناطيسي :



نعود إلى تجربة السكتين ونسحب القضيب المتحرك من الوضع A'C' إلى الوضع AC التي تفصلهما المسافة d فنلاحظ بروز قوة كهربائية محركة بين طرفي القضيب ومرور تيار متحرض في الدارة.

وحسب قانون لابلاص القضيب مغمور في حقل مغناطيسي ويعبره تيار إذن فهو يخضع لقوة كهرومغناطيسية تتناسب مع شدتي التيار والحقل المغناطيسي. وحسب قانون فراداي فإن القوة الكهربائية المحركة التي تنشأ محدثة مرور التيار تتناسب مع التغير في التدفق.

علما أن حركة القضيب على المسافة d تجعل القضيب يمسح مساحة s' تساوي الفرق بين S مساحة الدارة داخل الحقل قبل الانتقال و S' مساحة الدارة داخل الحقل بعد الانتقال أي $s = S' - S$ أي أن التدفق عبر الدارة تغير بغير مساحتها.

برهن أن عمل القوة الكهرومغناطيسية $\vec{F}$ خلال الانتقال d، يساوي $W = i.\Delta\varphi = i.(\varphi' - \varphi)$

حيث : φ' هو التدفق عبر الدارة بعد الانتقال (عبر S') و φ هو التدفق عبر الدارة قبل الانتقال (عبر S)

وهذه العبارة تعرف بنظرية ماكسوال (Maxwell).

8 – مبدأ التدفق الأعظمي :

رأينا في تجربة لابلاس أن مرور تيار في ناقل مغمور في حقل مغناطيسي يخضعه لقوة كهرمغناطيسية تجعله ينتقل تلقائيا (إن لم تؤثر عليه قوى أخرى) في جهة حيث يزداد التدفق في الدارة.

يمكن ملاحظة أيضا أن وشيعة يعبرها تيار تنتقل أو تدور تلقائيا إذا أدخلت في حقل مغناطيسي بحيث تحاول أخذ وضع يكون فيه التدفق المغناطيسي عبرها أعظميا. وهذا ما يعرف بمبدأ التدفق الأغمي :

« يحاول الناقل الذي يعبره تيار وهو مغمور في حقل مغناطيسي أن ينتقل أو يأخذ تلقائيا وضعا يكون فيه التدفق عبر الدارة المغمورة في الحقل قيمة أعظمية.

9 – عبارة الطاقة المخزنة في الوشيعة :

1.9 – مفهوم ذاتية الوشيعة :

رأيت في فقرة التحريض الذاتي أن تغير التيار المار في الوشيعة يحدث فيها تغيرا للتدفق المغنطيسي وحدوث ظاهرة التحريض الذاتي ولاحظت ذلك في تأخر مرور التيار عبرها.

كيف نعبر عن ذلك وكيف ننمذج دور الوشيعة في هذه الظاهرة ؟

تعلم أن ظاهرة التحريض تتمثل، حسب قانوني فاراداي ولنز، في ظهور قوة كهربائية محركة تحريضية $e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ وبما أن يعود سبب تغير التدفق بقدر $\Delta\Phi$ لتغير في شدة التيار عبر الوشيعة بقدر Δi فقط، يمكن إذن التعبير عن ذلك بوضع $\Delta\Phi = L\,\Delta i$ حيث L معامل يعبر عن خصائص الوشيعة الهندسية والمغناطيسية.

نسمي المعامل L **ذاتية الوشيعة**. وحدته في نظام الوحدات الدولية هي **الهنري** (Henry) ورمزها H.

وتصبح عبارة القوة المحركة الكهربائية التحريضية حينئذ: $e = -L\frac{\Delta i}{\Delta t}$.

نشاط تطبيقي :

– حقق دارة تحتوي على التسلسل مولد GBF ومقاومة ووشيعة.

– اضبط جهاز GBF ليقدم توترا مثلثي الشكل (⋀⋁⋀).

– اربط مخرج المولد بأحد مدخلي راسم الاهتزاز وقطبي الوشيعة بين طرفي مدخله الثاني ولاحظ شكل الإشارتين. ماذا تلاحظ؟

– أنقل الشكلين على ورقة واستعمل هذا الرسم لتوضيح كيفية الحصول على شكل التوتر بين طرفي الوشيعة. واشرح لماذا يأخذ هذا الشكل. للوصول لنتيجة لاحظ جيدا كيفية تغير توتر المولد خلال مرحلتي التزايد والتناقص.

– لو كان للمولد توترا مربع الشكل(⊓⊔⊓⊔) . كيف تتوقع شكل التوتر بين طرفي الوشيعة؟ ولماذا؟

– غير نوع توتر المولد واضبطه لقدم توترا مربعا وشاهد الاشارتين.

انقل شكلاهما على ورقة وأعد الشرح السابق. هل تأكد هذه التجربة توقعاتك؟

– هل تخزن الوشيعة طاقة ؟ في أي مرحلة ؟ ماذا يحدث لهذه الطاقة خلال مرحلة التناقص في التوتر ؟

2.9 – عبارة الطاقة المخزنة في الوشيعة :

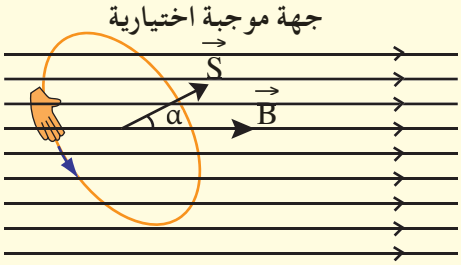
تخزنة الوشيعة خلال تغير التدفق عبرها كمية من الطاقة على شكل مغناطيسي وذلك يمكن التأكد منه في تجربة التحريض الذاتي وفي التجربتين السابقتين للنشاط التطبيقي, وتتعلق كمية الطاقة هذه بذاتية الوشيعة L وشدة التيار i الذي يعبرها وفق العبارة التالية : $E = \frac{1}{2}Li^2$ التي نعطيها في هذا المستوى دون برهان.

أحتفظ بالأهم

ظاهرة التحريض الكهرومغناطيسي :

التحريض ظاهرة تبرز في دارة عندما تقطع هذه الدارة أو جزء منها خطوط الحقل المغناطيسي أي كلما يحدث تغير للتدفق المغناطيسي عبر هذه الدارة. وتتمثل هذه الظاهرة في بروز قوة كهربائية متحرضة e تكون سبب في نشوء تيار متحرض i في الدارة.

التدفق الكهرومغناطيسي :



يتعلق التدفق الكهرومغناطيسي Φ بمساحة السطح، المغمور في الحقل المغناطيسي، من الدارة وشدة الحقل المغناطيسي والزاوية α بين شعاع السطح $\vec{S}$ وشعاع الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ وفي حالة الوشيعة بعدد لفاتها N أي : $\Phi = N.B.S.\cos\alpha$. أين : Φ تقدر بالويبر Wb؛ B بالتسلا T ؛ و S بالمتر المربع m^2.

قانون فرداي :

ينشأ التحريض الكهرومغناطيسي قوة كهربائية محركة تحريضية e تتناسب قيمتها طردا مع التغير ΔΦ في التدفق وعكسا مع المدة الزمنية Δt لهذا التغير أي : $|e| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

أين تقدر e بالفولط V؛ ΔΦ بالويبر Wb وΔt بالثانية s

قانون لانز :

« يكون للتيار المتحرض قيمة وجيهة بحيث يعاكس بآثاره السبب الذي أدى لوجوده ». وذلك ما يمكن التعبير عنه بكتابة علاقة فرداي على شكل جبري للتعبير عن الجهة بإدخال إشارة « – » فيها :

$e = -\Delta\Phi / \Delta t$

نظرية ماكسوال :

يتناسب عمل القوة الكهرمغناطيسية المطبقة على ناقل يعبره تيار i و يقطع تدفقا قدره ΔΦ مع شدة هذا التيار وقيمة التدفق المقطوع : $W = i.\Delta\Phi = i.(\varphi' - \varphi)$

يكون هذا العمل محركا إذا كان التدفق المقطوع موجبا ومقاوما إذا كان التدفق المقطوع سالبا أي

عمل محرك : $\Delta\Phi > 0 \Leftarrow W > 0$ و عمل مقاوم : $\Delta\Phi < 0 \Leftarrow W < 0$

أحتفظ بالأهم

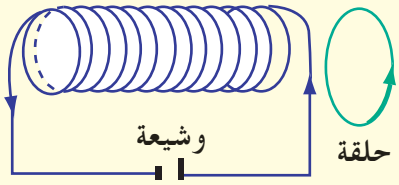
تمارين... تمارين..

1 إختر الأجابة الصحيحة فيما يأتي :

أ – أثناء دوران وشيعة في حقل مغناطيسي منتظم، يبلغ التدفق المغناطيسي الذي يعبره نصف قيمته العظمى في اللحظة التي يكون فيها شعاع السطح للوشيعة :

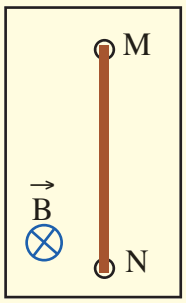
1– عموديا على الحقل 2 – موازيا للحقل 3 – مائلا على الحقل بـ 45° 4 – مائلا على الحقل بـ 20^0

ب – كي يتولد تيار كهربائي متحرض في الحلقة الناقلية الدائرية بالأتجاه المبين في الشكل، لابد من تحريك الحلقة ومستواها عمودي على محور الوشيعة : 1– نحو الوشيعة 2– بعيدا عن الوشيعة 3– مع الوشيعة وبسرعة واحدة نحو اليمين 4 – مع الوشيعة و بسرعة واحدة نحو اليسار.

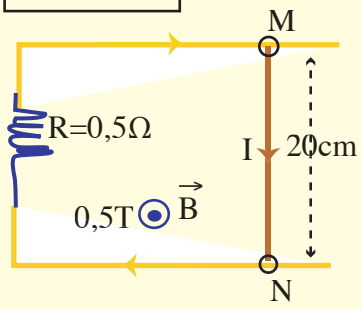


ج – يبين الشكل المقابل سلكا MN أفقيا في مستوى الورقة، وموضوع في حقل مغناطيسي منتظم عمودي على مستوى الورقة نحو الداخل. كي يصبح الطرف M موجب الكمون بالنسبة للطرف الآخر N، ينبغي تحريك السلك نحو : 1 – الأعلى 2 – الأسفل

3 – اليمين 4 – اليسار



د – في الشكل المقابل، إذا أهملنا مقاومة الاسلاك، وكان مقدار التيار التحريضي I = 2A بالاتجاه المبين في الشكل، فإننا نستنتج أن حركة السلك MN تكون نحو :



1 – اليمين بسرعة ثابتة 2 – اليسار بسرعة ثابتة

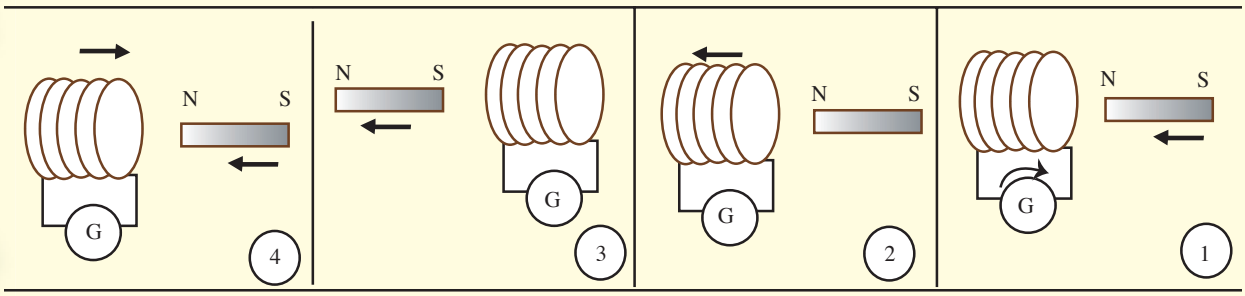
3 – اليمين بسرعة متغيرة 4 – اليسار بسرعة متغيرة

هـ – إحدى الكميات الأتية تبلغ قيمتها العظمى لحظة إغلاق دارة تحتوي وشيعة :

1 – التيار الكهربائي 2 – التدفق المغناطيسي 3 – القوة الكهربائية المحركة التحريضية.

2

في تجربة التحريض الكهرومغناطيسي " تجربة فاراداي " نقوم بتحريك القضيب أو الوشيعة (المتصلة بجهاز غالفانومتر G) او الاثنين معا. علما أن في الحالة الأولى المرسومة أعطيت جهة التيار في G وباعتبارأن الأسهم تمثل سرعة الجهاز (بالنسبة لمعلم عطالي) أكمل كل الرسوم موضحا جهة التيار على وجه الوشيعة وعلى كل جهاز الغلفنومتر G مع إعطاء الشرح المناسب.



تمارين... تمارين...

تمارين... تمارين..

3 ننقل قضيب MN بسرعة ثابتة داخل حقل مغناطيسي منتظم حيث القضيب ومنحى خطوط الحقل ومنحى شعاع السرعة متعامدة مثنى مثنى. ما هي قيمة القوة الكهربائية المحركة التحريضية (فرق الكمون) التي تظهر بين طرفي MN إذا كان $B = 0,1T$ و $L = 0,1m$ و $v = 1m/s$.

4 نعتبر سكتين متوازيتين أفوقيتين AB و A'B' مقاومتهما مهملة والمسافة بينهما 5cm. نقصر النهايتين B و B' بواسطة ناقل C مقاومته مهملة. نجعل ناقلا مستقيما MN مقاومته $r = 10\Omega$ يتدحرج بسرعة ثابتة على السكتين وعموديا عليهما والكل موضوع في حقل مغناطيسي منتظم شدته $B = 4.10^{-5}\,T$ خطوطه موجهة نحو الأعلى وتصنع زاوية 30^0 مع الشاقول.

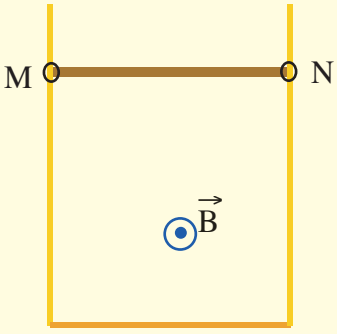
نختار الإتجاه الموجب على الدارة بحيث جهة شعاع المساحة $\vec{S}$ تكون نحو الأعلى.

– مثل برسم التركيب المستعمل.

– أحسب القوة المحركة التحريضية التي تظهر. ما هي شدة التيار المتحرض؟

– عين جهة وحامل وشدة القوة الكهرومغناطيسية المطبقة على الناقل MN.

5 يمثل الشكل المقابل قضيبا ناقلا من النحاس (MN) ينزلق (يسقط) بدون إحتكاك على سكتين ناقلتين شاقوليتين والكل يكون دارة مغلقة مغمورة في مجال مغناطيسي منتظم.



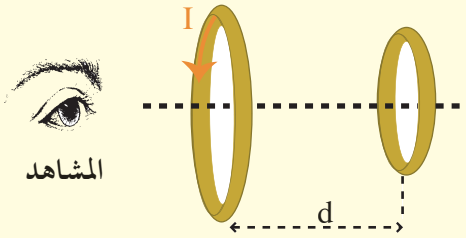
– لماذا إختيار النحاس؟هل يمكن إختيار مادة أخرى؟

– ماهي الظواهر الكهربائية التي تحدث ولماذا ؟

– ماهي الظواهر الميكانيكية التي تحدث ولماذا ؟

– ماهي الظواهر الطاقوية التي تحدث ولماذا ؟ هل مبدأ إنحفاظ الطاقة محقق؟

6 حلقتان ناقلتان متقابلتان كما في الشكل، البعد بينهما d . فإذا مر تيار كهربائي I فجأة في الحلقة الكبرى في اتجاه عكس عقارب الساعة بالنسبة للمشاهد المبين في الشكل، ففي أي اتجاه يكون التيار المتحرض المتولد في الحلقة الصغرى؟

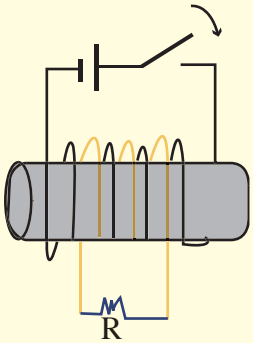


7 لدينا الدارة الكهربائية الممثلة في الشكل المقابل. بيِّن إتجاه التيار المتحرض في المقاومة المبينة في الشكل:

أ – لحظة إغلاق الدارة الكهربائية.

ب – بعد فترة زمنية من إغلاق الدارة.

ج – لحظة فتح الدارة.



تمارين... تمارين...

تمارين... تمارين..

8 دارة كهربائية تحتوي على وشيعة ومقاومة وبطارية. وصل التيار فيها إلى قيمته العظمى. هل للوشيعة ذاتية في هذا الوضع؟ هل لتحريض الوشيعة أثر على القيمة النهائية للتيار في الدارة؟ إذا زاد التيار في الوشيعة إلى الضعفين، فبأي نسبة تزداد الطاقة المخزنة فيها؟

9 نمرر تيار شدته $I = 10A$ في وشيعة طويلة مكونة من $N = 500$ لفة نصف قطرها $r = 5cm$، لفاتها متلاصقة ومكونة من سلك قطره $D = 0,2mm$. أحسب الذاتية L لهذه الوشيعة والتدفق الذي يعبرها. نغير التيار في الوشيعة من 10A إلى3A خلال مدة $t = 0,2\Delta$. أحسب القوة المحركة الكهربائية التحريضية التي تظهر في الوشيعة. عين في رسم جهة التيار وقطبية القوة المحركة الكهربئية التحريضية.

10 أسقطت وشيعة (تحتوي N= 50 لفة، ومستطيلة الشكل أبعادها 5cm x 10cm) من موضع يبلغ الحقل المغناطيسي فيه صفرا، إلى موضع جديد حيث شدة الحقل المغناطيسي تساوي 0,5T. إذا كانت حركة الوشيعة في إتجاه يتعامد مع الحقل المغناطيسي وبقي شعاع السطح للوشيعة موازيا للحقل المغناطيسي، احسب القوة الكهربائية المحركة المتحرضة المتولدة في الوشيعة، إذا استغرقت إزاحتها 0,25s.

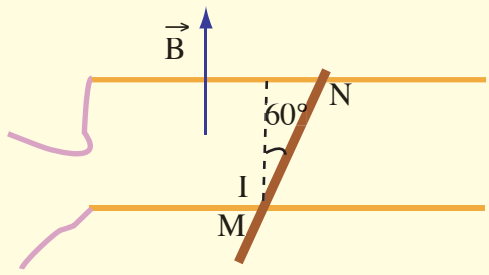
11 نعلق بخيط لين وشيعة مسطحة قطرها D =10cm وتحتوي N = 50 لفة. توجد هذه الوشيعة في وضع شاقولي يمكنها الدوران حول محور منطبق على خيط التعليق ونمرر فيها تيار شدته I=10A .

– كيف تتوجه الوشيعة في الحقل المغناطيسي الأرضي؟

– أحسب حينئذ التدفق المغناطيسي الذي يعبرها.

نغير فجأة جهة التيار، ما هو الوضع الجديد للوشيعة وما هو التدفق المغناطيسي الذي يعبرها؟.

12 نضع قضيب ناقل أسطواني MN طوله L = 8cm على سكتين أفقيتين ومتوازيتين في وضع يصنع زاوية $\alpha = 30^0$ مع السكتين. نغمر الكل في حقل مغناطيسي منتظم، خطوطة حقله شاقولية وموجهة نحو الأعلى، وشدته $B = 2.10^{-2}\ T$. نمرر في القضيب تيار شدته I = 10A، فينتقل القضيب تحت تأثير القوة الكهرومغناطيسية بمسافة MM'=5cm (نفترض أن خلال الإنتقال يحافظ القضيب على نفس الوضع بالنسبة للسكتين أي $\alpha = 30^0$).



تمارين... تمارين...

– مثل في رسم جهة التيار (إختيارية)، جهة الإنتقال وجهة شعاع المساحة S الممسوحة خلال الإنتقال وجهة شعاع القوة الكهرومغناطيسية.

– بإعتماد الجهة المختارة، أحسب التدفق المغناطيسي المقطوع من طرف القضيب.

– أحسب عمل القوة الكهرومغناطيسية وأستنتج شدتها.

13 نضع في حقل مغناطيسي $B = 10^{-3}$ T إطارمستطيل ($L = 10cm$ و$l = 5cm$) يحتوي $N = 50$ لفة ويسري فيه تيار $I = 15A$.

– ما هو عمل القوى الكهرومغناطيسية المطبقة على الإطار عندما يدور بزاوية $\theta = 60^0$ إبتدائا من وضع توازنه الغير المستقر؟ هل هو عمل محرك أو مقاوم؟

– أحسب عمل القوى الكهرومغناطيسية عندما يقوم الاطار بدورة كاملة.

– هل يمكن للإطار أن يقوم بدورة كاملة تلقائيا؟ علل إجابتك.

– ما هي الزاوية الأعظمية التي يدور بها الإطار تلقائيا؟

14 نعلق بخيط وشيعة مسطحة،عدد لفاتها $N = 100$ ونصف قطرها $R=5cm$، بحيث تبقى دائما في وضع أفقي. نضع هذه الوشيعة في حقل مغناطيسي منتظم خطوط حقله أفقية وشدته $B = 2.10^{-2}$ T.

– ما هو الوضع الذي تأخذه الوشيعة في الحقل عندما يعبرها التيار؟

– نغير جهة التيار في الوشيعة، ما هي بالرديان زاوية دورانها؟

– ما هو عزم المزدوجة المغناطيسية في بداية الدوران؟

– أحسب عمل المزدوجة الكهرومغناطسية خلال دوارن الوشيعة علما أن للتيار المار فيها شدة $I = 10A$