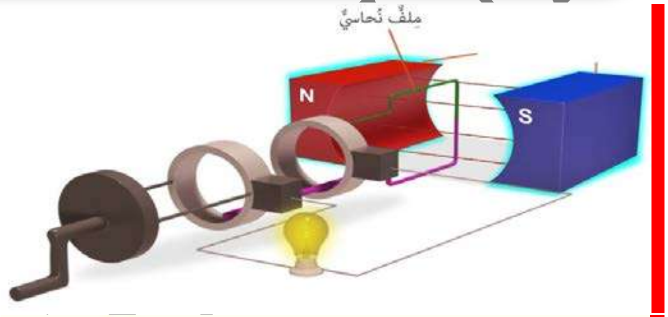
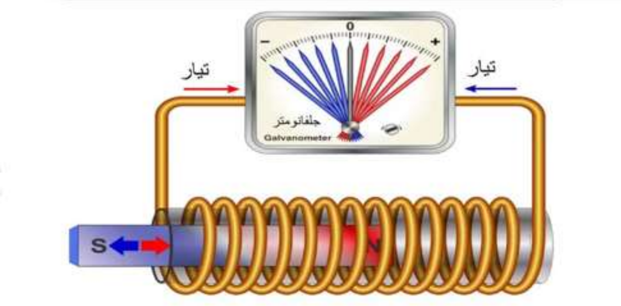
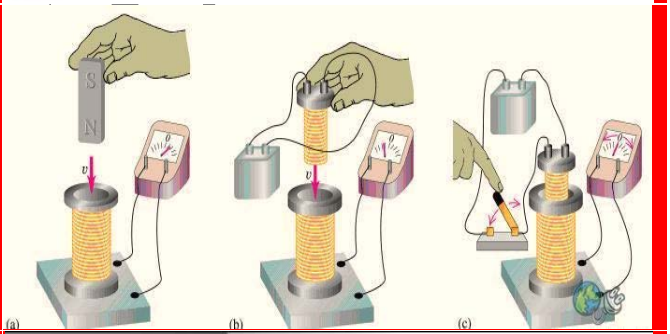
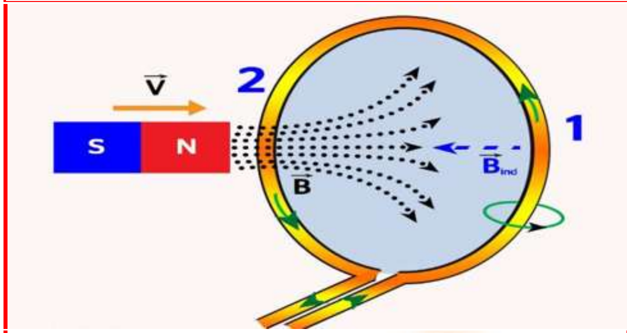
الفصل الدراسي الثالث ... الوحدة التاسعة

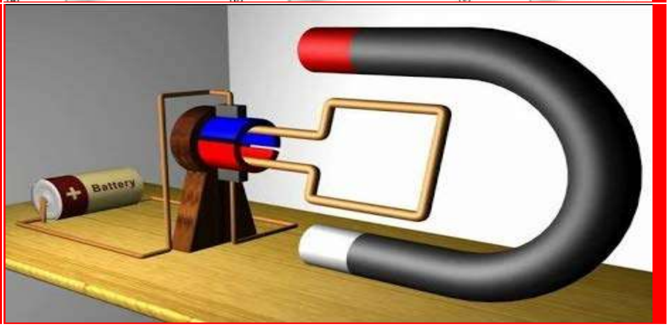
الحث الكهرومغناطيسي

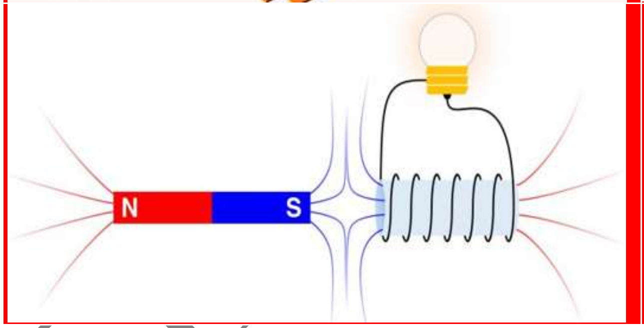












العام الدراسي 2019/2020

فيزياء 12 متقدم

إعداد:الأستاذ

فكري محمود محمد

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
0502171456

9.1 تجارب فاراداي

مقدمة: **العالم (هنري - فاراداي)** .. توصلا إلى أنه إذا قطع موصلا مجالاً مغناطيسياً قطعاً متغيراً فإنه يتولد بين طرفيه **فرق جهد مستحث** ينتج عنه **تياراً مستحثاً**.[استطاع تحويل الطاقة المغناطيسية إلى طاقة كهربائية].

ظاهرة الحث: هي عملية توليد فرق جهد مستحث ينتج عنه تيار كهربي مستحث في دائرة كهربائية مغلقة عند قطعه مجالاً مغناطيسياً قطعاً متغيراً أو بسبب الحركة النسبية له في المجال المغناطيسي.

طرق الحصول على تيار مستحث في موصل

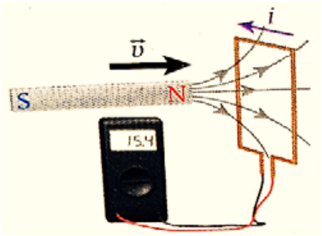
① الحركة النسبية للموصل أو المغناطيسي بحيث يتم قطع خطوط المجال المغناطيسي قطع متغير.

② تغير التدفق المغناطيسي (زيادة أو نقصان) الذي يخترق الملف.

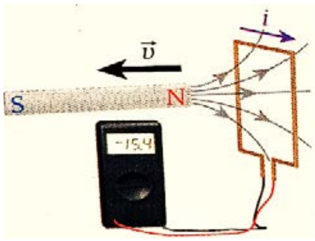
✪ **التدفق المغناطيسي** Φ_B: هو عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تمر عموديا خلال وحدة المساحات.

☜ **ملاحظة هامة**

اتجاه التيار المستحث المتولد في الملف يتوقف على معدل التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف حيث يتغير اتجاه التيار بزيادة التدفق المغناطيسي في (**الشكل a**) أو بنقصان التدفق المغناطيسي في (**الشكل b**)



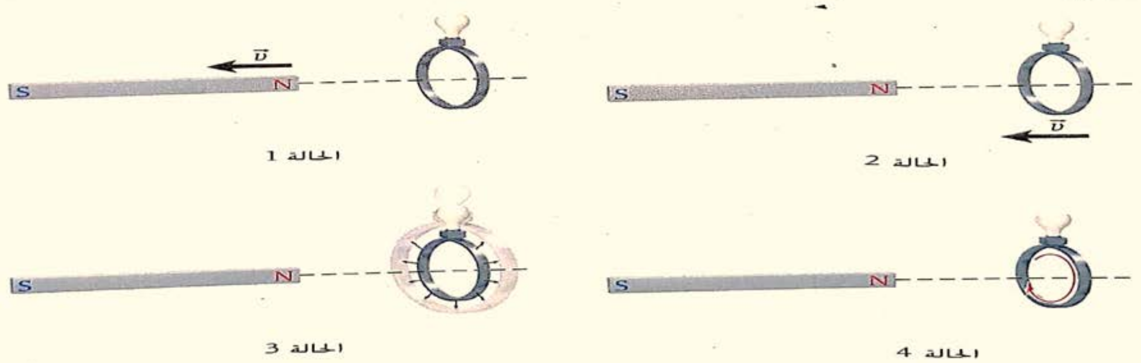
(a)



(b)

مراجعة المفاهيم 9.1

تبيّن الأشكال الأربعة قضيبًا مغناطيسيًا ومصباحًا ضوئيًا منخفض الجهد متصلًا بطرفيْ حلقة توصيل. مستوى الحلقة عمودي على الخط المتقطع. في الحالة 1. تكون الحلقة ثابتة ويتحرك المغناطيس مبتعدًا عنها. في الحالة 2. يكون المغناطيس ثابتًا وتتحرك الحلقة في اتجاهه. في الحالة 3. يكون كل من المغناطيس والحلقة ثابتين. ولكن تزداد مساحة الحلقة. في الحالة 4. يكون المغناطيس ثابتًا وتدور الحلقة حول مركزها. في أي حالة من هذه الحالات سيضيء المصباح؟



a) الحالة 1
b) الحالتان 1 و2
c) الحالات 1 و2 و3
d) الحالات 1 و2 و4
e) الحالات الأربع كلها

الحل: **1- الحالة (1) :** **يقل** معدل التدفق المغناطيسي مما يولد تيار ويضئ المصباح.

2- الحالة (2) : **يزداد** معدل التدفق المغناطيسي مما يولد تيار ويضئ المصباح.

3- الحالة (3) : **يزداد** معدل التدفق المغناطيسي مما يولد تيار ويضئ المصباح.

4- الحالة (4) : **ثبات** معدل التدفق المغناطيسي و هذا لا يولد تيار فلا يضئ المصباح.

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

9.2 قانون فارادای للحث الكهرومغناطيسى

✪ **ينص على :** يستحث فرق الجهد عندما يتغير عدد خطوط المجال المغناطيسي المارة عبر الحلقة بمرور الزمن.

☜ **ملحوظة** : توليد فرق جهد مستحث يعني أن المجال المغناطيسي المتغير ينتج مجالاً كهربياً حول الحلقة حيث يوجد طريقتان لإنتاج مجال كهربي

① **من الشحنات الكهربائية** : ستكون القوة الناتجة المؤثرة في الشحنة قوة محافظة و لا تبذل شغلاً.

② **من المجال المغناطيسي المتغير** : ستكون القوة الناتجة قوى كهربائية غير محافظة وبالتالي يتم بذل شغل.

مقدار الشغل المبذول يحسب من العلاقة : $\mathbf{W = q.\Delta V}$

التدفق المغناطيسي : هو التكامل السطحي للمجال المغناطيسي المار عبر عنصر مساحة تفاضلي.

$$\Phi_B = \iint \vec{B}.d\vec{A}$$

حيث يشير متجه المساحة التفاضلي $d\vec{A}$ دائماً إلى خارج الحجم المغلق ويكون متعامداً على السطح في كل مكان ويكون ناتج تكامل التدفق المغناطيسي عبر سطح مغلق = صفر. $\oiint \vec{B}.d\vec{A} = 0$

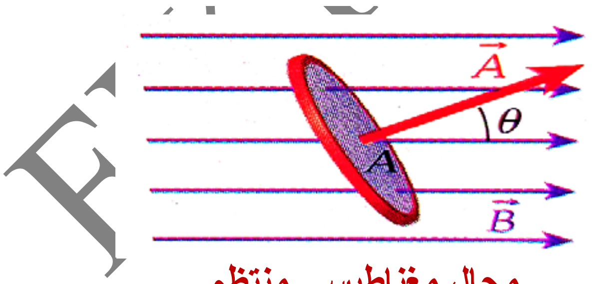
وذلك بسبب .. (عدم وجود شحنات مغناطيسية حرة أو أقطاب مغناطيسية أحادية)

ويطلق على هذه النتيجة **قانون جاوس للمجالات المغناطيسية**

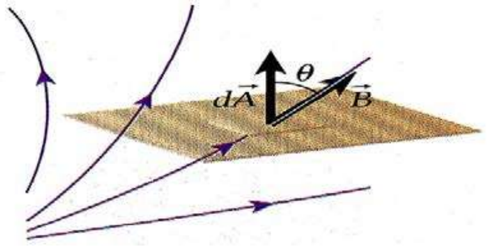
(خطوط المجال المغناطيسي ليست لها بداية أو نهاية لكنها تشكل حلقة مغلقة مستمرة)

✪ **حساب التدفق المغناطيسي** : $\mathbf{\Phi_B = BA.\cos\theta}$

θ : هى الزاوية المحصورة بين خطوط المجال المغناطيسي والعمودي على مستوى الحلقة أو الملف



مجال مغناطيسي منتظم

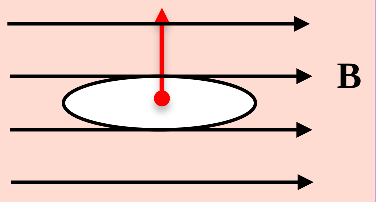
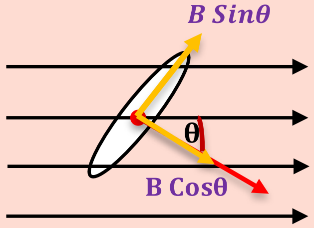
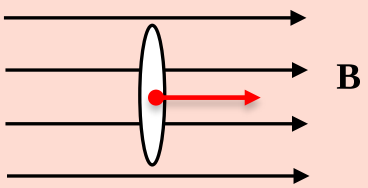


مجال مغناطيسي غير منتظم

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed　0502171456

0502171456

حالات المجال المغناطيسي بالنسبة للعمودي على مستوى الملف (الحلقة)

مستوى الملف موازي للمجال	مستوى الملف يميل على المجال	مستوى الملف عمودي على المجال
		
$\theta = 90^\circ$ $\cos 90 = 0$	$0 < \theta < 90^\circ$	$\theta = 0^\circ, 180^\circ$ $\cos\theta = 1$
$\Phi_B = 0$	$\Phi_B = BA.\cos\theta$	$\Phi_B = BA$

العوامل التي يتوقف عليها مقدار فرق الجهد المستحث (ΔV_{ind}) المتولد في ملف

❶ **المعدل الزمني الذي يقطع به الملف خطوط الفيض المغناطيسي** : فإذا فرضنا أن $d\Phi_B$ التغير في خطوط التدفق المغناطيسي المقطوعة في فترة زمنية قدرها dt فإن : $\Delta V_{ind} \propto \frac{d\Phi_B}{dt}$

وهذا المعدل الزمني يتوقف على : - شدة المجال المغناطيسي
- سرعة حركة المغناطيس
- عدد لفات الملف .

❷ **عدد لفات الملف الذي يقطع خطوط الفيض** : يلاحظ أن . . . $\Delta V_{ind} \propto N$

مما سبق ينتج أن : $\Delta V_{ind} = -N\frac{d\Phi_B}{dt}$

ملحوظة : **الإشارة السالبة** تدل على أن اتجاه فرق الجهد المستحث وبالتالي اتجاه التيار المستحث يكون بحيث يقاوم أو يعاكس التغير المسبب له . **وتعرف العلاقة السابقة بقانون فاراداي** .

✪ حساب مقدار فرق الجهد المستحث المتولد في حلقة دائرية موصلة داخل مجال مغناطيسي

$$\Delta V_{ind} = -\frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{d}{dt}(ABcos\theta)$$

✪ حالات خاصة لفرق الجهد المستحث أو القوة الدافعة الكهربائية المستحثة

① تغيير المجال المغناطيسي بمرور الزمن مع بقاء المساحة والزاوية ثابتتان

$$\Delta V_{ind} = -NAcos\theta\frac{dB}{dt} \qquad (A, \theta)Constant$$

② تغيير مساحة الحلقة المعرضة للمجال المغناطيسي مع بقاء المجال والزاوية ثابتتان

$$\Delta V_{ind} = -NBcos\theta\frac{dA}{dt} \qquad (B, \theta)Constant$$

③ تغيير الزاوية كدالة زمن مع بقاء المساحة والمجال ثابتتان $\omega = d\theta/dt$

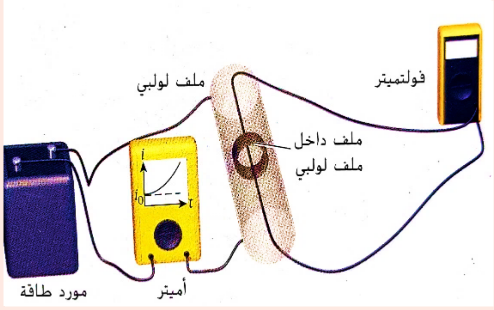
$$\Delta V_{ind} = -NAB\omega sin\theta \qquad (A, B)Constant$$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

مثال 9.1 : فرق الجهد المستحث بواسطة مجال مغناطيسي متغير

يتدفق تيار يبلغ 600mA في ملف لولبي نموذجي فينتج عنه مجالاً مغناطيسياً يبلغ 0.025T داخل الملف اللولبي ثم يزيد التيار مع مرور الزمن وفق $i(t) = i_\circ[1 + 2.4s^{-2}\, t^2]$

المسألة : إذا وجد ملف دائري نصف قطره 3.4cm وعدد لفاته 200 لفة داخل الملف اللولبي بحيث يكون متجهه العمودي موازيا للمجال المغناطيسي فأوجد فرق الجهد المستحث في الملف عندما يكون t = 2 sec .



الحل: التغير في شدة التيار Δi يصاحبه تغيراً في المجال المغناطيسي ΔB

$\Delta B \propto \Delta i$ لأن $B = \mu_\circ n i$

$$B(t) = B_\circ[1 + 2.4s^{-2}\, t^2]$$

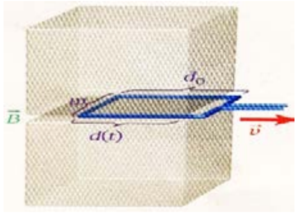
$$B(t) = B_\circ + 2.4B_\circ\, t^2$$

$$\frac{dB}{dt} = 2(2.4B_\circ\, t) = 4.8B_\circ\, t$$

$$\Delta V_{ind} = -N\frac{d\Phi_B}{dt} = -NA\frac{dB}{dt}$$

$$\Delta V_{ind} = -N.\pi r^2 \times [4.8B_\circ\, t] = -200 \times \pi(3.4 \times 10^{-2})^2 \times 4.8 \times 0.025 \times 2 = -0.17\ v$$

❶ يتم سحب حلقة سلكية مستطيلة عرضها w=3.1cm وعمقها d=4.8cm من الفجوة بين مغناطيسين دائمين كما يوجد مجال مغناطيسي مقداره 0.073T في كل مكان في الفجوة إذا تمت إزالة الحلقة بسرعة ثابتة تبلغ 1.6cm/s فأوجد الجهد المستحث في الحلقة كدالة زمن؟



الحل: حيث أن المساحة A = الطول × العرض = $d \times w$

$$A = v.t \times w$$

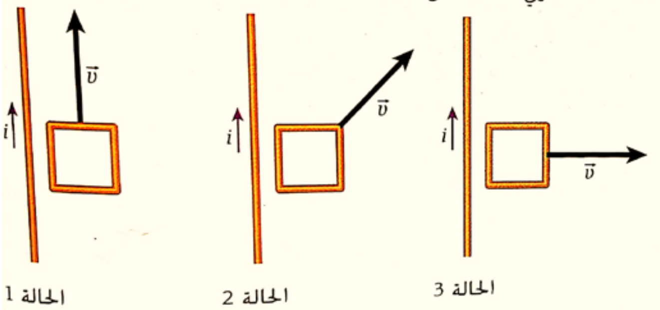
$$V_{ind} = -N\frac{d\Phi_B}{dt} = -NB\frac{dA}{dt}$$

$$V_{ind} = -N.B.v.w$$

$$V_{ind} = 1 \times 0.073 \times 1.6 \times 10^{-2} \times 3.1 \times 10^{-2} = -\ 0.18\ v$$

مراجعة المفاهيم 9.3

يحمل سلك طويل تيارًا، i، كما يوضّح الشكل. وتتحرك حلقة مربعة الشكل في المستوى نفسه الذي يتحرك فيه السلك، كما هو موضّح. في أي من الحالات ستحتوي الحلقة على تيار مستحث؟



a) الحالتان 1 و2
b) الحالتان 1 و3
c) الحالتان 2 و3
d) لن تحتوي أي من الحلقات على تيار مستحث
e) ستحتوي الحلقات كلها على تيار مستحث

الإجابة: C

حيث أن :

الحالة (1) : لا يوجد تغير في المجال كما أن الحلقة ذات بعد ثابت

الحالة (2) ، والحالة (3) : الحلقة تبتعد والمجال يتغير.

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

❷ ملف عدد لفاته 500 لفة ومساحة مقطعها $0.25m^2$ إذا كانت شدة المجال المغناطيسى تتغير من 0.1T إلى 0.4T فى زمن قدره 0.06sec احسب فرق الجهد المستحث المتولد فى الملف.

الحل:

$$V_{ind} = -N\frac{d\Phi_B}{dt} = -NA\frac{dB}{dt}$$

$$V_{ind} = -NA\frac{B_2 - B_1}{dt} = -\frac{500 \times 0.25 \times (0.4 - 0.1)}{0.06} = -625v$$

❸ لوحظ تولد فرق جهد مستحث قدره $5.5 \times 10^{-3}v$ بين طرفي عقرب الثوانى فى ساعة إحدى الميادين نتيجة لتعرضه لمجال مغناطيسى عمودى عليه فإذا علمت أن التغير فى المساحة القاطعة لخطوط المجال نتيجة دوران عقرب الثوانى دورة كاملة هو $\frac{11}{14}m^2$ احسب شدة المجال المغناطيسي المؤثر.

الحل:

$$V_{ind} = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{B.dA}{dt}$$

$$B = \frac{V_{ind}.dt}{dA} = \frac{5.5 \times 10^{-3} \times 60}{11/14} = 0.42T$$

❹ قرص معدنى قطره 30cm يدور حول محوره بمعدل 60 $\frac{\text{دورة}}{sec}$ بحيث كان مستواه عمودى على مجال مغناطيسى شدته 0.49T فاحسب فرق الجهد المستحث الناشئ بين محيط القرص ومركزه

الحل:

$$V_{ind} = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{B.dA}{dt}$$

$$V_{ind} = -\frac{NAB}{dt} = -\frac{1 \times \pi \times (0.15)^2 \times 0.49}{1/60} = -2.078v$$

❺ ملف مكون من 50 لفة ومساحة مقطعه $3 \times 10^{-3}m^2$ ومقاومته الكهربائية 5Ω وضع الملف في مجال مغناطيسي بحيث كان اتجاه المجال عموديا على مستوى الملف فإذا تغيرت شدة المجال من +0.2T إلى -0.15T خلال 0.2sec فاحسب متوسط شدة التيار المستحث المتولد في الملف.

الحل:

$$V_{ind} = -N\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$V_{ind} = -N.A.\cos\theta\frac{B_2 - B_1}{dt} = -50 \times 3 \times 10^{-3} \times \cos 0 \times \frac{-0.15 - 0.2}{0.2} = +0.26v$$

$$i = \frac{V_{ind}}{R} = \frac{0.26}{5} = 0.05\ A$$

❻ ملف مكون من 300 لفة مساحة كل منها $0.02m^2$ يدور في مجال منتظم شدته **B** من وضع يكون فيه سطح الملف عمودياً على خطوط المجال إلى وضع يكون فيه سطح الملف موازياً لخطوط المجال خلال 0.2sec احسب شدة المجال **B** إذا كان فرق الجهد المستحث في الملف =2v .

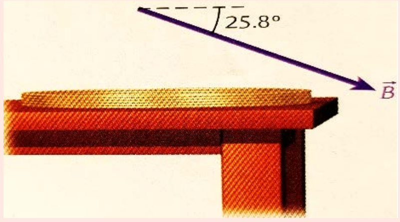
الحل:

$$V_{ind} = -N\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{N.B.A(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)}{dt}$$

$$B = -\frac{V_{ind}.dt}{N.B.A(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)} = -\frac{2 \times 0.2}{300 \times 0.02 \times (\cos 90 - \cos 0)} = 0.07T$$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
0502171456

9.28 يوضع ملف سلكي دائري يتكون من 20 لفة ونصف قطره 40cm في وضع مسطح على سطح منضدة أفقية كما بالشكل كما يوجد مجال مغناطيسي منتظم يمتد فوق الطاولة بأكملها مقداره 5T وبالإتجاه الموضح على الشكل ما مقدار التدفق المغناطيسي المار عبر الملف.



الحل:

$$A = (\pi r^2) \times N = \pi(40 \times 10^{-2})^2 \times 20 = 10.05\text{m}^2$$

$$\Phi_B = BA.\cos\theta = 5 \times 10.05 \times \cos(90 - 25.8) = 21.9 \text{ web}$$

9.29 عندما يتم إيقاف تشغيل مغناطيس في التصوير فجأة . يقال أن المغناطيس تم إخماده يمكن حدوث الاخماد في أقل من 20sec بفرض أنه تم إخماد مغناطيس ذي مجال مغناطيسي أولي قدره 1.2T في زمن قدره 20s والمجال النهائي يساوي صفر بموجب هذه الشروط كم يبلغ متوسط فرق الجهد المستحث حول حلقة توصيل نصف قطرها 1cm متعامدة مع المجال؟

الحل:

$$V_{ind} = -N\frac{d\Phi_B}{dt} = -N.A.\frac{\Delta B}{\Delta t} = -N.\pi r^2.\frac{B_2 - B_1}{dt}$$

$$V_{ind} = -1 \times \pi\left(1 \times 10^{-2}\right)^2 \times \frac{0 - 1.2}{20} = 1.89 \times 10^{-5}\text{v}$$

9.30 يحتوي ملف مكون من 8 لفات على حلقة مربعة طول ضلعها 0.2m ومقاومتها 3 Ω، يوضع في مجال مغناطيسي يصنع زاوية قدرها 40° مع مستوى الحلقة . يختلف المجال مع الوقت وفق المعادلة $\mathbf{B = 1.5t^3}$ حيث يقاس t بالثانية ، B بوحدة تسلا. ما مقدار التيار المستحث في الملف عندما يكون t=2sec؟

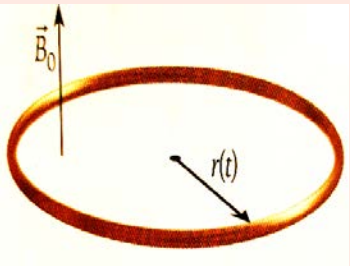
الحل:

$$\mathbf{V_{ind}} = -\mathbf{N}\frac{\mathbf{d\Phi_B}}{\mathbf{dt}} = -\mathbf{N.A.\cos\theta}\frac{\mathbf{dB}}{\mathbf{dt}} = -8 \times \mathbf{0.2} \times \mathbf{0.2} \times \cos 50 \times (\mathbf{3} \times \mathbf{1.5t^2})$$

$$\mathbf{V_{ind}} = -8 \times \mathbf{0.2} \times \mathbf{0.2} \times \cos 50 \times \mathbf{3} \times \mathbf{1.5(2)^2} = 3.69\text{v}$$

$$\boldsymbol{i} = \frac{V_{ind}}{R} = \frac{3.69}{3} = 1.23 \text{ A}$$

9.38 تتوسع حلقة توصيل دائرية مرنة بمعدل ثابت بمرور الزمن بحيث يُحدد نصف قطرها بواسطة $r(t) = r_\circ + vt$ حيث $v = 0.015\text{m/s}$ ، $r_\circ = 0.1\text{m}$ الحلقة لها مقاومة ثابتة تبلغ R=12 Ω وتوضع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره $B_\circ = 0.75\text{T}$ عمودياً على مستوى الحلقة كما بالشكل احسب مقدار واتجاه التيار المستحث i عند t=5sec



الحل:

$$A = \pi r^2 = \pi(r_\circ + vt)^2$$

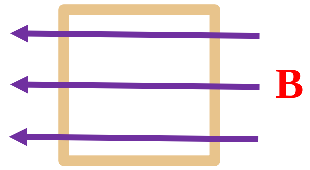
$$dA/_{dt} = 2\pi(r_\circ + vt) \times v$$

$$dA/_{dt} = 2\pi(0.1 + 0.015 \times 5) \times 0.015 = 0.0165\text{m}^2$$

$$V_{ind} = -N\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{N.B.dA}{dt} = -1 \times 0.75 \times 0.0165 = -0.0124\text{v}$$

$$\boldsymbol{i} = \frac{V_{ind}}{R} = \frac{0.0124}{12} = 0.001 \text{ A}$$

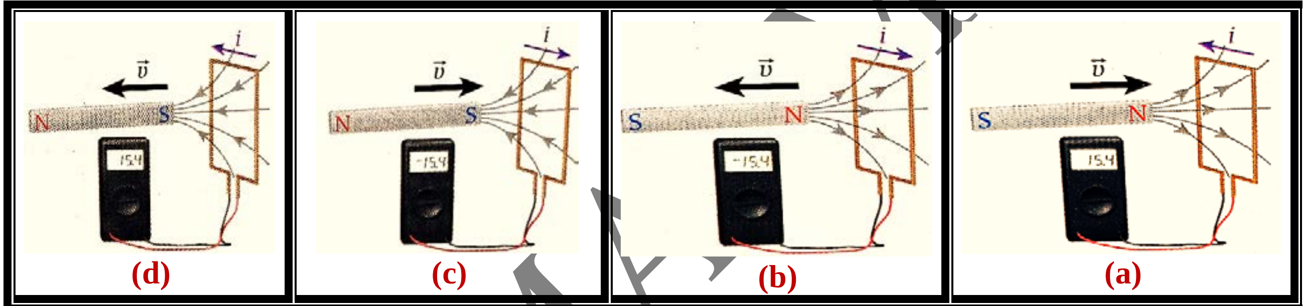
0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

9.31 حلقة معدنية مساحتها 0.1m2 موضوعة في وضع مُسطح على الأرض ، يوجد مجال مغناطيسي منتظم يشير نحو الغرب يبلغ المقدار الأولي للمجال 0.123T ينخفض بثبات ليصل إلى 0.075T خلال فترة تبلغ 0.579s أوجد فرق الجهد المستحث في الحلقة خلال هذا الوقت	
الحل: $V_{ind} = -N\frac{d\Phi_B}{dt} = -N.A.\cos\theta\frac{dB}{dt} = -N.A.\cos90\frac{dB}{dt} = 0v$	

9.3 قانون لينز

ينص على : يكون للتيار المستحث اتجاه بحيث يكون المجال المغناطيسي الناتج عن التيار المستحث مقاوما للتغير في التدفق المغناطيسي.

توضيح قاعدة لنز : خذ ملف من سلك نحاسى معزول وملفوف على أسطوانة من مادة عازلة مع توصيل طرفيه بجلفانومتر حساس


(d) (c) (b) (a)

أولاً : عند التقريب : عند تقريب القطب الشمالى لمغناطيس من أحد أوجه ملف **(a)** يتصل كلتا طرفيه بدائرة مغلقة تحتوى على جلفانومتر صفر تدريجه فى المنتصف يحدث تغير فى معدل قطع خطوط المجال التى تقطع لفات الملف (بالزيادة) ويؤدى ذلك إلى تولد V_{ind} وكذلك i_{ind} يمكن الاستدلال عليه من خلال انحراف مؤشر الجلفانومتر وتبعاً لاتجاه التيار فى الملف وبتحديد قطبية الملف نجد أن وجه الملف المقابل للمغناطيس أصبح قطباً مشابهاً له (**شمالى**) وبالتالى يعمل على مقاومة التقريب (**تنافر**) أى يكون اتجاه التيار بحيث يعمل على مقاومة التغير المسبب له **كما يكتسب الملف** صفات المغناطيس نتيجة لمرور التيار المستحث فيه حيث ينشأ عنه مجال مغناطيسى يكون اتجاهه فى عكس اتجاه المجال المغناطيسى الأصلى الناشئ عن المغناطيس فيعمل المجال المغناطيسي المضاد على مقاومة تزايد قطع الملف لخطوط المجال المغناطيسي الأصلى .

ثانياً : عند الإبعاد : عند إبعاد القطب الشمالى للمغناطيس عن أحد أوجه الملف يحدث تغير فى معدل قطع خطوط المجال المغناطيسي التى تقطع لفات الملف (**بالنقص**) ويؤدى ذلك إلى تولد V_{ind} وكذلك i_{ind} يمكن الاستدلال عليه من خلال انحراف مؤشر الجلفانومتر وتبعاً لاتجاه التيار فى الملف وبتحديد قطبية الملف نجد أن وجه الملف المقابل للمغناطيس أصبح قطباً مخالفاً له (جنوبى) وبالتالى يعمل على مقاومة حركة الإبعاد (قوة تجاذب) أى يكون اتجاه التيار بحيث يعمل على مقاومة التغير المسبب له **كما يكتسب الملف** صفات المغناطيس نتيجة لمرور التيار المستحث فيه حيث ينشأ عنه مجال مغناطيسى يكون اتجاهه فى نفس اتجاه المجال المغناطيسى الأصلى الناشئ عن المغناطيس بحيث يعمل على تعويض النقص فى قطع خطوط الفيض للفات الملف أى يعمل على مقاومة تناقص قطع خطوط الفيض الحادث للملف .

FIKRI MAHMOUD
0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

ثالثاً : إذا كرر العمل السابق بتقريب القطب الجنوبى للمغناطيس حصلنا على نفس النتائج أى يتكون عند وجه الملف القريب قطباً جنوبياً عند لحظات تقريب المغناطيس وشمالياً عند لحظات الإبعاد .

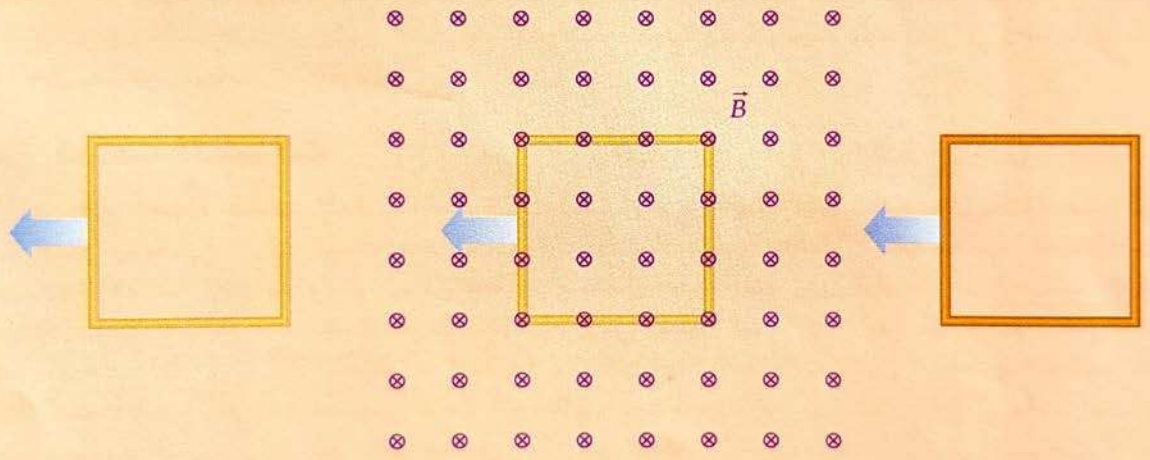
✍ **ملحوظة هامة** :

١ـ قانون فارادای : يحسب مقدار الـ V_{ind} .

٢ـ قانون لنز : يعين اتجاه الـ V_{ind}.

سؤال الاختبار الذاتي 9.2

يتم تحريك حلقة سلكية مربعة توصيل مقاومتها صغيرة جدًا بسرعة ثابتة من منطقة خالية من المجال المغناطيسي مرورًا بمنطقة ذات مجال مغناطيسي ثابت، ثم إلى منطقة خالية من المجال المغناطيسي، كما يوضح الشكل. ماذا كان اتجاه التيار المستحث عند دخول الحلقة في المجال المغناطيسي؟ وماذا كان اتجاه التيار المستحث عند خروج الحلقة من المجال المغناطيسي؟

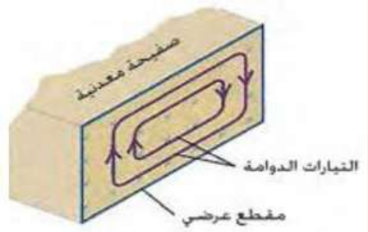


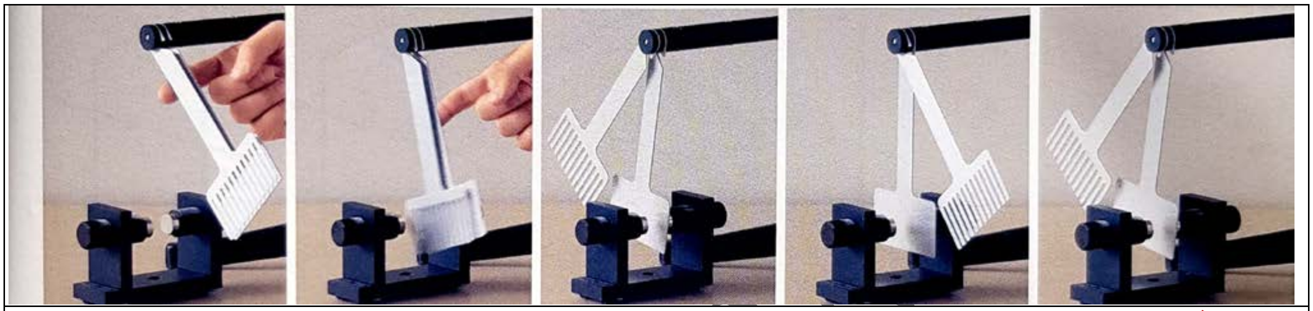
لحظة دخول الحلقة : يزداد معدل تدفق الفيض المغناطيسي الذي يقطع الحلقة مما يؤدي إلى تولد **تيار مستحث عكسي** في اتجاه عكس عقارب الساعة	**لحظة خروج الحلقة** : يقل معدل تدفق الفيض المغناطيسي الذي يقطع الحلقة مما يؤدي إلى تولد **تيار مستحث طردي** يكون في اتجاه عقارب الساعة

FIKRI M
0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

☯ التيارات الدوامية المستحثة

✪ **تمهيد** : إذا تعرضت صفيحة معدنية لمجال مغناطيسى متغير وذلك عن طريق تحريكها فى مجال مغناطيسى ثابت أو تعرضها لمجال مغناطيسى متغير فإنه يتولد فى الصفيحة المعدنية تيارات كهربائية مستحثة تمر على هيئة مسارات دائرية مقفلة عمودية على اتجاه المجال المغناطيسى تسمى بالتيارات الدوامية.





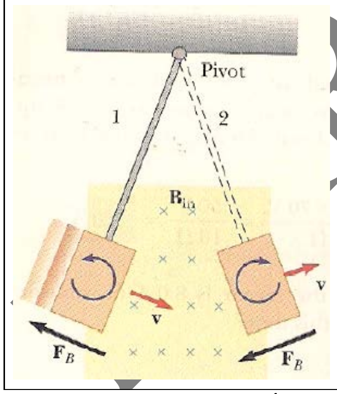
التجربة : بندولان متماثلان يتكون كل منهما من صفيحة مصنوعة من مادة موصلة ومثبتة بطرف ساق خفيفة من المادة نفسها إحدى هاتين الصفيحتين مقطعة بشكل شرائح معزولة عن بعضها مثل أسنان المشط والأخرى كاملة (غير مقطعة) ، ومغناطيس قوي .

الخطوات: نزيح الصفيحتين بازاحة متساوية إلى أحد جانبي موضع اتزانهما ثم نتركهما يهتزان في آن واحد بحرية بين قطبي المغناطيسي.

المشاهدة: نجد أن البندول الذي يتألف من الصفيحة الكاملة (غير المقطعة) يتوقف عن الحركة في أثناء مروره خلال الفجوة بين القطبين المغناطيسين في حين أن الصفيحة المقطعة تستمر في الاهتزاز بين القطبين المغناطيسين ذهابا وإياباً ولكن بتباطؤ قليل.

الاستنتاج: تتولد تيارات دوامية كبيرة المقدار في الصفيحة غير المقطعة عند اللحظات التالية

- لحظة دخولها المجال المغناطيسي بين القطبين وتكون باتجاه معين نتيجة حدوث تزايد في معدل قطع خطوط الفيض الذي تخترقها (طبقاً لقانون فاراداى)
- لحظة خروجها من المجال بسبب تناقص معدل قطع خطوط الفيض المغناطيسي وتكون باتجاه معاكس فتتولد في الحالتين قوة مغناطيسية تعرقل حركة الصفيحة (طبقاً لقانون لنز)



ونتيجة لذلك تتلاشي سعة اهتزاز الصفيحة وتتوقف عن الاهتزاز في حين أن التيارات الدوامية المتولدة في الصفيحة المقطعة بشكل شرائح تكون صغيرة المقدار جداً فيكون تأثيرها في اهتزاز الصفيحة ضعيفاً جداً.

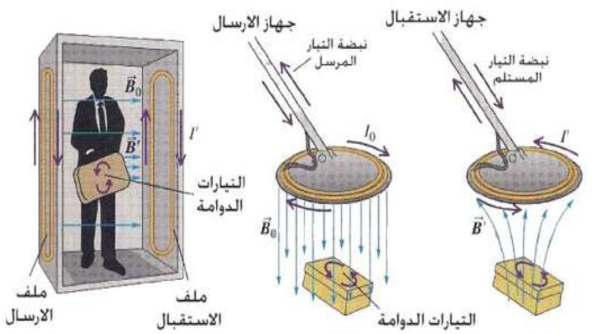
0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

0502171456

✪ التطبيقات على التيارات الدوامية

١- مكابح بعض القطارات الحديثة لإيقافها
٢- أفران صهر الفلزات الثمينة كالذهب والفضة
٣- كاشف المعادن فى المطارات والمنافذ الحدودية لكشف المعادن مع المسافرين
٤- التحكم في إشارات المرور
٥- في صناعة الطباخ الحثي
٦- الكشف عن الكنوز الدفينة تحت سطح الأرض

❶ كاشف المعادن:

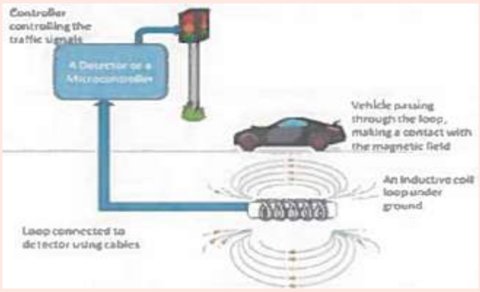


تركيبه : ملفين سلكيين أحدهما يستعمل كمرسل والآخر كمستقبل

شرح عمله : يمرر تيار متردد على طرفي ملف الارسال فيتولد في الملف فيض مغناطيسياً متغيراً وهذا التغير في الفيض يولد تيار مستحثاً في ملف الاستقبال [يقاس مقدار هذا التيار ابتداءا في الحالة التي لا تتوافر عندها أية مادة بين الملفين عدا الهواء]

وعند مرور أى جسم معدني موصل (لا يشترط أن يكون بشكل صفيحة) بين المرسل والمستقبل ستتولد تيارات دوامية في ذلك الجسم المعدني والتي تعمل على عرقلة التغير الحادث في الفيض المغناطيسي المتولد في ملف الإستقبال وهذا يتسبب في تقليل التيار الإبتدائي المقاس في المستقبل في حالة وجود الهواء بين الملفين ، وبهذا التأثير يمكن الكشف عن وجود القطع المعدنية في الحقائب اليدوية أو في ملابس الشخص.

❷ التحكم في اشارات المرور



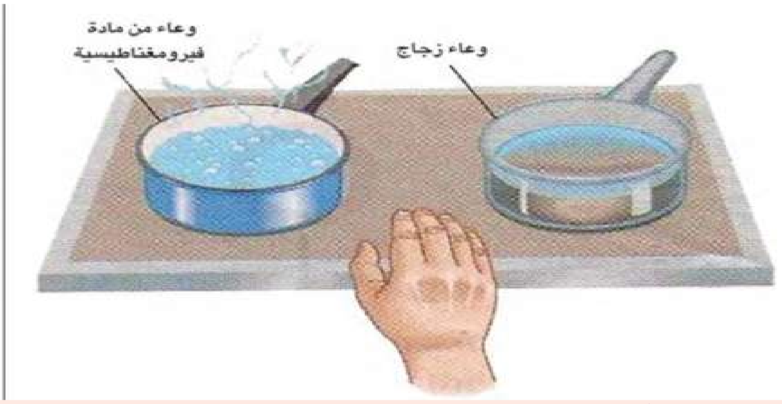
حيث يتم وضع حلقة سلكية مستطيلة تعمل كملف ارسال واستقبال معاً (على سطح الطريق) .

- يتم امرار نبضة من التيار عبر الحلقة فتستحث تيارات دوامية عند مرور أى سيارة على الطريق (فلز) بالقرب من الحلقة ويقاس ذلك التيار المار بالحلقة بعد اكتمال النبضة .
- عند مرور السيارة فوق سطح الطريق وعلى الحلقة تتسبب التيارات الدوامية المستحثة في فلز السيارة وبالتالي يتم قياس تيار مستحث قيمته مختلفة عن التيار الأصلي مما يحفز اشارة المرور للتحول إلى اللون الأخضربعد فترة زمنية معينة.

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

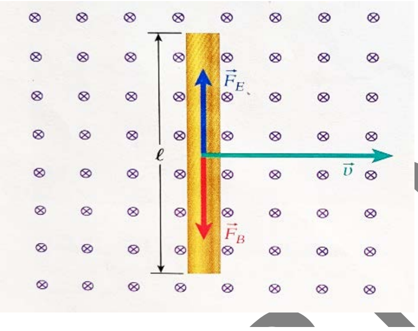
0502171456

معلومات إثرائية :



الطباخ الحثي: حيث يوضع تحت السطح العلوي للطباخ ملف سلكي يمر فيه تيار متردد فيولد ذلك التيار مجالاً مغناطيسياً متغيراً ينتشر نحو الخارج وعندما يقطع هذا المجال المتغير قاعدة الإناء إذا كان مصنوعاً من المعدن تتولد تيارات دوامية في قاعدة الاناء المعدني وبذلك تسخن قاعدة الاناء فيغلي الماء الذي يحتويه .. أما إذا كان الوعاء مصنوعاً من الزجاج فلا تتولد تيارات دوامية في قاعدته لأن الزجاج مادة عازلة وبالتالي لا يسخن الماء الذي يحويه بداخله
المدهش .. أنك لو لمست السطح العلوي للطباخ الحثي لا تشعر بسخونة السطح

☯ فرق الجهد المستحث V_{ind} المؤثر في سلك مستقيم متحرك في مجال مغناطيسي



بفرض أن لدينا سلك طوله (L) ويتحرك بسرعة متجهة ثابتة $(\vec{v})$ عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم $(\vec{B})$ فإن السلك تتولد فيه قوة مغناطيسية F_B حسب قاعدة كف اليد اليمنى والتي تعمل على تحريك الالكترونات الحرة من أحد طرفي الموصل إلى الطرف الآخر فيصبح الطرف الأول موجب الجهد لإنتقال الالكترونات منه بينما يصبح الطرف الآخر سالب الجهد لإنتقال الالكترونات إليه مما يؤدي إلى تولد مجال كهربائي ينتج عنه قوة كهربائية F_E معاكسة لاتجاه القوة المغناطيسية (والتي تعمل على تحريك الالكترونات إلى الطرف الموجب) وباستمرار حركة السلك في المجال يزداد المجال الكهربائي وبالتالي القوة الكهربائية إلى أن تصبح مساوية للقوة المغناطيسية بحيث تكون محصلة القوتان الكهربائية والمغناطيسية = 0

ونتيجة لذلك يتولد بين طرفي السلك قوة دافعة كهربائية مستحثة ينتج عنها تيار كهربائي مستحث إذا كان السلك ضمن دائرة كهربائية مغلقة.

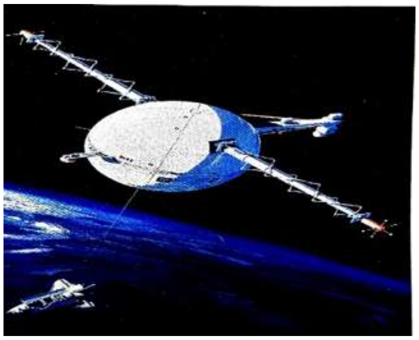
$$W_{\text{الشغل}} = F_B . l . \cos 0$$

$$W_{\text{الشغل}} = (q . v . B . \sin\theta) . l$$

$$V_{ind} = \frac{W}{q} = \frac{q . v . B . l . \sin\theta}{q} = \mathbf{B . l . v . \sin\theta}$$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

✪ قمر صناعي مربوط بمكوك فضائي

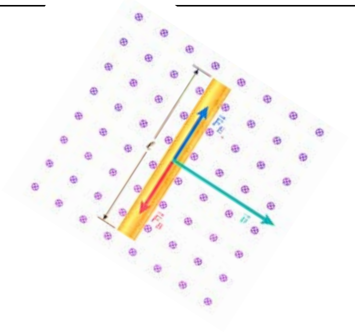


مثال: أطلق مكوك فضائي قمراً صناعياً بسلك طوله 20Km ثم تم توجيه السلك عمودياً على المجال المغناطيسي للأرض $B = 5.1 \times 10^{-5} T$ وكان المكوك يسافر بسرعة 7.6Km/s كم يبلغ فرق الجهد المستحث بين طرفي السلك؟

الحل:

$$V_{ind} = B.l.v.\sin\theta$$

$$V_{ind} = 5.1 \times 10^{-5} \times 20 \times 10^{3} \times 7.6 \times 10^{3} = 7752\ v$$



① سلك مستقيم طوله 0.2 m وموضوع داخل مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.45 T ، عند تحرك السلك بسرعه ثابتة كما في الشكل المقابل يتولد بين طرفيه فرق جهد مستحث مقداره 1.35 v

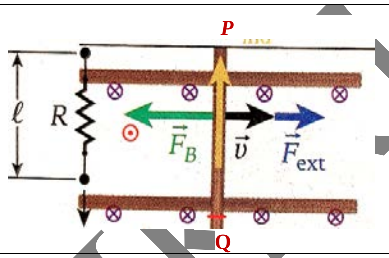
- حدد اتجاه التيار في السلك
- احسب سرعه السلك

الحل:

$$V_{ind} = B.l.v$$

$$1.35 = 0.45 \times 0.2 \times v$$

$$v = 15 m/s$$



② في الشكل السلك (PQ) طوله 0.5m و يتحرك بسرعة ثابتة نحو اليمين مقدارها 4 m/s فاذا كان مقدار المجال المغناطيسي 0.15 T وكانت المقاومة 10Ω فأجب عما يلي :

- احسب شدة التيار المستحث في الدائرة و حدد اتجاهه
- احسب مقدار القوة الذمه لتحريك السلك PQ بسرعة ثابتة

الحل:

$$V_{ind} = B.l.v$$

$$V_{ind} = 0.15 \times 0.5 \times 4 = 0.3\ v$$

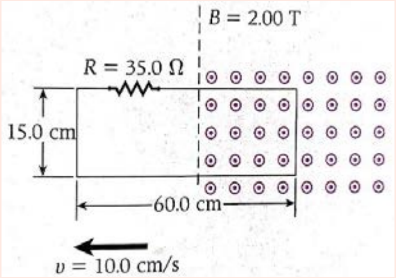
$$i_{ind} = \frac{V_{ind}}{R} = \frac{0.3}{10} = 0.03A$$

$$F_B = B.i.L\sin\theta = 0.15 \times 0.03 \times 0.5 = 2.25 \times 10^{-3}\ N$$

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
Fikri

❸ حلقة مستطيلة طولها 60cm وعرضها 15cm ومقاومتها 35Ω وضعت في مستوى الصفحة (xy) بحيث أن نصفها يتأثر بمجال مغناطيسي منتظم مقداره 2T ، تحركت الحلقة بسرعة ثابتة مقدارها 10cm/s نحو اليسار

- احسب شدة التيار المار في الحلقة
- احسب القدرة المستهلكة في المقاومة R



الحل:

$$V_{ind} = B.l.v$$

$$V_{ind} = 2 \times 0.15 \times 0.1 = 0.03 \text{ v}$$

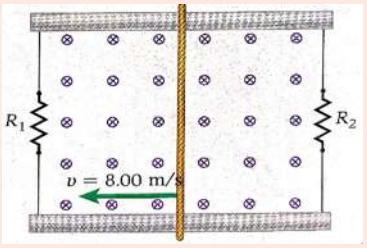
$$i_{ind} = \frac{V_{ind}}{R} = \frac{0.03}{35} = 8.57 \times 10^{-4} A$$

$$P = i.V_{ind} = 8.57 \times 10^{-4} \times 0.03 = 2.57 \times 10^{-5}\ Watt$$

❹ سلك مستقيم ab طوله 50 cm ينزلق بسرعة ثابتة 8m/s كما في الشكل المقابل ، يؤثر على السلك مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.1T فاذا علمت ان:

$$(R_2 = 200\Omega , R_1 = 100\Omega)$$

- احسب شدة التيار المار في السلك ab وحدد اتجاهه
- احسب القوة اللازمة لتحريك السلك ab بسرعة ثابتة 8m/s



الحل:

$$V_{ind} = B.l.v$$

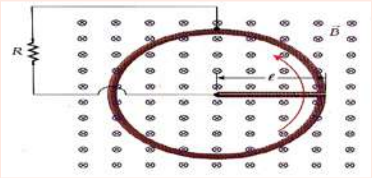
$$V_{ind} = 0.1 \times 0.5 \times 8 = 0.4 \text{ v}$$

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{100 \times 200}{100 + 200} = 66.67\Omega$$

$$i_{ind} = \frac{V_{ind}}{R_T} = \frac{0.4}{66.67} = 5.99 \times 10^{-3} A$$

$$F_B = B.i.L \sin\theta = 0.1 \times 5.99 \times 10^{-3} \times 0.5 = 3 \times 10^{-4}\ N$$

❺ في الشكل المقابل سلك مستقيم طوله 1.2 m موضوع في مجال مغناطيسي 1.5T بدأ السلك بالدوران حول أحد طرفيه بسرعة مقدارها 360 rpm (دورة لكل دقيقة) احسب فرق الجهد المستحث في السلك علماً بأن $v = 2\pi f r$



الحل:

$$L_{\text{طول السلك}} = r$$

$$f = \frac{N_{\text{عدد الدورات}}}{t} = \frac{360}{60} = 6Hz$$

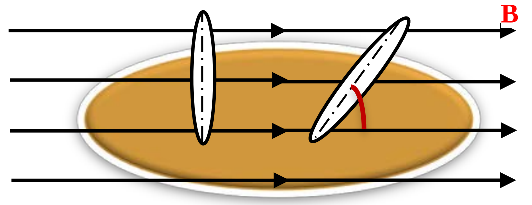
$$v = 2\pi f r$$

$$v = 2\pi \times 6r = 37.7r$$

$$V_{ind} = \int_0^{1.2} v.B.dr = 37.7r \times 1.5dr = 569.6 \int_0^{1.2} r dr = 56.6 \frac{r^2}{2} \Big|_0^{1.2} = 40.7\text{v}$$

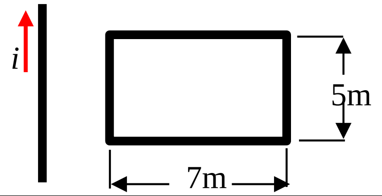
0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

❻ في الشكل المقابل اذا كانت مساحة سطح الحلقه (M) مثلي مساحه سطح الحلقة (P) احسب نسبه التدفق الذي يجتاز سطح الحلقة (M) إلي التدفق الذي يجتاز السطح (P)



الحل:
$$\frac{\Phi_M}{\Phi_P} = \frac{2A_pB.cos30}{A_pB.cos0} = \frac{2cos30}{cos0} = 1.732\ web$$

❼ سلك طويل مستقيم يحمل تيار 4A في اتجاه محور y الموجب ، وضعت حلقة سلكية في المستوى (xy) كما في الشكل فاذا كان الطرف الأيسر للحلقة يبعد عن السلك 1m فاحسب التدفق المغناطيسي الذي يجتاز سطح الحلقة



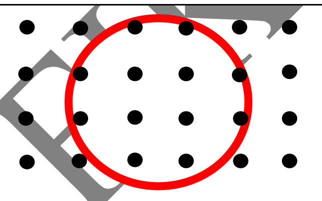
الحل:
$$\Phi_B = \iint B.dA = \iint \frac{\mu_\circ.i}{2\pi r} 5.dr$$
$$\Phi_B = \frac{5\times\mu_\circ.i}{2\pi}\iint\frac{dr}{r}$$
$$\Phi_B = \frac{5\times\mu_\circ.i}{2\pi}[lnx]_1^8 = 8.82\times10^{-6}web$$

❽ حلقة مساحتها $0.4\ m^2$ ومقاومتها 19Ω وضعت بشكل يكون فيه مستواها عمودياً على مجال مغناطيسي يتغير مقداره وفق المعادلة التالية : $B = 0.2t^3 - 0.5t + 2$:

- احسب مقدار شده التيار المستحدث في الملف عندما تكون t=2sec
- احسب التدفق المغناطيسي عبر الحلقة عند t=0

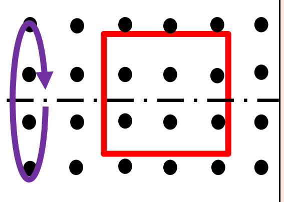
الحل:
$$\Delta V_{ind} = -NAcos0(0.6t^2 - 0.5)$$
$$\Delta V_{ind} = -1\times0.4\times cos0(2.4-0.5) = 0.76v$$
$$i_{ind} = \frac{V_{ind}}{R} = \frac{0.76}{19} = 0.04A$$
$$\Phi_B = B.Acos0 = 2\times0.4cos0 = 0.8\ web$$

❾ حلقة دائرية مرنة موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 5T كما في الشكل المقابل فإذا كان نصف قطر الحلقة يتغير مع الزمن وفق المعادلة r = 0.2+0.05t حيث r بالمتر وt بالثانية، إحسب متوسط فرق الجهد المستحث في الحلقة عند اللحظة t = 3 sec .



الحل:
$$A = \pi.r^2$$
$$\frac{dA}{dt} = \pi(0.2+0.05t)^2 = 2\pi\times0.05\big(0.2+(0.05\times3)\big) = 0.1099m^2$$
$$\Delta V_{ind} = -NBcos\theta\frac{dA}{dt} = -1\times5\times cos0\times0.1099 = 0.55v$$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed 0502171456
FIKRY



10- حلقة دائرية مساحتها $0.2\ m^2$ موضوع عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم قدره 0.6T ، بدأت الحلقة بالدوران بسرعة زاوية ثابتة مقدارها $\omega = 20Hz$ كما في الشكل المقابل إحسب فرق الجهد المستحث في الحلقة عندما تكون الزاوية بين المجال و مستوى الحلقة 60° . علماً بأن $\omega = \frac{d\theta}{dt}$

الحل:

$$\Delta V_{ind} = NAB\omega\sin\theta$$

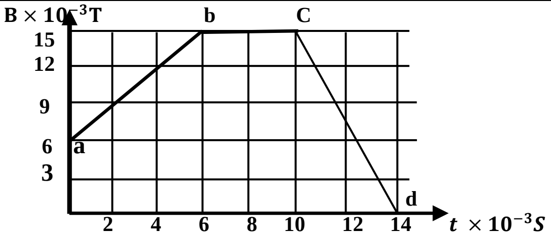
$$\Delta V_{ind} = 0.2 \times 0.6 \times 20 \times \sin 30 = 1.2v$$

11- وضع ملف عدد لفاته 20 لفة ومساحته $0.03\ m^2$ بحيث يكون مستواه عمودياً على مجال مغناطيسي يتغير مقداره بمعدل 0.05T/s إحسب متوسط القوة الدافعة المستحثة في الملف ؟

الحل:

$$V_{ind} = -NA\cos\theta\frac{dB}{dt}$$

$$\Delta V_{ind} = -20 \times 0.03 \times \cos 0 \times 0.05 = 0.03v$$



12- ملف مساحته $0.04\ m^2$ وعدد لفاته 150 لفه ومستواه يعامد مجال مغناطيسي متغير وفق الخط البياني الموضح بالشكل المقابل إحسب متوسط فرق الجهد المستحث في كل مرحلة من مراحل التغير

الحل:

$$V_{ind} = -NA \times slope$$

$$V_{ab} = -150 \times 0.04 \times \frac{(15-6)\times 10^{-3}}{6 \times 10^{-2}} = -0.9v$$

$$V_{bc} = 0\ v$$

$$V_{ab} = -150 \times 0.04 \times \frac{(0-15)\times 10^{-3}}{4 \times 10^{-2}} = -2.25v$$

13- ملف دائري نصف قطره 4cm مكون من 80 لفه مستواه يصنع زاويه 40° مع مجال مغناطيسي مقداره 0.18T احسب متوسط فرق الجهد المستحث في الملف في الحالات التالية

- اذا تغير مقدار المجال من 0.18T إلى 0.12T خلال زمن 0.1Sec
- اذا تلاشى المجال تدريجياً حتى انعدم خلال زمن قدره 0.15Sec .
- اذا انعكس المجال المغناطيسي فى الملف خلال زمن قدره 0.4Sec .

الحل:

$$V_{ind} = -\frac{N.A\cos\theta\,(B_2-B_1)}{dt}$$

$$V_{ind} = -\frac{80 \times 5 \times 10^{-3} \times \cos 50 \times (0.12-0.18)}{0.1} = 0.15v$$

$$V_{ind} = -\frac{80 \times 5 \times 10^{-3} \times \cos 50 \times (0-0.18)}{0.15} = 0.31v$$

$$V_{ind} = -\frac{80 \times 5 \times 10^{-3} \times \cos 50 \times (-0.18-0.18)}{0.4} = 0.23v$$

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

14- ملف فيه 500 لفة مساحة كل منها $0.01m^2$ ويدور في مجال مغناطيسي منتظم شدته B بسرعة ثابتة من وضع يكون فيه مستوى الملف عمودياً على خطوط المجال إلى وضع يكون فيه مستوى الملف موازياً لخطوط المجال خلال زمن قدره 0.2Sec إحسب مقدار المجال B إذا كان متوسط فرق الجهد المستحث في الملف يساوي 2v .

الحل:

$$V_{ind} = -\frac{N\,d\Phi}{dt} - \frac{N\,d\Phi}{dt}$$

$$V_{ind} = -\frac{N.A.B(\cos\Phi_2 - \cos\Phi_1)}{dt}$$

$$2 = -\frac{500 \times 0.01 \times B \times (\cos 90 - \cos 0)}{0.2}$$

B=0.08 T

15- ملف لولبي عدد لفاته 200 لفة ومساحة مقطعه العرضي $60cm^2$ ويمر فيه تيار كهربائي يولد داخل الملف مجال مغناطيسي يتغير بمعدل قدره 0.2T/sec ما مقدار فرق الجهد المتحث في الملف اللولبي

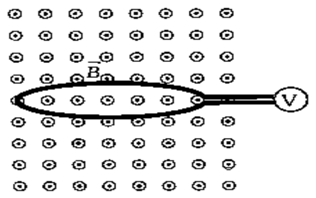
الحل:

$$V_{ind} = -NA\cos\theta\frac{dB}{dt}$$

$$\Delta V_{ind} = -200 \times 60 \times 10^{-4} \times \cos 0 \times 0.2 = 0.24v$$

16- حلقة دائرية موضوعة في مجال مغناطيسي مقداره 0.5T ينخفض المجال المغناطيسي حتى يصل الى الصفر بمعدل ثابت في زمن قدره 0.25sec ويبلغ متوسط فرق الجهد المستحث في الحلقة 1.24v .

- احسب نصف قطر الحلقة



الحل:

$$V_{ind} = -NA\cos\theta\frac{dB}{dt}$$

$$1.24 = -1 \times \pi \times r^2 \times \cos 0 \times \frac{0.5}{0.25}$$

r = 0.44m

17- تم إسقاط مغناطيس داخل أنبوب الومنيوم طويل كما في الشكل المقابل

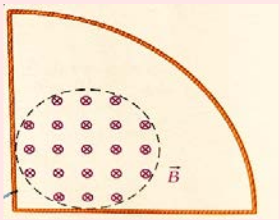
- كيف يؤثر التيار المستحث في حركة المغناطيس (يسرعها أم يبطئها) ولماذا؟
- هل يسقط المغناطيس بعجله السقوط الحرنفسها أم بأقل منها أم يساويها.
- لو عكست أقطاب المغناطيس هل يؤثر ذلك على الإجابات السابقة؟

الحل:

- يبطئها لأن التيار الحثي المتولد في أنبوب الألومنيوم يقاوم حركة المغناطيس.
- أقل
- لا

FIKRI OUD

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

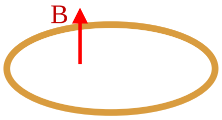
9.35 حلقة التوصيل في ربع الدائرة الموضحة في الشكل لها نصف قطر 10cm ومقاومة 0.2Ω ، شدة المجال الأولى في الدائرة المنقطة (نصف قطرها 3cm) تبلغ 2T ثم تنخفض شدة المجال إلى 1T خلال 2sec أوجد مقدار واتجاه التيار المستحث في الحلقة	

الحل:

$$V_{ind} = -N\frac{d\Phi_B}{dt} = -N.A.\cos\theta \times \frac{dB}{dt} = -1 \times \pi r^2 \times \cos 0 \times \frac{B_2-B_1}{dt}$$

$$V_{ind} = -1 \times \pi \times (0.03)^2 \times \frac{1-2}{2} = 1.4 \times 10^{-3} v$$

$$i = \frac{V_{ind}}{R} = \frac{1.4 \times 10^{-3}}{0.2} = 7.07 \times 10^{-3}\ A$$

18 تشهد حلقة سلكية دائرية حقلاً مغناطيسياً (مجال متزايد) في الاتجاه إلى الأعلى كما هو موضح بالشكل المقابل . حدد اتجاه التيار المستحث في الحلقة؟	

الحل : الزيادة في المجال المغناطيسي تحدث زيادة في التدفق المغناطيسي مما يولد V_{ind} ينتج عنها i_{ind} يتولد عنه B_{ind} يقاوم الزيادة في المجال المغناطيسي وهذا يدلنا على أن اتجاه التيار في اتجاه حركة عقارب الساعة (طبقا لقاعدة اليد اليمنى)

9.4 المولدات والمحركات

✪ **المولد الكهربائي** : هو جهاز يحول الطاقة الميكانيكية [طاقة الحركة] إلى طاقة كهربية .

✪ **المحرك الكهربائي** : هو جهاز يحول الطاقة الكهربية [طاقة الحركة] إلى طاقة ميكانيكية .

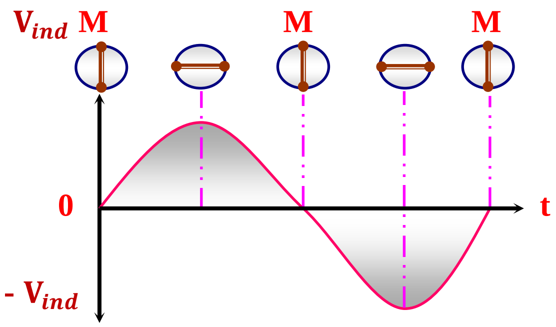
أولاً : المولدات الكهربائية

✪ **فكرة عمله** : عند دوران ملف بين قطبى مغناطيس بحيث يقطع خطوط الفيض المغناطيسى له فإنه يتولد بين طرفيه V_{ind} وتيار متردد مستحث i_{ind} طبقاً لقوانين الحث الكهرومغناطيسى متغيرة الشدة والاتجاه	

ملحوظة : يمكن تدوير الملف بعدة طرق منها التوربين البخاري ، محرك الاحتراق ، التوربينات التي تعمل بواسطة الرياح والماء المناسب

شرح عمل مولد التيار الكهربى المتردد (الدينامو)

- نفرض أن الملف يدور مع اتجاه دوران عقارب الساعة ونبدأ عندما يكون مستوى الملف عمودياً على خطوط الفيض المغناطيسي [**الوضع الصفري للملف**] ثم نتتبع تغييرات الـــ V_{ind} المتولدة في الملف خلال دورة كاملة .
- وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه التيار المستحث في الملف عندما تتولد V_{ind} في الملف .



أولاً . . في نصف الدورة الأول للملف

عندما يكون مستوى الملف رأسياً أي عمودياً على المجال أي وضع الصفر للملف وعند لحظة بداية الدورة تكون حركة الضلعين [M ، M^-] موازية لخطوط الفيض المغناطيسي [أي أن أسلاك الملف في هذه الحالة لا تقطع خطوط الفيض وتكون

$V_{ind} = 0$ لأن $\therefore \ \text{Sin}\ \theta = 0$ $\because \ \theta = 0$

أي أن . . $[\ V_{ind} ، i_{ind} = 0]$

ومع بداية دوران الملف تزيد θ وتزيد معها في الاتجاه الموجب Sin θ فتزداد V_{ind} بالتدريج حتى تصل لأقصى ما يمكن عندما $\theta = 90^\circ$ [أي يكون مستوى الملف موازى للمجال] .

- **عندما يكون مستوى الملف موازياً للفيض المغناطيسي** تكون حركة الضلعين M ، M^- عمودية على خطوط الفيض وفى هذه الحالة يكون معدل قطع هذين الضلعين M ، M^- لخطوط الفيض بالنسبة للزمن نهاية عظمى وبالتالي تكون قيمة V_{ind} وكذلك i_{ind} المتولد في الملف نهاية عظمى$[\ V_{ind} = V_{max}\ ]$

- وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى على الضلع **M** بفرض أن اتجاه حركته إلى أعلى نجد أن التيار يمر في الاتجاه المبين بالشكل حيث يلاحظ أن الفرشاة d_1 تعمل عمل القطب الموجب للدينامو والفرشاة d_2 تعمل عمل القطب السالب أي أن اتجاه التيار في الدائرة الخارجية من [d_1 إلى d_2] وبزيادة θ من 90° بالتدريج إلى 180° تقل قيم كل من Sin θ ، V_{ind} في نفس الاتجاه الموجب حتى تنعدم عندما $\theta = 180^\circ$ [أي عندما يكون مستوى الملف عمودياً على المجال]

ثانياً . . في نصف الدورة الثاني للملف

- **عند لحظة عودة الملف إلى الوضع العمودي على خطوط الفيض** أي بعد دوران الملف بزاوية 180° ينعكس وضع الجانبين [M ، M^-] وعندها تكون حركة الضلعين [M ، M^-] موازية لخطوط الفيض المغناطيسي [أسلاك الملف لا تقطع خطوط الفيض] فتنعدم كل من i_{ind} ، V_{ind}

$V_{ind} = 0$ $\therefore \ \text{Sin}\ 180 = 0$ $\theta = 180$

- **ومع بداية دوران الملف بالتدريج حتى** 270° تزيد قيم [**Sin θ** ، V_{ind}] بالتدريج ولكن في الاتجاه المضاد حتى تكون قيم **Sin θ** سالبة حتى تصل V_{ind} إلى أقصى قيمة لها في الاتجاه الجديد المضاد وتصبح $V_{ind} = -V_{max}$

- **وعند لحظة عودة الملف إلى الوضع الموازي لخطوط الفيض** تصبح حركة **M** إلى أسفل وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى نلاحظ انعكاس اتجاه مرور التيار فيه وبذلك تعمل الفرشاة d_2 عمل القطب الموجب للدينامو والفرشاة d_1 عمل القطب السالب [اتجاه التيار في الدائرة الخارجية من d_2 إلى d_1] ومع زيادة دوران الملف من 270° إلى 360° تقل قيم **Sin θ** ، V_{ind} عندما تصبح $\theta = 360^\circ$

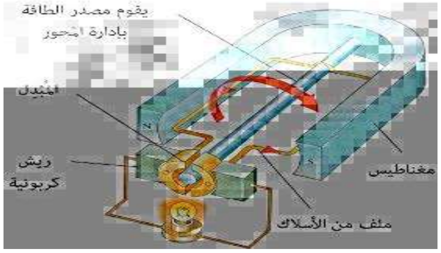
FIKRI MAHMOUD
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
0502171456

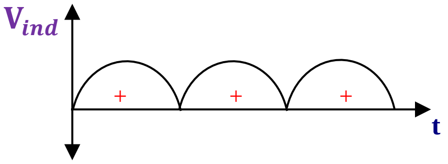
حيث تصبح $V_{ind} = 0$ وهكذا يتضح لنا التيار الناتج من ملف الدينامو متغير الشدة والاتجاه أى أن التيار تتغير شدته من [0 إلى max إلى 0] كل ربع دورة ويتغير اتجاهه كل نصف دورة .

ثانياً : مولد التيار الكهربائي المستمر

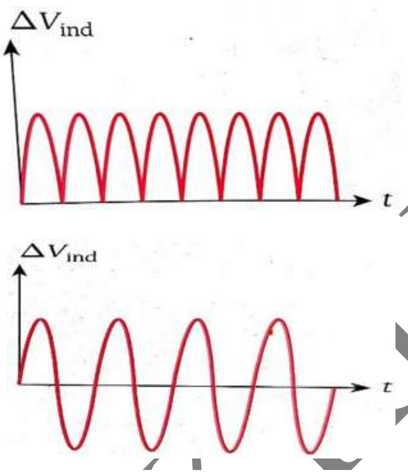
يمكن الحصول على تيار كهربائي مستمر (DC) :
باستبدال حلقتي الانزلاق بحلقة واحدة مقسومة إلى نصفين معزولين تسمى بالمقوم المعدني ويسمى التيار الناتج بالتيار النبضي حيث تتغير شدته كدالة جيبية واتجاهه ثابت

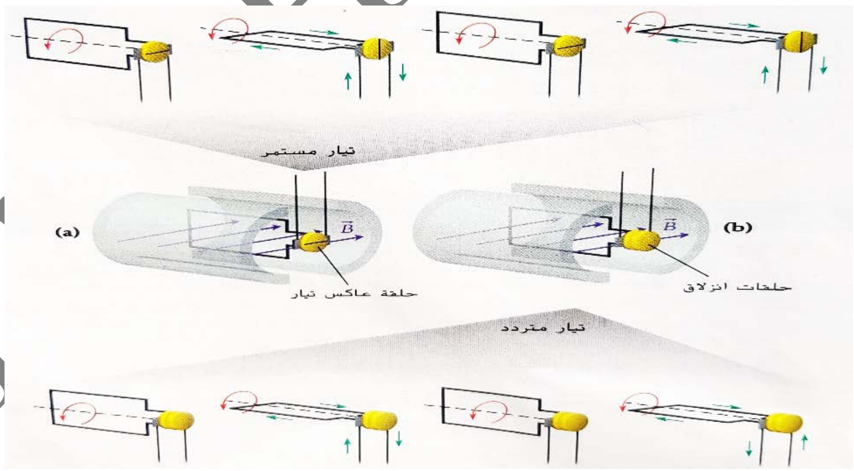
التيار الكهربائي الناتج متغير الشدة تتغير شدته كدالة جيبية ، وموحد الاتجاه





☜ **ملحوظة :** يمكن استبدال الجهاز السابق للعمل كمحرك إذا تم استبدال المقاومة الخارجية بمصدر قوة دافعة كهربائية بالتالي يمكن تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية.





١- مولد كهربائي يتكون ملفه من 200 لفه ومساحة سطح كل لفة $7.96 \times 10^{-3} m^2$ ويدور الملف بتردد مقداره 5Hz في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0.4T والمطلوب:

- احسب اقصى قيمة للقوة الدافعة الكهربائية المتولدة
- احسب أقصى تيار يتدفق في مقاوم قيمته 5Ω متصل بملف المولد.

الحل:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 5 = 31.4\ rad/sec$$

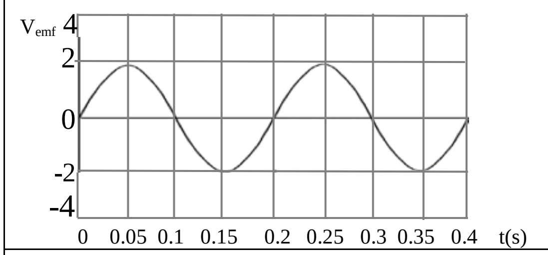
$$V_{max} = N.A.B.\omega = 200 \times 7.96 \times 10^{-3} \times 0.4 \times 31.4 = 20v$$

$$i = \frac{V}{R} = \frac{20}{5} = 4A$$

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

0502171456

٢- ملف مولد يحوي 60 لفة ونصف قطره 0.2m يدور بسرعة زاوية ثابتة في مجال مغناطيسي منتظم معتمداً على الرسم البياني المقابل أجب عما يلي:
- اكتب معادلة القوة الدافعة المترددة بدلالة الزمن
- احسب مقدار المجال المغناطيسي الذي يدور فيه الملف



الحل:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.2} = 31.4\frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$V_{emf} = V_{max}.\sin\omega t = 2 \times \sin 31.4t$$

$$V_{max} = N.A.B.\omega$$

$$B = \frac{V_{max}}{N.A.\omega} = \frac{2}{60 \times 0.1256 \times 31.4} = 8.45 \times 10^{-3}\ \text{T}$$

٣- مولد ملفه يحوي 500 لفة قوة دافعة مترددة حسب المعادلة: $V_{emf} = 120\sin(377t)$

والمطلوب :
- احسب تردد القوة الدافعة المتولدة.
- احسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية عند اللحظة t = 2sec.
- احسب القيمة العظمى للتدفق الذي يجتاز سطح الملف .

الحل:

$$377 = 2\pi f$$

$$f = 60\ \text{Hz}$$

$$V_{emf} = V_{max}.\sin\omega t = 120 \times \sin(377 \times 2) = 2.13\text{v}$$

$$\Phi_{max} = A.B$$

$$V_{max} = N.A.B\omega = N.\Phi_{max}.\omega$$

$$120 = 500 \times 377\Phi_{max}$$

$$\Phi_{max} = 6.4 \times 10^{-4}\ web$$

9.43 يتكون مولد بسيط من حلقة تدور داخل مجال مغناطيسي ثابت إذا كانت الحلقة تدور بتردد f فإنه يمكن تحديد التدفق المغناطيسي بواسطة $\Phi(t) = BA.\cos(2\pi f t)$ إذا كان B=1T ، A=1m2 فكم يجب أن تكون قيمة f حتى يصبح الحد الأقصى لفرق الجهد المستحث 110v.

الحل:

$$\Delta V = -\frac{d\Phi}{dt} = +2\pi f AB\sin(2\pi f t)$$

$$\Delta V = 2\pi f AB \times 1$$

$$110 = 2\pi f 1 \times 1$$

$$f = 17.5\ Hz$$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

FIKRI MAHMOUD

0502171456

9.5 المجال الكهربائي المستحث

إذا إفترضنا أن لدينا شحنة موجبة **q** تتحرك في مسار دائري نصف قطره **r** في مجال كهربائي ثابت **E** (خطوط دائرية وأن الشحنة تتحرك بطول أحد هذه الخطوط وخلال لفة واحدة من الشحنة) فإن الشغل المبذول على الشحنة يساوي

$$\oint \vec{F}\cdot d\vec{S} = \oint q\vec{E}\cdot d\vec{S} = \oint q\cos 0 \, . E d\vec{S} = qE\oint d\vec{S} = qE(2\pi r)$$

وحيث أن الشغل المبذول بواسطة مجال ثابت = $q\Delta V_{ind}$

فتحصل على نتيجة وهى : $\Delta V_{ind} = 2\pi r . E$

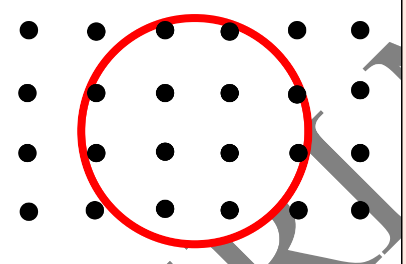
بالتالي يمكن تعميم هذه النتيجة باعتبار أن الشغل المبذول على شحنة q

$$W = \oint \vec{F}\cdot d\vec{S} = q\oint \vec{E}\cdot d\vec{S}$$

ومنها نحصل على $\Delta V_{ind} = \oint \vec{E}\cdot d\vec{S}$

ويمكننا التعبير عن فرق الجهد المستحث بطريقة مختلفة $\oint \vec{\mathbf{E}}\cdot d\vec{\mathbf{S}} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$

<u>وتنص هذه المعادلة على أن</u> التدفق المغناطيسي المتغير يستحث مجالاً كهربائياً ويمكن تطبيق هذه المعادلة على أى مسار مغلق حتى ولو لم يوجد موصل في المسار .

<table>
<tr>
<td></td>
<td>١- وضعت حلقه سلكية دائرية نصف قطرها 0.2m داخل مجال مغناطيسي يعامد الصفحة كما في الشكل و يزيد مقدار المجال المغناطيسي مع الزمن وفق المعادله $B=3t^2$.
- احسب مقدار المجال الكهربائي المستحث داخل سلك الحلقة عند اللحظة t=1.2s.
- حدد اتجاه خطوط المجال الكهربائي المستحث.</td>
</tr>
</table>

الحل: -1

$$\oint \vec{E}\cdot d\vec{S} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\vec{E}\oint d\vec{S} = -\frac{A.\cos 0 . dB}{dt}$$

$$\vec{E}\oint(2\pi R) = -\pi R^2 . \cos 0 .(6t)$$

$$\vec{E} = -0.2\times 1\times(3\times 1.2) = -0.72\frac{V}{m}$$

٢- بزيادة **B** يزداد $\mathbf{\Phi_B}$ الذي يخترق الحلقة مما يولد $\mathbf{V}_{ind}$ ينتج عنه i_{ind} وهذا التيار المتولد يولد $\mathbf{B}_{ind}$ (<u>طبقاً لقانون لنز</u>) يقاوم الزيادة في **B** وهذا يحدث بأن يكون اتجاه i_{ind} مع اتجاه عقارب الساعة وبالتالي يكون المجال الكهربائي **E** في نفس اتجاه i_{ind} المتولد في الحلقة.

FIKRI
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

0502171456

9.6 حث الملف اللولبى

سبق ان درسنا المجال المغناطيسي الناتج عن مرور تيار كهربائي في ملف لولبي وأن المجال المغناطيسي يحسب من العلاقة : $B = \frac{\mu_\circ . N . i}{L}$ ، $\because n = \frac{N}{L}$ ، $\mathbf{B} = \boldsymbol{\mu_\circ} . \mathbf{n} . \boldsymbol{i}$

والذي يعني بصورة مبسطة أن التدفق الكلي يتناسب مع التيار $\boldsymbol{\Phi_B} = \iint \vec{\mathbf{B}} . \mathbf{d}\vec{\mathbf{A}}$

$$\Delta V_{ind} = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

$$-N . \Delta \Phi_B = L . \Delta i$$

حيث (L) مقدار ثابت ويسمى **معامل الحث** وهو يمثل (التدفق الكلي الناتج عن ملف لولبي لكل وحدة تيار) ووحدته الهنري (H)

وعند التعويض عن قيمة تدفق الفيض المغناطيسي $\boldsymbol{\Phi_B} = A . B . \cos\theta$ واستبدال (N = nL) نجد أن : $N . \Delta \Phi_B = (nL) . (BA)$ ومن ثم يتم تحديد معامل الحث الكهربائي بواسطة :

$$L = \frac{N . \Delta \Phi_B}{i} = \frac{(nl) . (\mu_\circ . n . i)(A)}{i}$$

$$L = \mu_\circ . n^2 . l . A$$

- تُعد هذه المعادلة لمعامل الحث لملف لولبي جيدة للملفات الطويلة لأن تأثيرات الحافة عند نهاية الملف اللولبي تكون صغيرة .
- يعتمد معامل الحث على الشكل الهندسي للملف : الطول – المساحة – عدد الملفات.
- يتضمن أى ملف لولبي حثاً لذلك يسمى محث عند استخدامه في الدوائر الكهربائية.

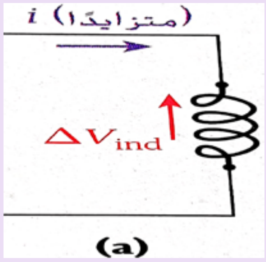
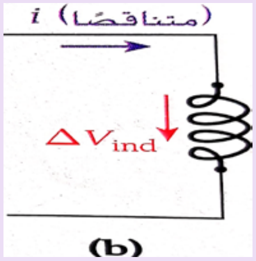
9.7 الحث الذاتى والحث المتبادل

الحث الذاتي : يستحث التيار المتغير في الملف فرق جهد في الملف نفسه . فيتغير المجال المغناطيسي الصادر عن ذلك الملف . ويسمى فرق الجهد الناتج فرق الجهد المستحث ذاتياً.

$$\Delta V_{ind} = -\frac{d(N . \Phi_B)}{dt} = -\frac{d(Li)}{dt}$$

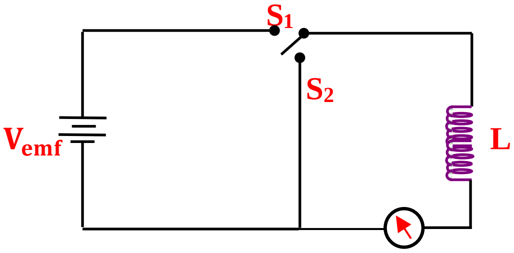
$$\Delta V_{ind} = -L \frac{di}{dt}$$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

	
الشكل (a) : نتيجة تزايد التيار بالملف الحثي يتولد تيار مستحث ذاتي عكسي وبالتالي فإن فرق الجهد المستحث ذاتيا سيقاوم الزيادة في التيار	**الشكل (b)** : نتيجة تناقص التيار بالملف الحثي يتولد تيار مستحث ذاتي طردي وبالتالي فإن فرق الجهد المستحث ذاتيا سيقاوم التناقص في التيار

✪ أثر ظاهرة الحث الذاتي على سرعة نمو واضمحلال التيار في ملف حثي

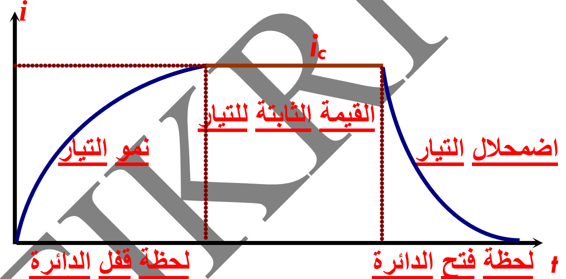
1- نكون دائرة كهربية تحتوى على بطارية ومقاومة R وملف حث L ومفتاح ذي طريقين S_1 ، S_2 لإدماج أو فصل البطارية من دائرة الملف كالآتي :



- عند تهيئة المفتاح في الوضع S_1 توصل البطارية بالملف ويمر فيه تيار وتسمى هذه اللحظة (**لحظة قفل الدائرة**)
- عند تهيئة الملف في الوضع S_2 تخرج البطارية من الدائرة وتسمى هذه اللحظة (**لحظة فتح الدائرة**) ويضمحل التيار في الملف

تفسير نشأة القوة الدافعة الكهربائية الحثية (العكسية والطردية)

١- **في لحظة قفل الدائرة الكهربائية** التي تحتوي على ملف يتزايد التيار المار في سلك الملف تدريجيا فيتولد عنه مجال مغناطيسي متزايد وتتزايد عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تقطع الملف فتتولد في الملف V_{ind} **عكسية** لتقاوم التيار (**طبقا لقانون لنز**) مما يؤدي إلى زيادة الفترة الزمنية التي يستغرقها التيار حتى يصل إلى نهايته العظمى أي تعمل على إبطاء نمو التيار الأصلي في الملف.

٢- **بعد فترة طويلة نسبيا من قفل الدائرة** : تصبح قيمة التيار ثابتة وبالتالي يصبح المجال المغناطيسي ثابتاً وتكون قيمة القوة الدافعة الكهربائية = صفراً	

٣- **في لحظة فتح الدائرة الكهربائية** يقل التيار بسرعة حتى يصل الى الصفر وهذا يؤدي الى تلاشي المجال المغناطيسي فيتغير المعدل الزمني الذي تتقاطع فيه خطوط المجال مع اللفات فيتولد في الملف V_{ind} **طردية** تعمل على منع النقصان في المجال والتيار (**طبقا لقانون لنز**) مما يؤدي إلى زيادة الفترة الزمنية التي يستغرقها التيار حتى ينعدم أى يبطء إضمحلال التيار.وتسمى هذه V_{ind} المتولدة في سلك الملف الذي يحمل تياراً متغيراً **الحث الذاتي**

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
0502171456
FIKRI MAHMOUD

معلومات إثرائية :

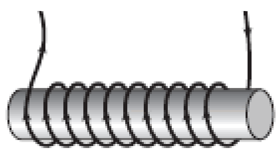
①- عند فتح دائرة مغناطيس كهربي قد تحدث شرارة كهربية عند موضع قطع الدائرة : لأنه عند قطع التيار في الدائرة يتناقص الفيض المغناطيسي الناشئ عنه بسرعة فيتولد في الدائرة بالحث الذاتي V_{ind} كبيرة جداً (طردية) فتتغلب على مقاومة الهواء عند موضع القطع فتمر الشرارة الكهربية .

②- للتخلص من الحث الذاتي لملف سلكي يجب أن يكون الملف ملفوفاً لفاً مزدوجاً : حتى يكون اتجاه التيار المار في أحد فرعي الملف عكس اتجاهه في الفرع الآخر فيكون مجالاهما المغناطيسيان متضادين ومتساويين فيعادل كل منهما الآخر وبذلك ينعدم الحث الذاتي للملف ولا يكون له تأثير على التيار الأصلي .

③- ينمو التيار ببطء في الملف وبسرعة في السلك المستقيم : في الملف تكون V_{ind} الذاتية العكسية كبيرة عنها في السلك المستقيم لأن V_{ind} للملف = القوة الدافعة الكهربية للفة الواحدة × عدد اللفات وبالتالي فهي تقاوم نمو التيار فينمو ببطء أي يستغرق زمن أطول لكي يصل لقيمته العظمى . وفي السلك يكون المجال المتولد حول السلك عمودي عليه ويكاد ينعدم الحث لذلك لا توجد مقاومة تذكر بالنسبة للتيار فينمو بسرعة لكي يصل لقيمته العظمى بسرعة .

1- ملف لولبي طوله 0.2m وعدد لفاته 10 لفة/cm ونصف قطر مقطعه العرضي 3cm ويمر فيه تيار شدته 4.2A كما في الشكل المقابل المطلوب:

- احسب معامل حث الملف
- احسب مقدار المجال المغناطيسي داخل الملف وحدد اتجاهه.
- احسب التدفق المغناطيسي الذي يجتاز مقطع الملف
- احسب التدفق المغناطيسي الكلي في الملف



الحل:

$$L = \mu_\circ . n^2 . l . A$$

$$L = 4\pi \times 10^{-7} \times (0.01)^2 \times 3.14 \times (3 \times 10^{-2})^2 \times 0.2 = 7.1 \times 10^{-14}\ H$$

$$B = \mu_\circ . n . i = 4\pi \times 10^{-7} \times 0.01 \times 4.2 = 5.28 \times 10^{-8} T \leftarrow$$

$$\Phi_B = A \times B \times cos0 = \pi(0.03)^2 \times 5.3 \times 10^{-3} = 7.5 \times 10^{-5} web$$

$$\Phi_T = N.\Phi_B = 200 \times 1.5 \times 10^{-5} = 3 \times 10^{-3}\ web$$

2- ملف لولبي هوائي النواة طوله 0.2m ومعامل حثه الذاتي $1 \times 10^{-4}H$ وعدد لفاته 200 لفة

- احسب مساحه مقطع الملف
- احسب التدفق المغناطيسي الذي يجتاز سطح كل لفة من اللفات عندما يمر فيه تيار شدته 2.5A.

الحل:

$$L = \mu_\circ . n^2 . l . A$$

$$A = \frac{L}{\mu_\circ . n^2 . l} = \frac{1 \times 10^{-4}}{4\pi \times 10^{-7} \times (1000)^2 \times 0.2} = 3.98 \times 10^{-4} m^2$$

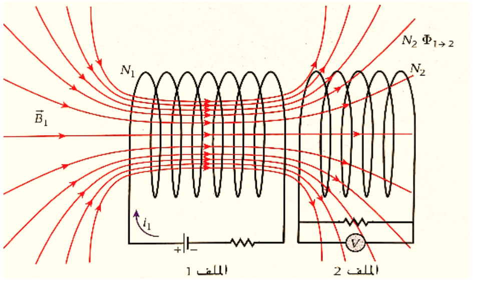
$$L . i = N . \Phi_B$$

$$1 \times 10^{-4} \times 2.5 = 200 \times \Phi_B$$

$$\Phi_B = 1.25 \times 10^{-6} web$$

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

☯ الحث المتبادل بين ملفين :



عند وضع ملف ابتدائي (1) يمر به تيار كهربي داخل ملف أو بالقرب من ملف ثانوي فإن شدة التيار في الملف الابتدائي سيتولد عنه فيضاً مغناطيسياً متغيراً يؤثر في الملف الثانوي (2) فيتولد فيه V_{ind} ينتج عنها تيار مستحث وهذا التيار يولد هو الآخرفيض مغناطيسي متغير يؤثر في الملف الابتدائي أي يؤثر كلاً من الملفين على الآخر وتسمى هذه الظاهرة بالحث المتبادل

أنواع التيار الحثي المتولد في الملف الثانوي بالحث المتبادل

- ➢ **تيار عكسي** : يكون اتجاه تيار الملف الثانوي عكس اتجاه تيار الملف الابتدائي [الأصلي] .
- ➢ **تيار طردي** : يكون اتجاه تيار الملف الثانوي في نفس اتجاه تيار الملف الابتدائي [الأصلي]

حالات تولد تيار مستحث عكسي	حالات تولد تيار مستحث طردي
[أي لحظة زيادة الفيض المغناطيسي المقطوع]	[أي لحظة تناقص الفيض المغناطيسي المقطوع]
①- لحظة تقريب أو إدخال الملف الابتدائي في الملف الثانوي ②- لحظة زيادة شدة التيار في الملف الابتدائي ③- لحظة قفل دائرة الملف الابتدائي أثناء وجوده داخل الملف الثانوي	①- لحظة إبعاد أو إخراج الملف الابتدائي من الملف الثانوي ②- لحظة نقص شدة التيار في الملف الابتدائي ③- لحظة فتح دائرة الملف الابتدائي أثناء وجوده داخل الملف الثانوي

✪ تفسير حالات تولد تيار مستحث عكسي :

حيث يتم في تلك اللحظات تزايد في معدل قطع خطوط الفيض للفات الملف الثانوي فيتولد بالملف الثانوي تيار مستحث يعمل طبقاً لقانون لينز على مقاومة تزايد قطع خطوط الفيض للفات الملف الثانوي وذلك عن طريق تكوين فيض معاكس للفيض الناتج عن الملف الابتدائي وهذا يتحقق عن طريق مرور تيار مستحث في اتجاه معاكس لاتجاه تيار الملف الابتدائي [أي يكون اتجاه التيار المستحث في الملف الثانوي في عكس اتجاه التيار في الملف الابتدائي] .

✪ تفسير حالات تولد تيار مستحث طردي :

حيث يتم في تلك اللحظات تناقص في معدل قطع خطوط الفيض للفات الملف الثانوي فيتولد بالملف الثانوي تيار مستحث يعمل طبقاً لقانون لينز على مقاومة تناقص قطع خطوط الفيض للفات الملف الثانوي وذلك عن طريق تكوين فيض مغناطيسي في نفس اتجاه الفيض الناتج عن الملف الابتدائي وهذا يتحقق عن طريق مرور تيار مستحث في الملف الثانوي له نفس اتجاه التيار في الملف الابتدائي [أي يكون اتجاه التيار المستحث في الملف الثانوي في نفس اتجاه التيار في الملف الابتدائي] أي في الاتجاه الطردي .

☯ حساب الحث المتبادل بين ملفين :

نفرض ان لدينا ملفين متجاورين محوريهما المركزيين في وضع محاذاة ، يحتوي الملف 1 على عدد لفات N_1 والملف 2 على عدد لفات N_2 حيث ينتج التيار المارفي الملف 1 مجال مغناطيسياً B_1 والتدفق الكلي في الملف 2 الناتجة عن المجال المغناطيسي في الملف 1هى $N_2.\Phi_{1\to 2}$ يُعرف معامل الحث المتبادل للملف 2 الناتج عن الملف 1 على أنه $M_{1\to 2}$:

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
FIKRI MAHMOUD

$$M_{1\to2} = \frac{N_2.\Phi_{1\to2}}{i_1}$$

وبضرب طرفي المعادلة ضرب تبادلي

$$i_1.M_{1\to2} = N_2.\Phi_{1\to2}$$

وإذا كان التيار المار في الملف 1 يتغير مع الزمن فيمكننا كتابة المعادلة بتلك الصورة

$$\frac{M_{1\to2}.d\,i_1}{d\,t} = \frac{N_2.\Phi_{1\to2}}{d\,t}$$

يشبه الجانب الأيمن من هذه المعادلة الجانب الأيمن من قانون فاراداي للحث ومن ثم يمكننا كتابة المعادلة على تلك الصورة :

$$V_{ind,2} = -M_{1\to2}\frac{d\,i_1}{d\,t}$$

وإذا عكسنا أدوار الملفين ينتج التيار i_1 في الملف 2 مجالاً مغناطيسياً B_2 والتدفق الكلي في الملف 2 الناتجة عن المجال المغناطيسي في الملف 2 هي $N_1.\Phi_{2\to1}$ وباستخدام التحليل نفسه الذي طبقناه سابقاً لتحديد معامل الحث المتبادل للملف 2 الناتج عن الملف 1 نجد أن :

$$V_{ind,1} = -M_{2\to1}\frac{d\,i_2}{d\,t}$$

حيث .. [$M_{2\to1}$] مقدار ثابت يسمى **[معامل الحث المتبادل للملف 1 الناتج عن الملف 2]**

✍ **ملحوظة : الإشارة السالبة** تدل على أن اتجاه V_{ind} (أو اتجاه التيار المستحث) يكون بحيث يقاوم التغير المسبب له حسب قاعدة لنز .

وحيث أن : $M_{1\to2} = M_{2\to1} = M$

لذا يمكننا كتابة المعادلتين المستخدمتين لحساب ($V_{ind,1}$ ، $V_{ind,2}$) على النحو التالي

$$V_{ind,2} = -M\frac{d\,i_1}{d\,t}$$

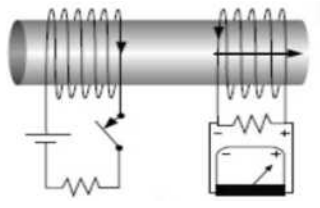
$$V_{ind,1} = -M\frac{d\,i_2}{d\,t}$$

✪ **وحدة معامل الحث المتبادل :** الهنري (H) وهى تعادل $V.s/A$

$$M = -V_{ind,1}\frac{d\,t}{d\,i_1}$$

FIKRI MAHMOUD

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
0502171456

3 في الشكل المقابل دائرتين (B,A) متجاورتين معامل الحث المتبادل بينهما 0.12A عندما يفتح مفتاح الدائرة B تتناقص شدة التيار المار فيها (3A) إلى أن تتلاشى كلياً خلال 0.3s ويلاحظ انحراف مؤشر الجلفانومتر بتزايد لحظي ثم عودته إلى صفر التدريج أجب عما يلي: - احسب متوسط ΔV_{ind} التي تولدت في الدائرة (A) - فسر مستخدماً قانون لينز زيادة انحراف مؤشر الجلفانومتر في الدائرة A لحظيا ثم عودته إلى صفر التدريج عند فتح مفتاح الدائرة B.	 (B) (A)

الحل:

$$V_{ind,A} = -M\frac{di}{d\,t} = -0.12 \times \frac{0-3}{0.3} = 1.2\text{v}$$

- عند فتح الدائرة B يتناقص الفيض الذي تولده الدائرة A فيتولد i_{ind} يقاوم النقص في التدفق بحيث يولد مجالاً حثياً له اتجاه مجال الملف B (من اليمين إلى اليسار) وبالتالي يكون اتجاه التيار بنفس اتجاه التيار الأصلي في الدائرة A

9.9 الطاقة وكثافة الطاقة لمجال مغناطيسي

نفرض ان لدينا ملف حثي متصلا بمصدر قوة دافعة كهربائية يبدأ التيار الكهربائي بالتدفق عبر الملف الحثي منتجاً فرق جهد مستحثاً ذاتياً يقاوم الزيادة في التيار

كما تقدر القدرة اللحظية التي يوفرها مصدر القوة الدافعة الكهربائية V_{emf} ناتج ضرب التيار والجهد الخاص بمصدر القوة الدافعة الكهربائية باستخدام المعادلة :

$$P = V_{emf}.\,i = \left(L\frac{di}{dt}\right).\,i$$

$$P = \frac{U_B}{t}$$

$$U_B = \int_0^t P.\,dt = \int_0^t L\frac{di}{dt}.\,dt.\,i = \int_0^t L.\,idi = \frac{1}{2}\,Li^2$$

فإذا كان لدينا ملف لولبي نموذجي طوله (L) ومساحة مقطعه العرضي (A) وعدد لفاته (n) لكل وحدة طول يحمل تياراً (i) تكون الطاقة المخزنة في المجال المغناطيسي للملف اللولبي هي :

$$U_B = \frac{1}{2}\,Li^2 = \frac{1}{2}\,\mu_\circ n^2 l.\,Ai^2$$

يشغل المجال المغناطيسي الحجم الذي يتضمنه الملف اللولبي والذي يمكن تحديده بواسطة lA ومن ثم تكون كثافة الطاقة u_B هي للمجال المغناطيسي للملف اللولبي

حيث أن **كثافة الطاقة** u_B : هى كمية الطاقة المختزنة في نظام ما لكل وحدة الحجوم.

$$u_B = \frac{U_B}{V} = \frac{U_B}{A.\,l}$$

$$L.\,di = N.\,d\Phi_B$$

FIKRI MAHMOUD
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
0502171456

$$L = \frac{N.d\Phi_B}{di}$$

$$\Phi_B = A.BCos0 = A.B = A.\mu_\circ.n.i$$

$$N = n.l$$

$$L = \frac{\mu_\circ n^2 l.A.i}{di} = \mu_\circ n^2 l.A$$

$$u_B = \frac{U_B}{A.l} = \frac{1}{2}\frac{Li^2}{A.l} = \frac{1}{2}\frac{\mu_\circ.n^2 l.A.i^2}{A.l} = \frac{1}{2}\mu_\circ.n^2.i^2 = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_\circ}$$

☜ **ملاحظة** : يمكن تطبيق هذه المعادلة على المجالات المغناطيسية لكل الملفات

❶ ملف لولبي طويل نصف قطر مقطعه العرضي 8.1cm وطوله 0.54m وعدد لفاته 2×10^4 لفة$/m$ ويحمل تيار كهربائي شدته $4.04 \times 10^{-3} A$ ما مقدار الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي للملف اللولبي

الحل:

$$U_B = \frac{1}{2}\mu_\circ n^2 l.Ai^2$$

$$U_B = \frac{1}{2} \times 4\pi \times 10^{-7} \times (2 \times 10^4)^2 \times \pi \times (8.1 \times 10^{-2})^2 \times 0.54 \times (4.04 \times 10^{-3})^2$$

$$U_B = 4.57 \times 10^{-5} J$$

❷ ملف لولبي يمر فيه تيار شدته 5A ويختزن نتيجة ذلك طاقة مغناطيسية كثافتها $2.52 J/m^3$ احسب عدد اللفات في المتر الواحد من طول الملف.

الحل:

$$u_B = \frac{1}{2}\mu_\circ.n^2.i^2$$

$$n^2 = \frac{2 \times 2.52}{4\pi \times 10^{-7} \times 25} = 160428.2$$

n=400

❸ ملف لولبي يحمل تياراً كهربائياً ، ماذا يحدث للطاقة المغناطيسية المختزنة فيه إذا تضاعفت شدة التيار المار فيه

الحل:

$$U_B \propto i^2$$

إذا تضاعفت شدة التيار المار فيه تزيد بمعامل 4

❹ ملف لولبي طويل طوله 3m وعدد لفاته 290 لفة/m يمر فيه تيار شدته 3A ، يختزن نتيجة ذلك طاقة مقدار ها 2.8J إحسب مساحة المقطع العرضي للملف.

الحل:

$$U_B = \frac{1}{2}\mu_\circ n^2 l.Ai^2$$

$$A = \frac{2 \times 2.8}{4\pi \times 10^{-7} \times (290)^2 \times 3 \times 9} = 1.96\ m^2$$

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

FIKRI MAHMOUD

❺ ملف لولبي معامل حثه 0.04H ويختزن طاقة مغناطيسية 0.18J احسب شدة التيار المار في الملف

الحل:

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

$$i = \sqrt{\frac{2 \times 0.18}{0.04}} = 3\ A$$

❻ يحمل ملف لولبي يتكون من 100 لفة وطوله 8cm ونصف قطره 6mm تياراً شدته 0.4A تم عكس اتجاه التيار في الملف ، ما مقدار تغير الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي داخل الملف نتيجة عكس التيار؟

الحل:

$$\Delta U_B = 0$$

بسبب انعكاس التيار في الملف يصبح $\Delta U_B = 0$

❼ ملف لولبي قطره 1m وطوله 1.5m ومقدار مجاله المغناطيسي المنتظم 3T:

- احسب كثافة الطاقة المغناطيسية في الملف.
- احسب الطاقة المغناطيسية المختزنة في الملف.

الحل:

$$u_B = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_\circ} = \frac{9}{2\mu_\circ} = 3.58 \times 10^6\ J/m^3$$

$$u_B = \frac{U_B}{2\mu_\circ}$$

$$V = Al = \pi \times 0.5^2 \times 1.5 = 1.18\ m^3$$

$$3.58 \times 10^6 = \frac{U_B}{1.18}$$

$$U_B = 4.22 \times 10^6\ T$$

❽ ملف لولبي يخزن طاقه مغناطيسية مقدارها $6 \times 10^{-3} J$ ، فإذا كان مقدار المجال المغناطيسي داخل الملف يساوي 2×10^{-4}T فاحسب حجم الملف اللولبي

الحل:

$$u_B = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_\circ} = \frac{U_B}{V}$$

$$\frac{2 \times 10^{-4}}{2\pi \times 10^{-7}} = \frac{6 \times 10^{-3}}{V}$$

$$V = 0.38\ m^3$$

FIKRI MAHMOUD

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed 0502171456