
الوحدة السادسة
قانون فارادى
Faraday's Law

محتويات الوحدة

الموضوع	الصفحة
مقدمة	٢٥٧
تمهيد	٢٥٧
أهداف الوحدة	٢٥٨
٦.قانون فارادي	٢٥٩
١,٦ قانون فإرادي في الحث	٢٥٩
٢,٦ القوة الدافعة الكهربائية المستحثة حركيا	٢٦٧
٣,٦ قانون لنز Lenz's Law	٢٧٢
١,٣,٦ قانون لنز وحفظ لطاقة	٢٧٥
٤,٦ القوة الدافعة المستحثة والمجال الكهربي	٢٨٠
٥,٦ المولدات والمحركات	٢٨٦
١,٥,٦ المولدات	٢٨٦
٢,٥,٦ الموتورات motors	٢٩٠
الخلاصة	٢٩٢
لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية	٢٩٣
إجابات التدريبات	٢٩٤
مسرد المصطلحات	٢٩٥
المراجع	٢٩٦

مقدمة

تمهيد

عزيزي الدارس،

مرحباً بك إلى الوحدة السادسة من مقرر الفيزياء في الكهربية والمغناطيسية وهي بعنوان قانون فارادي و تتألف من ست أقسام رئيسية، يزودك القسم الأول بمعرفة قانون فارادي في الحث أما في القسم الثاني فسوف نتناول القوة الدافعة الكهربية المستحثة حركيا . وفي القسمين الثالث والرابع نقوم دراسة قانون لنز Lenz's Law و قانون لنز لحفظ لطاقة.أما في القسمين الأخيرين فسنتناول القوة الدافعة المستحثة والمجال الكهربي و المولدات والمحركات.

لقد ذيلنا هذه الوحدة ، عزيزي الدارس ، بسرد شامل للمصطلحات العلمية التي وردت في النص الرئيسي، وقد حرصنا في هذه الوحدة على معرفة العلاقات الرياضية، مع تقديم أمثلة متنوعة، و أنشطة وأسئلة تقويم ذاتي، وتدريبات كفيلة بتلبية احتياجاتك التعليمية والتي تقدمها لمرشدك الميداني.

عزيزي الدارس،،

أهلاً بك مرة أخري إلي هذه الوحدة ونرجو أن تستمتع بدراستها وأن تستفيد منها وأن تشاركنا في نقدها وتقييمها.

أهداف الوحدة



عزيزي الدارس،،

بعد فراغك من دراسة هذه الوحدة يتوقع منك أن تكون قادراً علي أن:

١. تفهم أهمية دراسة قانون فارادى في الحث
٢. تستطيع شرح القوة الدافعة الكهربية المستحثة حركيا
٣. تعرف قانون لنز Lenz's Law
٤. تقارن بين القوة الدافعة المستحثة والمجال الكهربي
٥. تشرح قانون لنز وحفظ لطاقة
٦. تشرح كيفية عمل المولدات والمحركات
٧. تحل مسائل وتمارين عن ما ورد في هذه الوحدة.

٦.قانون فارادى Faraday's Law

عزيزي الدارس ،،

عرفنا سابقا أن

- الشحنات الساكنة تعمل على توليد مجال كهربي فقط.
- الشحنات المتحركة تؤدي إلى توليد مجال مغناطيسي عمودي على اتجاه حركتها.

وفي هذا الوحدة سنبحث موضوع المجال الكهربي الناجم عن تغير في شدة المجال المغناطيسي.

لقد بينت التجارب العملية التي أجريت على نحو مستقل، من قبل مايكل فارادي (Michael Faraday) (١٧٩١-١٨٦٧) في انجلترا وجوزيف هنري (Joseph Henry) (١٧٩٧-١٨٧٨) في الولايات المتحدة في عام ١٨٣١، انه **يمكن توليد تيار** في دائرة كهربية **بتغيير المجال المغناطيسي** المؤثر في الحيز المحيط بهذه الدائرة، وأدت سلسلة التجارب هذه إلى استخلاص قانون أساسي وهام في حقل الكهرومغناطيسية يسمى بقانون **فارادى للحث (Faraday's law of induction)**.

١,٦ قانون في فارادي للحث Faraday's Law of Induction

عزيزي الدارس،

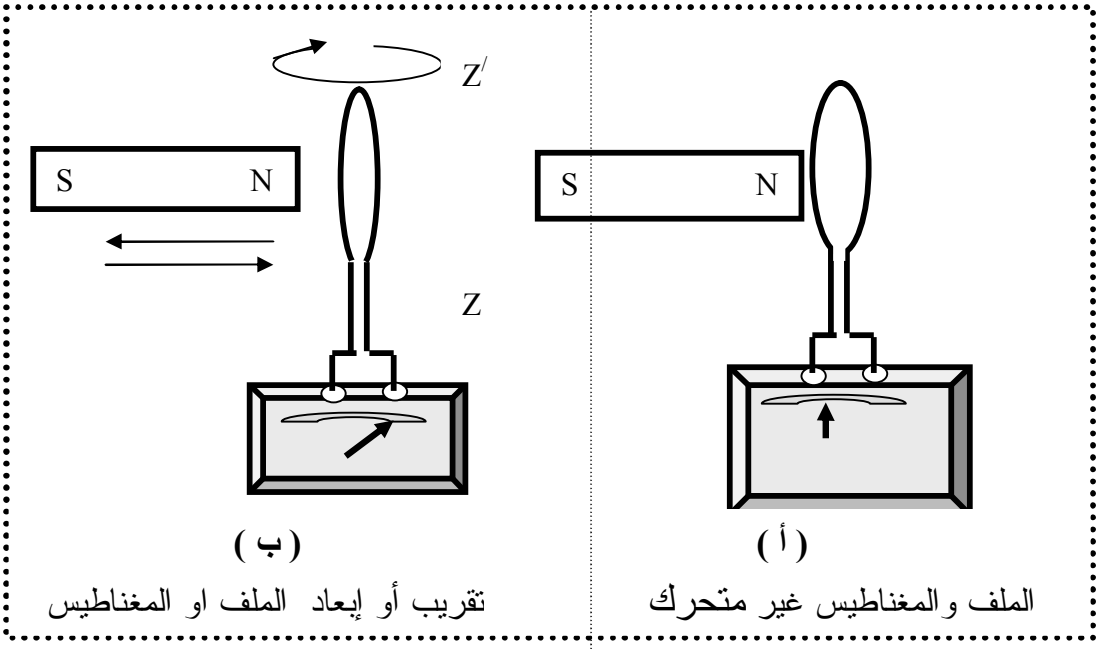
لكي نفهم **قانون فارادي**، نبدأ بوصف التجارب التالية :

أولا :إذا كان لدينا موصل ملفوف على شكل ملف دائري، ومتصل من نهايتيه بجلفانوميتر، ووضعنا أمام (او داخل)الملف مغناطيسا مستقيما بحيث يكون منطبقا مع محوره (الشكل (٦-١أ)) ، نلاحظ ، عند ثبوت المغناطيس والملف، ان قراءة الجلفانوميتر تشير إلى الصفر، مما يدل على عدم مرور تيار في الحلقة. أما عند تقريب المغناطيس من الحلقة (الملف)، أو تقريب الحلقة (الملف) من المغناطيس، فإننا

نلاحظ **انحراف مؤشر الجلفانومتر** خلال فترة **دوام حركة المغناطيس**، مما يدل على مرور تيار كهربي في الحلقة (الملف) علما بأنها **غير موصولة ببطارية.**



(أ)جهاز الجلفانومتر وملف داخله مغناطيسي



الشكل (٦-١)

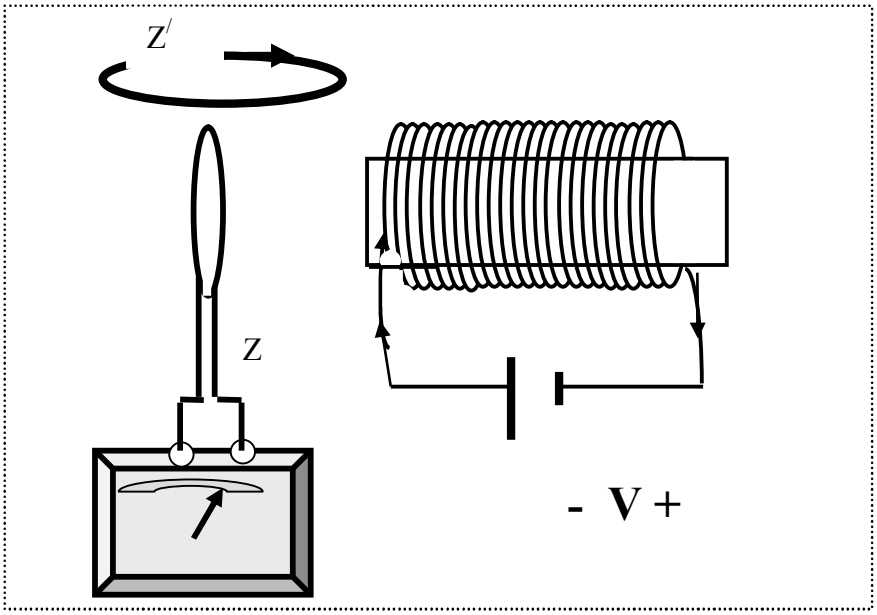
(ب)حالة توليد تيار تأثيري عند حركة المغناطيس بالقرب من حلقة

وإذا **سحب المغناطيس** إلى **خارج الحلقة** (الملف) نلاحظ أيضا **إن مؤشر الجلفانوميتر** ينحرف في **الاتجاه المعاكس** لانحرافه الأول خلال فترة دوام حركة المغناطيس، ثم يعود

للسكون بعد **توقف حركة المغناطيس** (انظر الشكل (٦-١ ب)). ونحصل على الأثر ذاته إذا تم **تحريك** الحلقة (الملف) **بعيدا** عن المغناطيس.

حاول أن تدير الحلقة (الملف) حول محوره الرأسي بوجود المغناطيس ، فستلاحظ أيضا في هذه الحالة مرور تيار كهربي.

ثانياً: إذا استبدلنا المغناطيس في التجربة السابقة، **بملف يتصل ببطارية** بحيث ينطبق محوره على محور الملف، (كما يظهر في الشكل (٦-٢))، نجد أنه عند **تحريك** الملف باتجاه الحلقة أو بعيدا عنها، فإننا نلاحظ مرور تيار كهربي في الملف، كما يظهر من مؤشر الجلفانوميتر. ايضا، عزيزي الدارس، اذا تم ادارة الملف حول محوره الرأسي بوجود ملف يحمل تيار كهربي، فسنلاحظ أيضا مرور تيار كهربي لحظي أثناء عملية الدوران.



الشكل (٦-٢)

تحريك ملف يمر به تيار قرب ملف آخر

مما سبق، عزيزي الدارس، نستنتج من مجمل التجارب السابقة أن تيارا كهربيا ينشأ في الملف، مادام هنالك حركة نسبية بين المغناطيس والملف، بدليل انه لو حركنا المغناطيس والملف معا بنفس السرعة ونفس الاتجاه لما لاحظنا أي انحراف في

الجلفانوميتر نظراً لعدم وجود إزاحة لأحدهما بالنسبة للأخر. ويسمى التيار المتولد في الحلقة بالتيار ألتأثيري (induced current)، وتسمى القوة الدافعة الكهربية المتولدة بالقوة الدافعة التأثيرية (induced electromotive force). وقد لخص فارادي نتائج التجارب المذكورة وغيرها في قانون الحث الذي ينص على انه

"تتناسب القوة الدافعة التأثيرية المتولدة في دارة كهربية تناسبا طرديا مع معدل التغير الزمني للتدفق المغناطيسي خلالها .

ويكتب هذا القانون على هيئة علاقة كالأتي :

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt} \qquad (٦-١)$$

حيث Φ_m التدفق المغناطيسي عبر الدائرة ويعرف كما يلي

$$\Phi_m = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \qquad (٦-٢)$$

حيث أن:

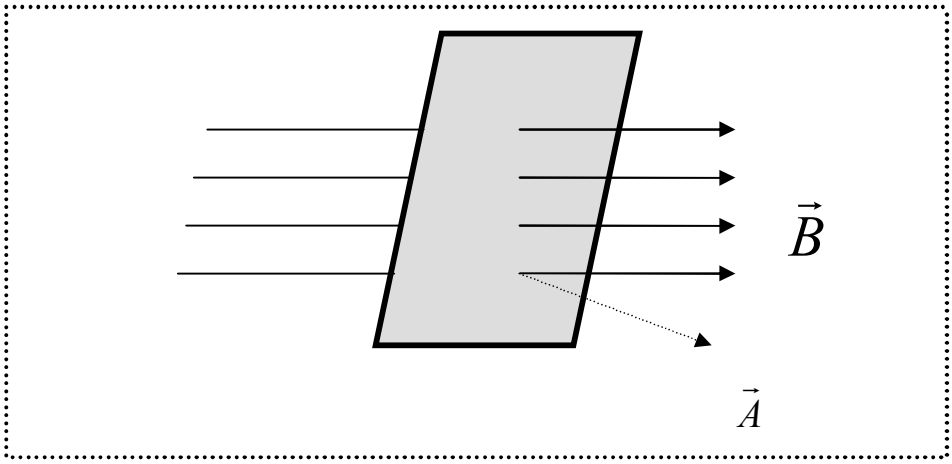
- $\vec{B}$ عبارة عن شدة المجال المغناطيسي عند كافة نقاط المساحة المحصورة داخل الدائرة (الملف).
- $d\vec{A}$ عنصر مساحة مأخوذ من سطح الملف.

الاشارة السالبة في المعادلة (٦-١) تأتي نتيجة لقانون لنز (Lenz's law) الذي سيتم شرحه لاحقا.

وتزداد القوة الدافعة التأثيرية بازدياد عدد اللفات N ، فكلما كان العدد N أكبر نحصل على قوة دافعة تأثيرية ε اكبر أي أن

$$\varepsilon = -N\frac{d\Phi_m}{dt} \qquad (٦-٣)$$

لنفرض ان مجالا مغناطيسيا ثابتا $\vec{B}$ يؤثر عبر سلك موصل مساحته A كما في الشكل (٦-٣)



الشكل (٦-٣)

تولد قوة دافعة تأثيرية

فسنلاحظ ظهور قوة دافعة تأثيرية في الحالات التالية

١. اذا تغير المجال المغناطيسي مع الزمن عبر عروة السلك.
٢. اذا تغيرت مساحة الحلقة .
٣. اذا تغيرت الزاوية بين $\vec{B}$ و $\vec{A}$.
٤. اذا تغيرت العوامل السابقة كلها او بعضها .

◄◄ مثال (١)

ملف مستطيل الشكل يتألف من ٥٠ لفة أبعاده (5cm × 10cm) ، ترك ليسقط عموديا على مستوى الملف من موضع فيه B = 0 إلى موضع أخر حيث B = 0.5T .

احسب مقدار معدل القوة الدافعة المتولدة بالتأثير في الملف المذكور، علما بأنه سقط خلال فترة زمنية مقدارها 0.25 s .

الحل

بما أن القوة الدافعة المتولدة بالتأثير في الملف

$$|\varepsilon| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Phi_2 \quad \Phi_1}{\Delta t} = \frac{\Delta(NBA)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(50)(0.5)(5.0 \times 10^{-3}) - 0}{0.25}$$

$$|\varepsilon| = 0.5\ V$$

◄◄ مثال (٢)

مغناطيس كهربي قوي، مساحة مقطعه $0.2\ m^2$، ينتج مجالا مغناطيساً مقداره $1.6T$. فإذا وضعنا ملفاً حول المغناطيس، مؤلفاً من ٢٠٠ لفة، ومقاومته الكلية $20\ \Omega$، ثم فصلنا التيار عن المغناطيس الكهربي خلال فترة زمنية مقدارها $0.02s$ ، فأوجد شدة التيار التأثيري في الملف.

الحل

نوجد القوة الدافعة التأثيرية من

$$|\varepsilon| = N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{N\Delta(BA)}{\Delta t}$$

المجال النهائي = ٠

$$= \frac{(200)[(1.6)(0.2) _ 0]}{0.02} = 3.2kV$$

و أما التيار التأثيري فهو

$$I - \frac{|\varepsilon|}{R} - \frac{3200}{20} - 160\ A$$

◄◄ مثال (٣)

دائرة مستطيلة الشكل مساحتها A ، وضعت ضمن حيز يحتوي على مجال مغناطيسي متعامد على مستوى الدائرة . فإذا سمح للمجال المغناطيسي أن يتغير مع الزمن حسب العلاقة $B = B_0 c^{-t/t}$

حيث B_0 و τ كميات ثابتة، أحسب

١. القوة الدافعة التأثيرية ε .

٢. القيمة العددية لـــ ε إذا علمت أن:

$t = 4s$ ، $A = 0.16m^2$ ، $B_0 = 0.35\ T$ ، $\tau = 2s$.

٣. أقصى قيمة لـــ ε .

الحل

١. القوة الدافعة التأثيرية

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

$$= -\frac{d}{dt}(BA) = -\frac{d}{dt}(B_0 e^{-t/t} A)$$

$$= \frac{AB_0}{\tau} e^{-t/t}$$

٢. بالتعويض في العلاقة السابقة ، نجد قيمة ε

$$\varepsilon = \frac{(0.16)(0.35)}{2} e^{-4/2}$$

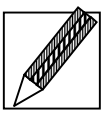
$$= 3.79\ mV$$

٣. تأخذ ε أقصى قيمة لها عندما يكون الزمن $t = 0$. أي ان

$$\varepsilon = \frac{(0.16)(0.35)}{2}$$

$$= 28\ mV$$

تدريب (1)



١. مغناطيس كهربي قوي ينتج مجالا مغناطيسا مقداره 3.6T ومساحة مقطعه $0.5m^2$ فإذا وضعنا ملفا حول المغناطيس مؤلفا من ٢٠٠ لفة ومقاومتـــه الكلية $30\ \Omega$ ، ثم فصلنا التيار عن المغناطيس الكهربائي خلال فترة زمنيـــة مقدارها 0.05s فأوجد شدة التيار ألتأثيري في الملف .

٢. دائرة مستطيل الشكل مساحتها A ، وضعت ضمن حيز يحتوي على مجال مغناطيسي متعامد على مستوى الدائرة . فإذا سمح للمجال المغناطيسي أن يتغير مع الزمن حسب العلاقة $B = B_0 e^{-t/\tau}$ حيث B_0 و τ كميات ثابتة ، احسب :١).القوة الدافعة التأثيرية ، ε . ٢).القيمة العددية لـ ε إذا علمت أن: $t = 4s$ ، $A = 0.16m^2$ ، $B_0 = 0.35\ T$ و $\tau = 2s$ ، ٣). أقصى قيمة لـــ ε .

أسئلة تقويم ذاتي



١. اكمل العبارة التالية :

الشحنات الساكنة تعمل على توليد مجال .....، كما أن الشحنات المتحركة تؤدي إلى توليد مجال .....

٢. اكتب نص قانون فارادي.

3. متى تكون القوة الدافعة التأثيرية اكبر ما يمكن

4. ملف مستطيل الشكل يتألف من ٣٠ لفة أبعاده، $(10cm \times 10cm)$ ، ترك ليسقط من موضع فيه $B = 0$ إلى موضع أخر حيث $B = 0.5T$ ، عموديا على مستوى الملف. احسب مقدار معدل القوة الدافعة المتولدة بالتأثير في الملف المذكور، علما بأنه سقط خلال فترة زمنية مقدارها نصف دقيقة.

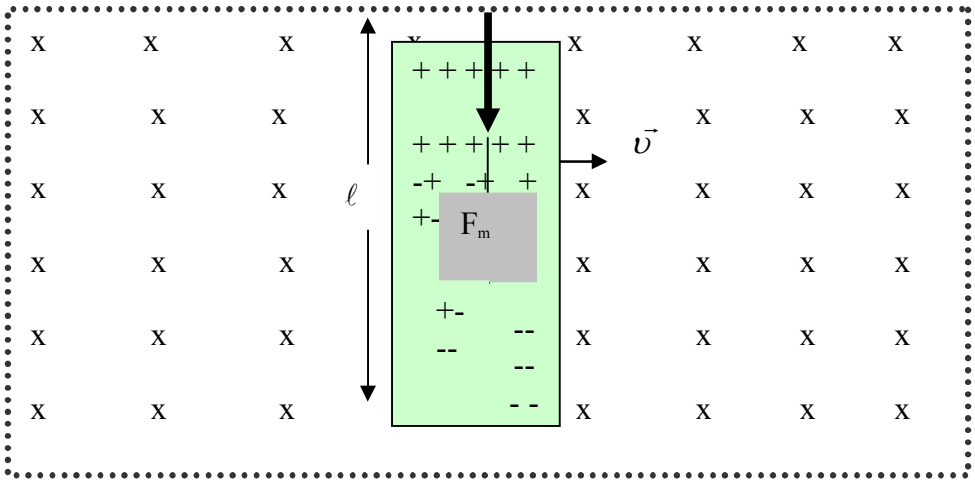
٢,٦ القوة الدافعة الكهربية المستحثة حركيا Motional emf

عزيزي الدارس ،،

إذا كان لدينا موصل مستقيم طوله ℓ يتحرك بسرعة ثابتة مقدارها υ باتجاه اليمين، وبشكل عمودي على مجال مغناطيسي $\vec{B}$ متجه إلي داخل الصفحة وعموديا عليها . فعندما يتحرك الموصل بسرعة υ فإن الالكترونات الموجودة فيه ستتأثر حسب المعادلة بقوة

$$\vec{F}_m = q\vec{\upsilon} \times \vec{B} \qquad (١-٦)$$

وهذه القوة عمودية علي كل من $\vec{\upsilon}$ و $\vec{B}$ مما يؤدي إلى انتقال الالكترونات الموجودة في الموصل إلى طرفه السفلي تاركة وراءها شحنات موجبة عند طرفه العلوي . وينشأ عن تراكم شحنات موجبة في الطرف العلوي للموصل وشحنات سالبة في طرفه السفلي مجال كهربي $\vec{E}$ يتجه من الأعلى إلى الأسفل (الشكل (٦-٤) .



الشكل (٦-٤)

وهذا بدوره يؤثر على الشحنات بقوة كهربية تعطى بالعلاقة

$$\vec{F}_e = q\vec{E} \qquad (٢-٣)$$

هذا المجال الكهربي $\vec{E}$ يقوم بتحريك الشحنات الموجبة إلى أسفل والسالبة إلى أعلى ، على عكس ما تفعله القوة المغناطيسية $\vec{F}_m$ ، وتستمر الشحنات في التجمع عند طرفي الموصل تحت تأثير القوتين حتى تتزن القوتان

القوة المغناطيسية ($q \upsilon B$) و القوة الكهربية (qE) .

عندها تتوقف الشحنات عن السريان بالاتجاهين، أي أن

$$\boxed{q\vec{E} = q.\vec{\upsilon} \times \vec{B}} \qquad (٤-٦)$$

ومنها

$$\boxed{E = \vec{\upsilon} \times \vec{B}} \qquad (٥-٦)$$

وباستعمال المعادلة (٨,٣) نجد أن

$$\boxed{V = \vec{E} \times \vec{\ell}} \qquad (٦-٦)$$

وبدمجها مع المعادلة (٦-٤) نحصل على

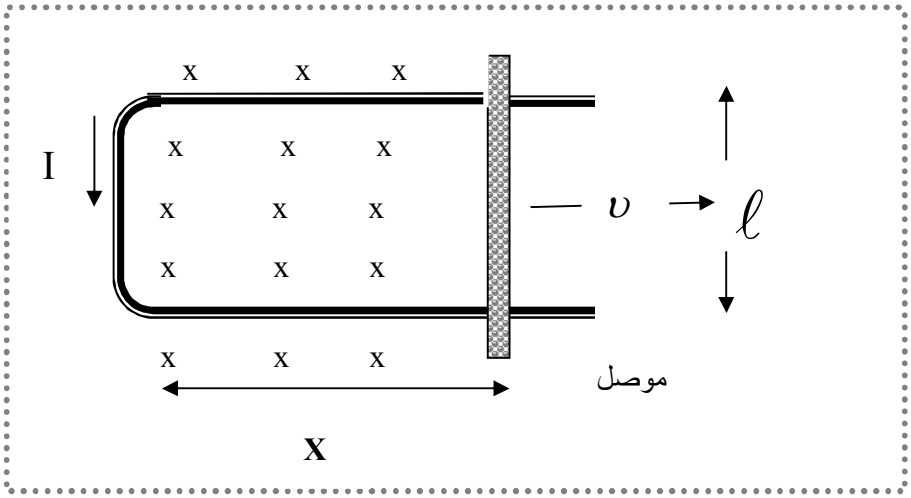
$$\boxed{V = (\vec{\upsilon} \times \vec{B}).\vec{\ell}} \qquad (٧-٦)(أ)$$

لاحظ أن $\vec{E}$ و $\vec{\ell}$ في نفس المستوى وكذلك $\vec{B} \times \vec{\upsilon}$ و $\vec{\ell}$ حيث ان $\vec{B} \perp \vec{\upsilon}$ ولذلك الجهد

$$\boxed{V = \upsilon B \ell} \qquad (٧-٦)(ب)$$

عزيزي الدارس ،،

نلاحظ أن **جهد الطرف العلوي للموصل يكون اكبر من جهد طرفه السفلي**. ونستنتج مما سبق **أن جهدا كهربياً** ينشأ بين طرفي الموصل خلال فترة دوام حركة الموصل داخل المجال المغناطيسي. وإذا تم تحريك السلك بالاتجاه المعاكس (أي إلى اليسار)، فسيؤدي ذلك إلى أن تنعكس القطبية ليصبح جهد الطرف السفلي اكبر من جهد الطرف العلوي. وبمعنى أخر يمتلك الموصل "قوة دافعة كهربية" بين طرفيه. وتعرف هذه الظاهرة بـ "**الحث الكهرومغناطيسي**" (electromagnetic induction).



الشكل(٦-٥)

ولنحاول الآن معا لإيجاد صيغة تربط بين سرعة الموصل $\vec{\upsilon}$ **والمجال المغناطيسي** $\vec{B}$ والقوة الدافعة الكهربية المستحثة حركيا ε. سنقفل الدائرة الكهربائية بحيث ينزلق الموصل على موصل أخر ساكن على شكل حرف U في مجال مغناطيسي عمودي علي الصفحة ومتجها الي الداخل شدته $\vec{B}$ (كما في الشكل (٦-٥)) . فعند تحريك الموصل إلى اليمين بواسطة قوة خارجية بسرعة ثابتة υ ، فان الالكترونات ، كما أسلفنا ستتجه إلى الأسفل مما يؤدي إلى سريان تيار (لأن الدائرة أصبحت ألان مغلقة) ويكون اتجاهه بعكس عقارب الساعة (في عكس اتجاه حركة الالكترونات).

ويمكننا كتابة التدفق المغناطيسي Φ_m عبر الدائرة عند أية لحظة زمنية كالتالي

$$\Phi_m = B\ell x \qquad (٦-٨)$$

حيث $\vec{\ell}$ طول الموصل و x عبارة عن عرض الدائرة الكهربية ، أي المسافة التي يقطعها الموصل . وباستعمال قانون فارادي كما يظهر في المعادلة (٦-١) نحصل على القوة الدافعة الكهربية

$$\varepsilon = -\frac{d}{dt}\Phi_m = -\frac{d}{dt}(B\ell x)$$

$$= -B\ell\left(\frac{dx}{dt}\right)$$

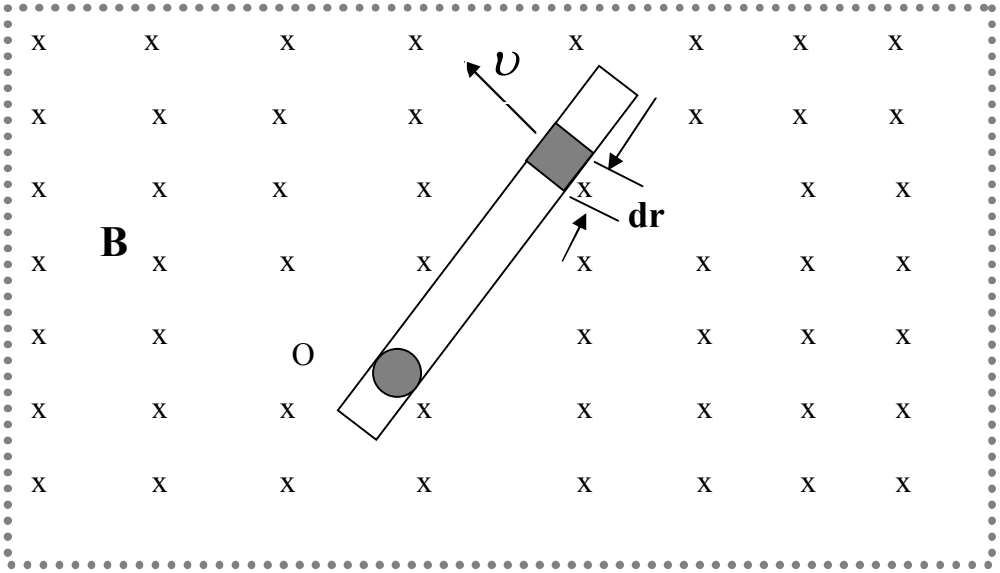
$$\boxed{\varepsilon = -B\,\ell\,\upsilon} \qquad (٦-٩)$$

وإذا رمزنا لمقاومة الدائرة الكهربية بالرمز R فيكون التيار التأثيري مساويا لـــ

$$I = \frac{|\varepsilon|}{R} = \frac{B\ell\upsilon}{R} \qquad (٦-١٠)$$

◄◄ مثال (٤)

موصل طوله ℓ يدور حول إحدى حوافه (النقطة O في الشكل (٦-٦))، بسرعة زاوية ثابتة مقدارها ω . فاذا علمت ان المجال المغناطيسي $\vec{B}$ يتجه عموديا على مستوى الدوران ، فأوجد القوة الدافعة المتولدة بالتأثير بين طرفي الموصل.



الشكل(٦-٦)

الحل

لنأخذ عنصر من الموصل طوله dr وسرعته $\vec{\upsilon}$ وحسب العلاقة

$$\varepsilon = -B\ell\upsilon$$

فان قيمة القوة الدافعة المتولدة بالتأثير تساوي

$$d\varepsilon = B\upsilon dr$$

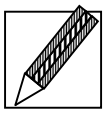
وبما أن كل عنصر طول، يتحرك عموديا على $\vec{B}$ ، سيتولد قوة دافعة كهربية عبر كل عنصر وذلك حسب العلاقة السابقة . وبإجراء التكامل نحصل على القوة الدافعة الكهربية الكلية المتولدة عبر الموصل ، أي ان

$$|\varepsilon| = \int B\upsilon dr = \int_0^{\ell} B(\omega r)dr$$

$$= B\ \omega\ [\ r^{\ 2}\ ]_0^{\ell}$$

$$= \frac{1}{2} B\omega\ell^2$$

تدريب (2)



وضح أن القوة الدافعة الكهربية باستعمال قانون فإرادي تعطي بالمعادلة

$$\varepsilon = -B\ell\upsilon$$

أسئلة تقويم ذاتي



١. ماذا تعرف عن القوة الدافعة الكهربية المستحثة حركياً؟

٢. اثبت أن الجهد يعطى بالعلاقة التالية $V = B\ell\upsilon$

وقارن بينها وبين و وضح الفرق .

٣. وضح كيف تتأثر الشحنات الكهربية الموجبة والسالبة بحركة الموصل في مجال مغناطيسي عمودي عليه.

٣,٦ قانون لتز Lenz's Law

عزيزي الدارس الان يمكننا التعرف على

- أولا: اتجاه القوة الدافعة الكهربية المستحثة
- ثانيا: اتجاه التيار التأثيري

وذلك باستعمال "قانون لنز" الذي نصه :

" عندما تتولد قوة دافعة تأثيرية في ملف بسبب تغير التدفق المغناطيسي خلاله ، تكون قطبيتها بحيث تنتج تيارا كهربيا يؤدي إلى إنشاء تدفق مغناطيسي يعاكس التغير في التدفق المغناطيسي خلال الملف"

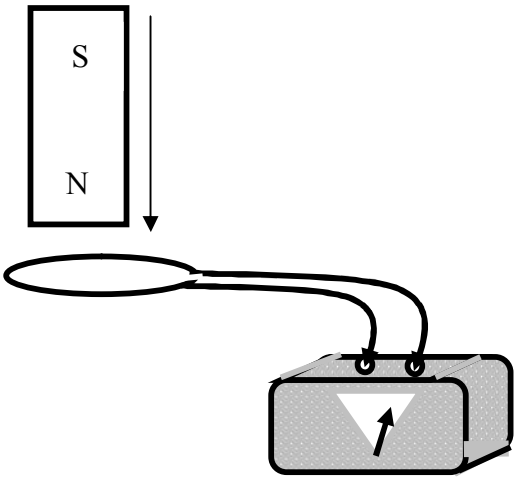
ويعتبر النص المذكور توضيحا لمعنى الإشارة السالبة في قانون فارادي

$$\mathcal{E} = -N\phi\left(\frac{dx}{dt}\right) \qquad (١-٦)$$

ويمكننا أن نورد نص "قانون لنز" على نحو أخر بحيث يتم التركيز على ما يمكن أن يحصل للتيار التأثيري بدلا من القوة الدافعة التأثيرية ، ونلخصه فيما يلي :

" يكون اتجاه التيار التأثيري في الحلقة(الموصل) المغلقة بحيث يعاكس التغير الذي أنتجه "

وبما أن هذا النص الأخير قد أشار إلى " **التيار** " ، إذن لا يمكننا تطبيقه إلا في حالة الدائرة المقفلة ، فاذا كانت الدائرة مفتوحة فإننا نتعامل معها وكأنها مقفلة ونتابع ما يمكن أن يحدث لقطبي القوة الدافعة التأثيرية . ولاستيعاب قانون لنز ، نتناول حالة بعينها تتمثل في أولى تجارب فارادي الموضحة في الشكل(٦-٦). ولتفسير ما يحدث عزيزي الدارس ، دعنا نفكر بمنظورين مختلفين ولكنهما متكافئان



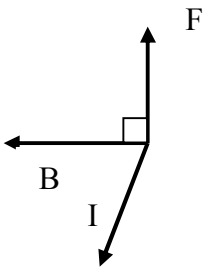
الشكل (٦-٦)

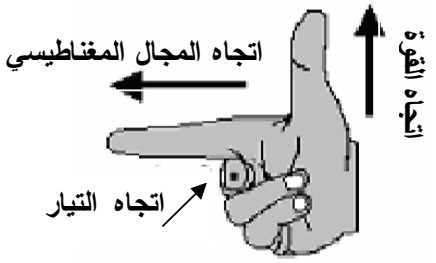
- **المنظور الأول**

بما أن **الملف الذي يمر فيها التيار** ينتج **مجالا مغناطيسيا** ، فهو إذن أشبه بمغناطيس له قطبان شمالي وجنوبي . فإذا كان على الملف أن يقاوم **حركة المغناطيس الذي يتجه** نحوه (حسب قانون لنز) فإن عليه ان **يكون قطبا شماليا** في مواجهته ، ليتنافر القطبان (الشمالي للمغناطيس مع الشمالي للحلقة).

وباستعمال قاعدة اليد اليمنى نستدل على اتجاه التيار في الحلقة المبين في الشكل (٦-٧).

وبلغة " قانون لنز " ، فإن دفع المغناطيس نحو الملف هو " **التغير**" **الحاصل الذي أدى إلى توليد تيار فيه** . وهذا التيار هو الذي يعمل على مقاومة عملية دفع المغناطيس باتجاه الملف .



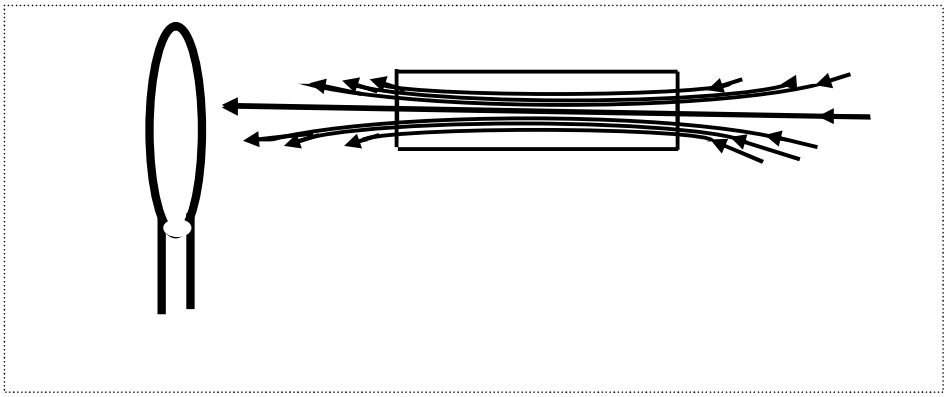


قاعدة اليد اليمنى

والآن عزيزي الدارس ، إذا سحبنا المغناطيس بعيدا عن الحلقة، فإن على التيار التأثيري أن يقاوم هذا " التغير " ، بأن يعمل على منع المغناطيس من الابتعاد عن الملف. وأي يعمل علي إنشاء قطب جنوبي في مواجهة القطب الشمالي للمغناطيس المبتعد. ويترتب على ذلك مرور تيار تأثيري على نحو معاكس للحالة السابقة.

- **المنظور الثاني :**

التغير الذي يتحدث عنه " لنز " هنا هو التغير في التدفق المغناطيسي Φ_m عبر الملف والناجمة عن تقريب او ابعاد المغناطيس (عنه) كما في الشكل.



الشكل (٦-٧)

فإذا اقترب المغناطيس من الملف (الحلقة) ، يزداد التدفق المغناطيسي لأن عددا اكبر من خطوط المجال المغناطيسي يعبر الحلقة . ودور التيار التأثيري هنا أن يمانع التغير الحاصل بأن يولد مجالا مغناطيسيا $\vec{B}_i$ ،يعاكس الزيادة في التدفق المغناطيسي. وعليه ، ينبغي ان يكون اتجاه المجال المغناطيسي التأثيري $\vec{B}_i$ ، من اليسار الى اليمين عبر مستوى الحلقة (الملف) . ومن خلال تحديد اتجاه $\vec{B}_i$ ، يتحدد اتجاه دوران التيار التأثيري في الحلقة وذلك حسب قاعدة اليد اليمنى.

١,٣,٦ قانون لنز وحفظ الطاقة

Lenz's Law and Conservation of Energy

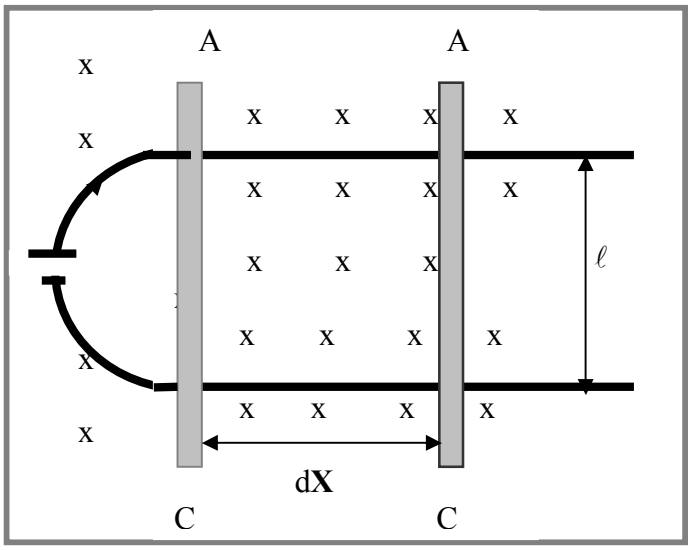
عزيزي الدارس،،

صحيح أن فارادي قد توصل إلى قانون الحث الكهرومغناطيسي تجريبيا وعلى نحو مستقل عن سائر القوانين، إلا أن هذا القانون يأتي نتيجة منطقية لمبدأ حفظ الطاقة. ولتوضيح ذلك دعنا ندرس التجربة التالية:

إذا كان لدينا الدائرة الكهربية المبينة في الشكل (٦-٨)، والتي تتألف من بطارية موصولة بسلكين ينتهيان بطرفين متوازيين ينزلق فوقهما بحرية الموصل AC الذي يغلق الدائرة الكهربية. هذه الدائرة تقع ضمن مجال مغناطيسي منتظم يمر إلى داخل الورقة عموديا عليها .تقوم البطارية التي قوتها الدافعة الكهربية ε_B خلال فترة زمنية مقدارها dt بتزويد الدائرة بطاقة تساوي

$$E= \varepsilon_B \, I \, dt$$

حيث I شدة التيار المار في الدائرة . فإذا بقي الموصل AC ثابتا في موضعه فستصرف هذه الطاقة ($\varepsilon_B \, I \, dt$) جميعها في التغلب على مقاومة الدائرة .


A
A
x
x
x

وحسب مبدأ حفظ الطاقة فإننا نستطيع كتابة العلاقة التالية

$$\varepsilon_B I\,dt = I^2 R dt \qquad (٦-١١)$$

بيد أننا لم نتعرض بعد للقوة المغناطيسية التي تؤثر على الموصل AC بسبب وجوده ضمن مجال مغناطيسي منتظم $\vec{B}$. فباستعمال العلاقة

$$\vec{F} = I\vec{\ell} \times \vec{B}$$

نجد أن الموصل يخضع لتأثير قوة مقدارها ($F = I\,\ell\,B$) وتتجه نحو اليمين كما يظهر في الشكل (٦-٨) .

ولنفترض الآن، عزيزي الدارس، أن الموصل ينزلق بمعدل ثابت خلال فترة زمنية dt إلى موضع جديد (A`C`) والذي يبعد مسافة (dx) عن موضعه القديم (AC). وبالطبع يقوم النظام (system) أثناء هذه الحركة بإنجاز شغل مقداره

$$dW = Bi\,\ell\,dx \qquad (٦-١٢)$$

[ينبغي أن نلاحظ اختلاف تسمية التيار(i) في العلاقة الأخيرة عنه في العلاقات التي سبقتها] . وفي هذه الحالة لا يتم (استنزاف) صرف الطاقة الناتجة من البطارية للتغلب على مقاومة الدائرة فحسب وإنما لانجاز الشغل dW أيضا ، أي أن

$$\varepsilon_B i dt = i^2 R\,dt + Bi\,\ell\,dx \qquad (٦-١٣)$$

ومنها

$$i = \frac{\varepsilon_B - \frac{B\,\ell\,dx}{dt}}{R} \qquad (٦-١٤)$$

وتتضح من العلاقة الأخيرة انه أثناء حركة الموصل على السلكين قد ظهرت قوة دافعة جديدة ، إضافة للقوة الدافعة للبطارية ε_B وهذه القوة الدافعة الجديدة

$$\varepsilon = B\ell\left(\frac{dx}{dt}\right) \qquad (٦-١٥)$$

ويتبين من الشكل (٦-٩) أن (ℓ dx) عبارة عن الزيادة في مساحة الدائرة وعليه من المعادلة (٦-٨) فإن :

$$B\,\ell\,dx = d\Phi_m \qquad (٦-١٦)$$

حيث $d\Phi_m$ يمثل التغير في التدفق المغناطيسي عبر الدائرة . وباختصار نجد أن القوة الدافعة الكهربية ε ، الناجمة عن تغير التدفق عبر الدائرة تساوي

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt} \qquad (٦-١)$$

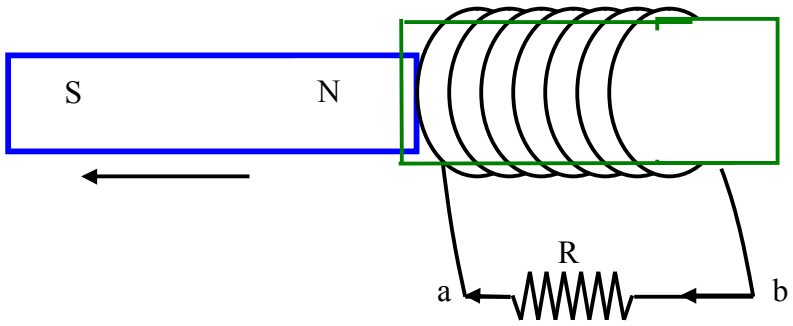
عزيزي الدارس،،

وتأتي هذه النتيجة انسجاما مع قانون فارادي. كما أن الإشارة السالبة في العلاقة (٦-١) ناتجة من نفس العلاقة في (٦-١٤) أي يفسرها قانون لنز الذي يمثل صورة من صور مبدأ حفظ الطاقة.

◄◄ مثال (٥)

استعمل "قانون لنز" لتحديد اتجاه التيار التأثيري عبر المقاومة R (الشكل (٦-٩)) في الحالات التالية

١. عند تحريك المغناطيس إلى اليسار .
٢. عند تحريك المغناطيس إلى اليمين .
٣. عند التحريك الملف إلى اليسار .



الشكل (٦-٩)

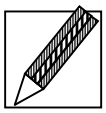
الحل

١. عند تحريك المغناطيس إلى اليسار ينشأ في الملف قطب جنوبي في مواجهة القطب الشمالي للمغناطيس لمنع التغيير (الابتعاد). وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى على الملف، نجد أن التيار يمر من $a \rightarrow b$ عبر المقاومة R.

٢. عند تحريك المغناطيس نحو اليمين ، ينشأ في الملف قطب شمالي في مواجهة القطب الشمالي للمغناطيس لمنع التغيير (الاقتراب) . وحسب قاعدة اليد اليمنى يمر التيار من $b \rightarrow a$ عبر R .

٣. عند تحريك الملف إلى اليسار ، ينشأ قطب شمالي إلى يسار الملف ويترتب عليه مرور التيار من $b \rightarrow a$ عبر R كما في الشكل التالي

تدريب (3)



١.استعمل "قانون لنز" لتحديد اتجاه التيار التأثيري عبر المقاومة في الحالات التالية

١-عند تقريب المغناطيس من سلك في شكل حلقة مغلقة

٢-عند إبعاد المغناطيس من سلك في شكل حلقة مغلقة

٣-عند تقريب سلك (الحلقة) من المغناطيس

أسئلة تقويم ذاتي

١.اشرح كيفية تولد التيار التاثيري ثم كيف يمكن تحديد اتجاهه مع قانون لنز Lenz's Law

٢. وضح قانون لنز علي ضوء قانون حفظ لطاقة.

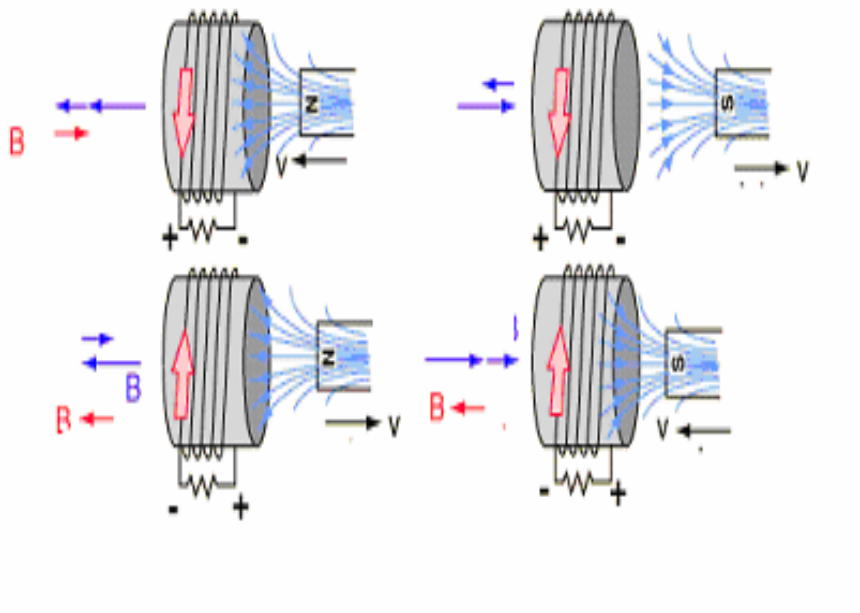
٣.باستعمال "قانون لنز" حدد اتجاه التيار التأثيري عبر المقاومة R (الشكل (٥-٩)) في الحالات التالية :

(أ) عند تحريك المغناطيس نحو الملف.

(ب) عند تحريك المغناطيس بعيداً عن الملف.

(ج) الأشكال التالية يوضح حالات توليد تيار تأثيري عند حركة المغناطيس أو الملف . اشرح مفسرا الأسهم من حيث اتجاه التيار مع اتجاه حركة المغناطيس او الملف ، وذلك في الجزء القادم

(ب) (أ)



(د) (ج)

٤,٦ القوة الدافعة المستحثة والمجال الكهربي

Induced emf and the Electric Field

عزيزي الدارس ،،

لقد درسنا في الجزء السابق أن التدفق المغناطيسي المتغير خلال حلقة موصِلة (ملف)، يؤدي إلى توليد قوة دافعة كهربائية وتيار كهربائي مصاحب لها. ونستنتج من ذلك أن مجالاً كهربياً ينشأ في الموصل بسبب التدفق المغناطيسي المتغير. وبالفعل، فقانون الحث الكهرومغناطيسي يظهر أن التدفق المغناطيسي المتغير يتسبب في توليد مجال كهربي حتى في الفضاء الخالي من الشحنات. ولهذا النوع من المجال الكهربي خواص تختلف تماما عما نعرفه عن المجال الكهروستاتيكي الناجم عن شحنات ساكنة.

ولتوضيح هذه العبارة، عزيزي الدارس ،،

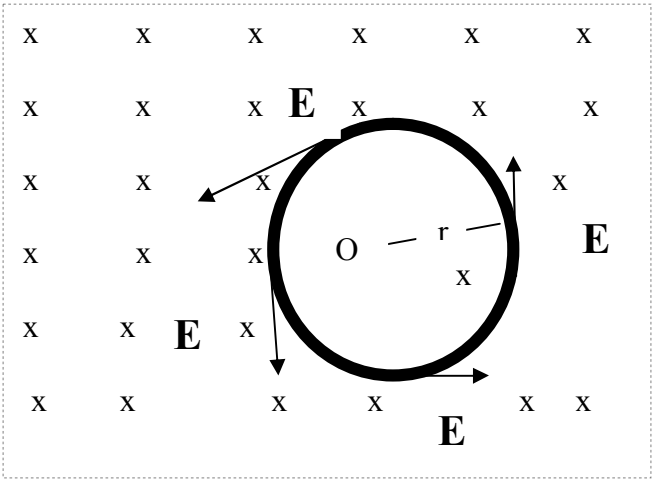
نفترض ان لدينا حلقة (ملف) موصِلة نصف قطرها r ، موضوعة ضمن مجال مغناطيسي منتظم عمودي على مستوى الحلقة (الملف). فإذا تغير المجال المغناطيسي بدلالة الزمن ، فإنه وبحسب قانون فارادي ستنشأ قوة دافعة تأثيرية

$$\varepsilon = - \, d\Phi_m / dt$$

مما يولد تياراً تأثيرياً يمر في الحلقة (الملف). وظهور التيار التأثيري يؤكد ان مجالاً كهربياً قد نشأ في الحلقة (الملف) بالاتجاه المماس لها، وعند كافة نقاطها، وذلك كما يظهر في الشكل (٦-١٠) . ومن المعروف سابقا أن الشغل المبذول اللازم لنقل شحنة q في دورة واحدة حول الحلقة يساوي حاصل ضرب

الشحنة × شدة المجال الكهربي = $q \times E$.

وبما أن القوة المؤثرة في q تساوي qE ، إذن فالشغل الذي تبذله هذه القوة هو qE $(2\pi r)$ ، حيث $(2\pi r)$ عبارة عن محيط الحلقة(الملف) .



الشكل (٦-١٠)

ونستنتج من ذلك أن

$$q\varepsilon = qE(2\pi r)$$

ومنها

$$E = \frac{\varepsilon}{2\pi r} \qquad (٦-١٧)$$

ويكون التدفق المغناطيسي عبر الحلقة من المعادلة

$$\frac{d\Phi_m}{dt} = r^2 \frac{dB}{dt}$$

$$\Phi_m = BA = B(\pi r^2) \qquad (٦-١٨)$$

وباستعمال الثلاث العلاقات الأخيرة بالإضافة إلى قانون فارادى $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$ نخلص إلى النتيجة التالية

$$E = \frac{-r\,dB}{2\,dt} \qquad (٦-١٩)$$

نستطيع إذن عزيزي الدارس الان إيجاد المجال الكهربي E المتولد بالتأثير إذا عرفنا قيمة التغير في المجال المغناطيسي بالنسبة للزمن (dB/dt)، اما الاشارة السالبة فمعناها ان المجال الكهربي الناشئ يعاكس التغير في المجال المغناطيسي . وهذه النتيجة صحيحة حتى في حالة غياب الحلقة الموصلة (أي في الفراغ) .

ويعبر عن القوة الدافعة لأي مسار مغلق بالعلاقة

$$\varepsilon = \oint \vec{E} \cdot d\vec{\ell} \qquad (٢٠=٩)$$

ويمثل $d\vec{\ell}$ عنصر ازاحة ضمن المسار المغلق ، ونستنتج من العلاقة الاخيرة وقانون فارادي ان

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{\ell} \neq 0 \qquad (٢٠-٦)$$

وتجدر الملاحظة هنا عزيزي الدارس ،،

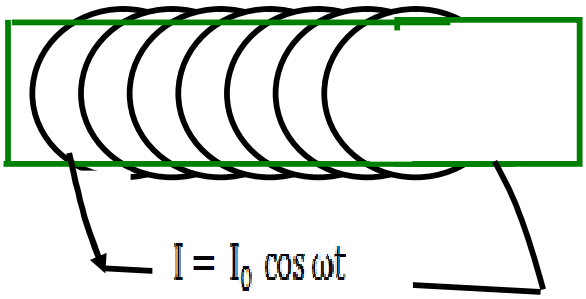
أن المجال الكهربي المستحث $\vec{E}$ ، عبارة عن مجال غير محافظ (non conservative) (على عكس المجال الكهروستاتيكي) كما انه يتغير مع الزمن . ولو كان المجال $\vec{E}$ محافظا لاصبح التكامل $(\oint \vec{E} \cdot d\vec{\ell})$ حول مسار مقفل ، ويسمي "تجول $\vec{E}$ " (circulation of $\vec{E}$)مساويا للصفر (وهو الشغل الذي تقوم به قوة محافظة حول مسار مقفل كما تعرفنا عليه سابقا.

◄◄ مثال (٦)

ملف لولبي طويل نصف قطره R يحتوي n لفة لكل وحدة طول ، يمر فيه تيار يتغير مع الزمن حسب العلاقة $I = I_0 \cos \omega t$ حيث I_0 عبارة عن اقصى قيمة للتيار و ω التردد الزاوي لمصدر التيار . أوجد

١. المجال الكهربي خارج الملف اللولبي

٢. المجال الكهربي داخله .



الشكل (٦-١٢)

الحل

١. المجال الكهربي خارج الملف اللولبي r > R

في هذه الحالة، عزيزي الدارس ، نفترض ان لدينا مسار تكامل دائري نصف قطره r كما يتضح من الشكل السابق و يبدو واضحا من التماثل أن قيمة $\vec{E}$ ثابتة لهذا المسار ويتخذ $\vec{E}$ اتجاها مماسيا له . يعطى التدفق المغناطيسي Φ_m عبر هذا المسار الدائري حسب العلاقة (٦-١٨)

$$\boxed{\Phi_m = B(\pi R^2)}$$

واستعملنا هنا المساحة πR^2 بدلا من πr^2 لان المجال المغناطيسي $\vec{B}$ الناجم عن التيار I يكون مهملا خارج الملف اللولبي .

وباستعمال المعادلة التالية

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{\ell} \neq 0$$

نحصل على

$$\varepsilon = \oint \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = -\frac{d}{dt}(B\pi R^2)$$

$$= -\pi R^2 \frac{dB}{dt}$$

ومنها

$$\boxed{E(2\pi r) = -\pi R^2 \frac{dB}{dt}} \qquad (٦-٢٢)$$

ولكن عزيزي الدارس، لقد عرفنا سابقا ان شدة المجال المغناطيسي B داخل الملف اللولبي تعطى بالعلاقة

$$B = \mu_0 n I$$

وبالتعويض عن شدة التيار المعطاة من الشكل السابق

إذن $$B = \mu_0 n I_0 \cos(\omega t)$$

وبالتعويض عن المجال المغناطيسي B في العلاقة (٦-٢٢) نحصل على

$$E = \frac{\mu_0 n I_0 \omega R^2}{2r} \sin(\omega t) \quad , \quad r > R$$

ونلاحظ هنا أن المجال الكهربي التأثيري E يتغير مع الزمن كدالة جيبيه (sinusoidal) ، وانه يقل خارج الملف كلما ابتعدنا عن محوره .

٢. المجال الكهربي داخل الملف اللولبي $R < r$:

باستعمال الطريقة السابقة بحيث يقع المسار الدائري المغلق داخل الملف نحصل على

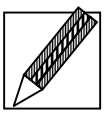
$$E(2\pi r) = -\pi R^2 \frac{dB}{dt} = \pi r^2 \mu_0 n I_0 \omega \sin(\omega t)$$

ومنها :

$$E = \frac{\mu_0 n I_0 \omega}{2} r \sin(\omega t) \quad , \quad r > R$$

ونلاحظ هنا أيضاً ، عزيزي الدارس، أن المجال الكهربا التأثيري يتغير مع الزمن كدالة جيبيه، ولكنه في هذه الحالة يزداد داخل الملف كلما ابتعدنا عن محوره .

تدريب (4)



ملف لولبي طويل نصف قطره R يحتوي ٢٠٠ لفة لكل وحدة طول ، يمر فيه تيار يتغير مع الزمن حسب العلاقة $I = I_0 \cos \omega t$ حيث I_0 عبارة عن أقصى قيمة للتيار(I=2A)و ω التردد الزاوي لمصدر التيار(50Hz) . أوجد

١. المجال الكهربي خارج الملف اللولبي

٢. المجال الكهربي داخله .

علما بأن قيمة التيار القصوي نصف أمبير

أسئلة تقويم ذاتي



١ . أكمل العبارة التالية

التدفق المغناطيسي ..... تسبب في توليد مجال ..... حتى في الفضاء الخالي من .....، ثم فسر هذه العبارة.

٢.فسر الإشارة السالبة في المعادلة التالية

$$E = \frac{r\, dB}{2\, dt}$$

٣. مالفرق بين المجال الكهربي المستحث $\vec{E}$ ، والمجال الكهروستاتيكي$\vec{E}$.

٥,٦ المولدات والمحركات Generators and Motors

عزيزي الدارس،

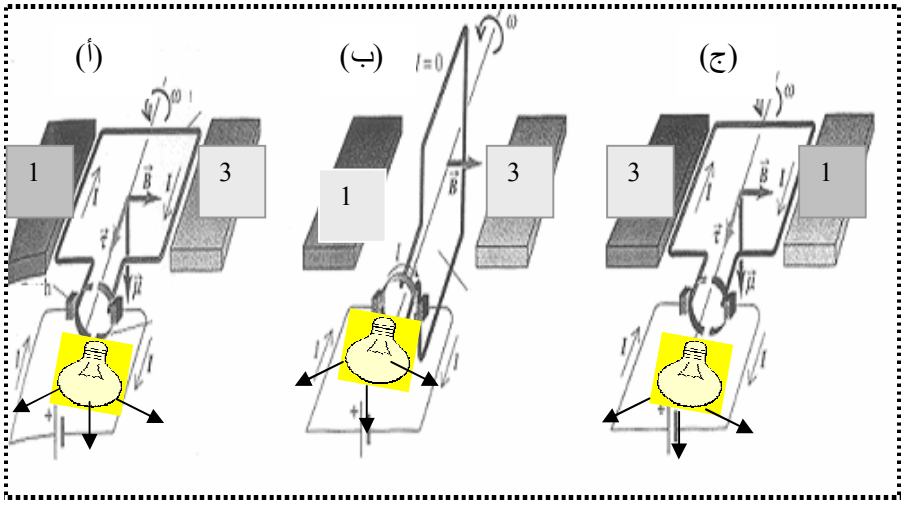
المولدات والمحركات عبارة عن الآلات تعمل حسب مبدأ الحث الكهرومغناطيسي.

١,٥,٦ المولدات

هنالك نوعان من المولدات:

اولاً: مولد التيار المتناوب (AC generator)

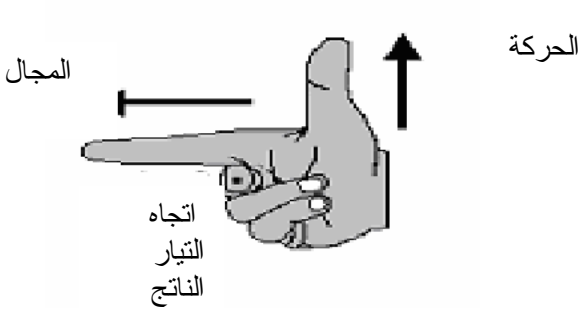
يقوم هذا النوع من المولدات بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربية. ويتكون في ابسط صورة من لفة واحدة(ملف مستطيل) من سلك موصل تدار بواسطة مصدر خارجي وتقع ضمن مجال كهرومغناطيسي. ومن الناحية العملية فهذا المصدر الخارجي ربما يتأتى من استغلال الطاقة المتوافرة في الطبيعة كالشلالات وطاقة الرياح وغيرها من مصادر الطاقة الحركية. نرى في الشكل (٦ –١٢) لفة واحدة من سلك موضوع بين قطبي مغناطيس ويتصل من طرفيه بحلقتين . وتتصل كل من الحلقتين بفرشاة لنقل التيار إلى الدائرة الكهربية لإضاءة المصباح المبين في الرسم التوضيحي للشكل.



الشكل (٦–١٣) المولد الكهربي

كيفية عمل المولد الكهربي :

نلاحظ عزيزي الدارس، في الشكل أعلاها أن الملف المستطيل أفقيا كما هو في الجانب الأيسر من الشكل (٦-١٣)(أ) فنجد إدارة الملف بقوة خارجية فأن الضلعين الأول والثالث يقطع خطوط المجال الكهربي ولذلك يتولد فيهما قوة دافعة كهربية بالتأثير أي تيار تـــأثير ويكون اتجاهه باستخدام قاعدة اليد اليمني بحيث يكون الإبهام في اتجاه القوة (الحركة) والسبابة في اتجاه المجال ، ومن هنا فان الوسطي يشير إلي اتجاه التيار .



قاعدة اليد اليمني

وبذلك يكون اتجاه التيار في الضلع(١) إلي أعلى، وأما الضلع (٣) إلي أسفل. ويكون قيمة التيار اكبر ما يمكن عندما يكون الملف في الوضع الراسي($\theta = 90^0$) ، وباستمرار الملف في الدوران فان الملف يرجع إلي الوضع الأفقي مرة أخري($\theta = 180^0$) الشكل(٦-١٣)(ج) بحيث يتبادل الأوضاع فيكون الضلع (١) محل (٣) و هكذا ويكون التيار عندئذ = الصفر واستمرار الملف في الدوران يستمر التيار في الناقصان ويكون اقل ما يمكن عند الزاوية ٢٧٠ درجة وباستمرار الملف في الدوران يرجع الملف للوضع الأول $\theta = 360^0$ وهكذا . ومن هنا فان التيار يغير اتجاه في الضلعين مرتين في كل دورة كما هو واضح في الشكل(٦-١٤)

عزيزي الدارس ،،

ولإعطاء الموضوع بعدا كمياً، نعتبر ملفا مؤلفا من عدد N من اللفات ذات مساحات متساوية A ، ولنجعل الملف **يدور بسرعة زاوية ثابتة** ω . فإذا كانت θ هي الزاوية المحصورة بين اتجاه المجال المغناطيسي $\vec{B}$ ، والعمود المقام على سطح الملف (أي اتجاه $\vec{A}$) ، فيمكننا إذن إيجاد التدفق المغناطيسي عبر الملف من العلاقة

$$\Phi_m = \vec{B}.\vec{A} = BA\cos\theta = BA\cos\omega t \qquad (٢٣-٦)$$

حيث $(\theta = \omega t)$

وعلى افترا ض ان الزاوية $(\theta = 0)$ عندما $(t = 0)$.

وباستعمال قانون فارادي ، نجد القوة الدافعة التأثيرية ، ε تساوي

$$\varepsilon = -N\frac{d\Phi_m}{dt} = NAB\omega \sin\omega t$$

$$= \varepsilon_0 \sin\omega t \qquad (٢٤-٦)$$

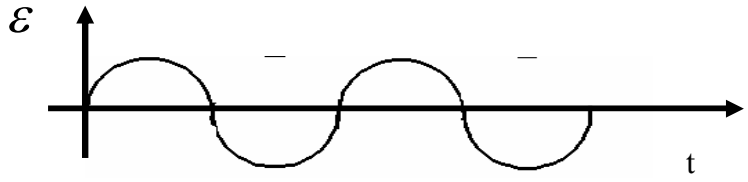
حيث ان $\varepsilon_0 = NAB\omega$

وتتضح من العلاقة (٢٤-٦) أن القوة الدافعة المتولدة بواسطة الحث الكهرومغناطيسي تتغير مع الزمن حسب الدالة الجيبيه . وتكون

- اكبر قيمة للقوة الدافعة ε_0 عندما تكون θ مساوية لـــ 90º او 270º وتعطى بالعلاقة التالية

$$\varepsilon_0 = NAB\omega \qquad (٢٤,٦)$$

- قيمة القوة الدافعة ε_0 مساوية للصفر عندما تكون θ مساوية للصفر او 180º .



شكل (٦-١٤)

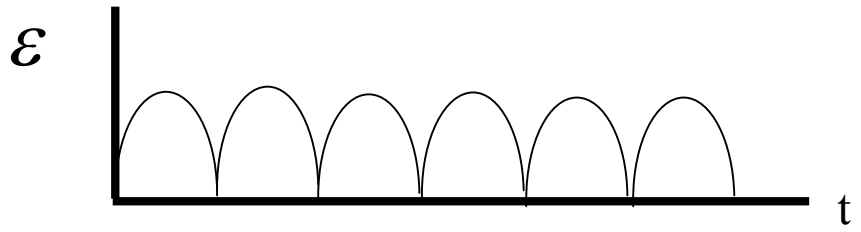
التيار الغير المباشر(في الاتجاهين الموجب والسالب)

ثانياً: مولدات التيار المباشر DC generators

عزيزي الدارس ،،

لمعرفة **مولدات التيار المباشر إي** للحصول علي تيار مباشر يتم استبدال شكل الحلقة المفصولة إلى نصفين والموصولة بطرفي الملف لمولد التيار المتناوب إلي نصف اسطوانة بحيث يكون اتجاه التيار داخل الملف متغير ولكن خارج الملف في اتجاه واحد.

أما بالنسبة لمولد التيار المباشر فهي موضحة في الشكل (٦-١٣) ويستعمل هذا النوع من المولدات لشحن البطاريات كما في حالة بطاريات السيارات، في هذه الحالة ، تتغير القوة الدافعة ε ، مع الزمن حسب الرسم المجاور للشكل التالي . فقطبيتها ثابتة بحيث يكون لها طرف موجب دائما وطرف أخر سالب دائما، ولكنها متغيرة من حيث المقدار. وهذا النوع من القوة الدافعة لا يناسب التطبيقات العملية في معظم الحالات.



شكل (٦-١٥)

التيار المباشر(في الاتجاه الموجب)

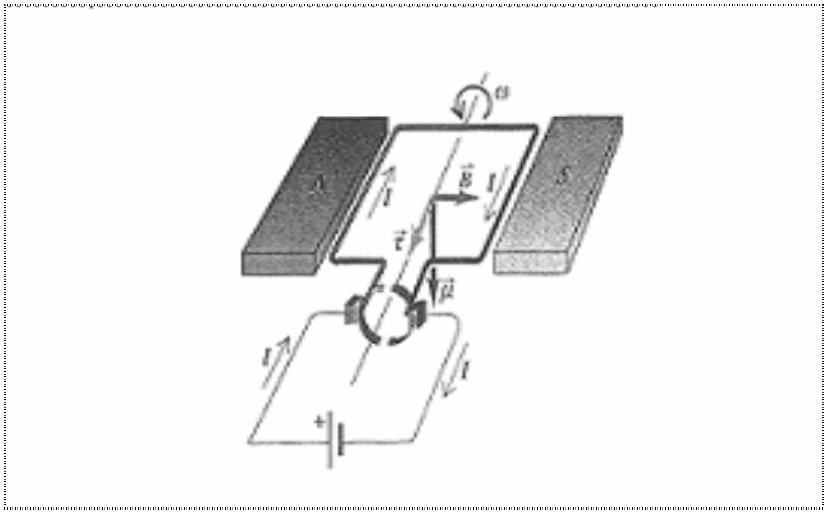
٢,٥,٦ الموتورات motors

عزيزي الدارس ،،

الموتورات عبارة عن مولدات تعمل عكس الحالة السابقة ، بمعنى أنها:

تقوم بتحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة حركية

فبدلا من توليد تيار كهربي عن طريق إدارة الملف ، يتم تزويد الملف بتيار كهربي بواسطة بطارية مما يؤدي إلى توليد مجال مغناطيسي .

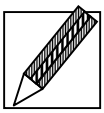


الشكل(٦-١٦)

المحرك الكهربي

وقد عرفنا سابقا أن وجود ملف يمر فيه تيار ضمن مجال خارجي (ناجم عن قطبي مغنطيس) يؤثر على الملف بعزم ازدواج مما يجعله يدور. هذا وتستعمل الطاقة الحركية الناتجة في مجالات شتى من التطبيقات العملية للحياة اليومية، مثل المروحة ومضخات المياه وغيرها

تدريب (5)



اشرح كيفية عمل مولد التيار المتناوب (AC generator) و **مولد التيار المباشر** DC generators مع الاستعانة بالرسم

أسئلة تقويم ذاتي



١ . عرف كل من المولدات والمحركات

٢. أكمل التالي :

المولدات والمحركات عبارة عن الآلات تعمل حسب مبدأ .....

٣. اشرح فيزيائية عمل المولدات

٤. تنقسم المولدات إلي .....و .....

٥. ماالفرق بين مولد التيارالمتناوب ومولدات التيارالمباشرمن حيث التركيب

الخلاصة

عزيزي الدارس ،،

نهنئك على إنهاء هذه الوحدة، وندعوك لمراجعة أهم النقاط التـــي وردت فيها :-

تعرفنا علي قانون فإرادي ثم كيفية شرح القوة الدافعة الكهربية المستحثة حركيـــا كما تم شرح قانون لنز Lenz's Law و قانون لنز لحفظ لطاقة ، وتعرفنا علي القـــوة الدافعة المستحثة والمجال الكهربي وتم شرح بعض التطبيقات العلمية مثـــل المولـــدات والمحركات الكهربية.

عزيزي الدارس،،

نرجو في ختام هذه الوحدة أن تكون حققت الأهداف الواردة في بديتها، ونتمنى لك التوفيق دائماً.

لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية

عزيزي الدارس،

وبعد أن فرغت من دراسة هذه الوحدة العلمية و اصبح لديك الآن حصيلة كبيرة من المعلومات المفيدة فيما يتعلق بقانون فارادي سوف إلي وحدة مفيدة ومهمة جدا ، إلا و هي المحاثة ونتناول فيها الحث الذاتي وأيضا نتناول دوائر التوالي للمقاومة والمحاثة و نتعرف علي هذه الدائرة والتي تتكون من بطارية قوتها الدافعة الكهربائية ε ومقاومة R ومحاثة L ، ومفتاح S ، ثم نوجد قيمة القوة الدافعة الراجعة ε_L وقيمة التيار I،

كما سنتعرف علي الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي ونتعمق في معرفة معدل الطاقة التي تزودها البطارية و أخيرا سوف نتطرق إلي الحث المتبادل ومنه نتعرف علي معامل الحث المتبادل (محاثة متبادلة) لملف بالنسبة لملف أخر و الأمثلة الخاصة بذلك

نرجو أن تكون وحدة مفيدة لك وان تسهم معنا في نقدها وتقييمها.

إجابة التدريبات

التدريب (١)

١. القوة الدافعة التأثيرية من

$$|\varepsilon| = N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{N\Delta(BA)}{\Delta t} \qquad = \frac{(200)[(3.6)(0.5)_0]}{0.05} = 7.2kV$$

و أما التيار التأثيري فهو $I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{7200}{30} = 240 \ A$

٢. الاستعانة بالجزء ١,٦. قانون في فارادي للحث و مثال (٣)

التدريب (٢)

١. $\varepsilon = -B\ell\upsilon$

بما أن $qE = q\upsilon B$ ،ومنها $E = \upsilon B$

وباستعمال العلاقة التالية نجد أن $V = E\ell$

وبدمجها نحصل على $V = B\ell\upsilon$

٢. بما أن $\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{d} = -\frac{d}{dt}(B\ell x) = -B\ell\left(\frac{dx}{dt}\right)$

$$\varepsilon = -B\ell x$$

التيار التأثيري مساويا لـــ $I = \frac{|\varepsilon|}{R} = \frac{B\ell\upsilon}{R}$

التدريب (٣)

بالاستعانة بالجزء ٤,٦. قانون لنز وحفظ لطاقة و المثال (٥)

التدريب (٤)

١. ارجع لجزء ٦,٦ القوة الدافعة المستحثة والمجال الكهربي مع الاستعانة بالمثال (٦) وعوض القيم المعطاة

التدريب (٥) **الإجابة الموضوع ٦,٥,١ .١.المولدات**

مسرد المصطلحات

عزيزي الدارس،،

الان نتعمق في المصطلحات الواردة في الوحدة باللغة الإنجليزية، كي نسهل عليك الرجوع إلى أي مراجع أجنبية، أو البحث عبر شبكة الإنترنت.

قانون فإرادي	Faraday's Law
بقانون فإرادي للحث	Faraday's law of induction
قانون الحث لفارادي	Faraday's Law of Induction
التيار ألتأثيري	induced current
بالقوة الدافعة التأثيرية	induced electromotive force
القوة الدافعة الكهربية المستحثة حركيا	Motional emf
"الحث الكهرومغناطيسي"	electromagnetic induction
قانون لنز	Lenz's Law
قانون لنز وحفظ لطاقة	Lenz's Law and Conservation of Energy
يقوم النظام	system
القوة الدافعة المستحثة والمجال الكهربي	Induced emf and the Electric Field
غير محافظ	non conservative
تجول $\vec{E}$ "	circulation of
كدالة جيبيه	sinusoidal
المولدات والمحركات	Generators and Motors
مولد التيار المتناوب	AC generator
مولدات التيار المباشر	DC generators
الموتورات	motors

المراجع الأجنبية

1.D.C.Giancoli.3rd edition, Physics, principles with Application : prentice hall New York.1989 .
2. Fundamentals of physics'. Halliday and R.Resnick , 10th edition : Wiley, New York.1989

المراجع العربية

١. فرانسيس وستن سيرز راجعه الدكتور عبدا لله الرسول احمد درويش. الكهربية والمغناطيسية ترجم في قسم الفيزياء جامعة البصرة كلية التربية
٢. أ.د. محمد بن على احمد آل عيسي ، د. محمدين صالح العبد الله ، د. عبد الله راشد السماري. الفيزياء العامة في الكهرباء والمغناطيسية – الضوء – الفيزياء الحديثة . دار الخريجين للنشر والتوزيع (١٩٩٧) .