كل ما يحتاجه الطالب في جميع الصفوف من أوراق عمل واختبارات ومذكرات، يجده هنا في الروابط التالية لأفضل مواقع تعليمي إماراتي 100 %

تطبيق المناهج الإماراتية | الاجتماعيات | الرياضيات

الصفحة الرسمية على التلغرام | الاسلامية | العلوم

الصفحة الرسمية على الفيسبوك | الانجليزية

التربية الاخلاقية لجميع الصفوف | اللغة العربية

التربية الرياضية

مجموعات التلغرام.	مجموعات الفيسبوك	قنوات تلغرام	قنوات الفيسبوك
الصف الأول	الصف الأول	الصف الأول	الصف الأول
الصف الثاني	الصف الثاني	الصف الثاني	الصف الثاني
الصف الثالث	الصف الثالث	الصف الثالث	الصف الثالث
الصف الرابع	الصف الرابع	الصف الرابع	الصف الرابع
الصف الخامس	الصف الخامس	الصف الخامس	الصف الخامس
الصف السادس	الصف السادس	الصف السادس	الصف السادس
الصف السابع	الصف السابع	الصف السابع	الصف السابع
الصف الثامن	الصف الثامن	الصف الثامن	الصف الثامن
الصف التاسع عام	الصف التاسع عام	الصف التاسع عام	الصف التاسع عام
الصف التاسع متقدم	الصف التاسع متقدم	الصف التاسع متقدم	تاسع متقدم
الصف العاشر عام	الصف العاشر عام	الصف العاشر عام	عاشر عام
الصف العاشر متقدم	الصف العاشر متقدم	الصف العاشر متقدم	عاشر متقدم
الحادي عشر عام	الحادي عشر عام	الحادي عشر عام	حادي عشر عام
الحادي عشر متقدم	الحادي عشر متقدم	الحادي عشر متقدم	حادي عشر متقدم
ثاني عشر عام	الثاني عشر عام	الثاني عشر عام	الثاني عشر عام
ثاني عشر متقدم	الثاني عشر متقدم	ثاني عشر متقدم	ثاني عشر متقدم

الحث الكهرومغناطيسي

12
متقدم

United Arab Emirates
Ministry of Education

الإمارات العربية المتحدة
وزارة التربية والتعليم

الوحدة التاسعة 9

I ♥ PHYSICS

9

Electromagnetic Induction

الفيزياء

مع أسامة النحوي

الثاني عشر – متقدم

الفصل الدراسي الثالث

الاسم : .....

إعداد الأستاذ

أسامة إبراهيم النحوي

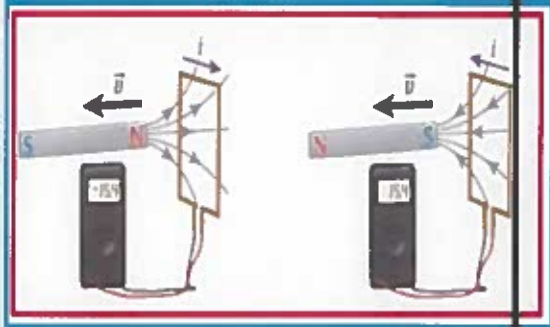
0554543232

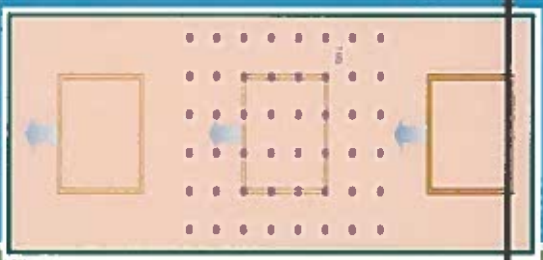
العام الدراسي 2018 -2019

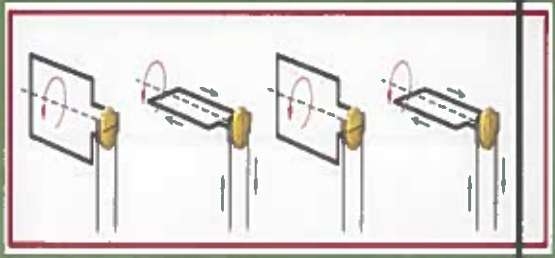
عام التسامح

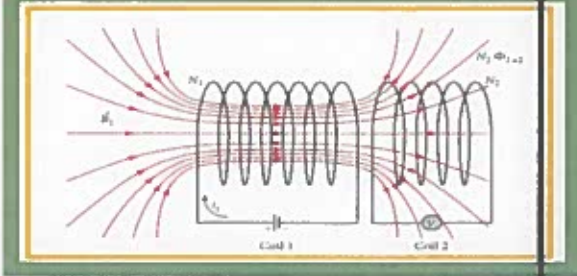
MR Osama Alnahawi

0554543232









9.1 تجارب فاراداى

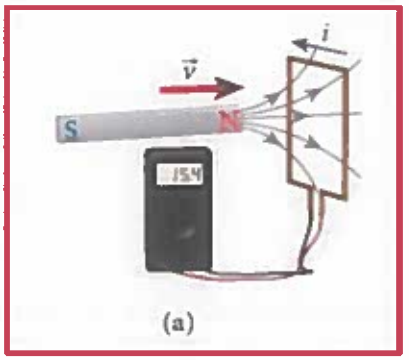
أثبتت تجارب (هنري-فاراداي) أن **المجال المغناطيسي المتغير** يُمكن أن يولد فرق جهد في موصل قوياً بما يكفي لإنتاج تيار كهربائي يسمى **بالتيار المُستحث** .

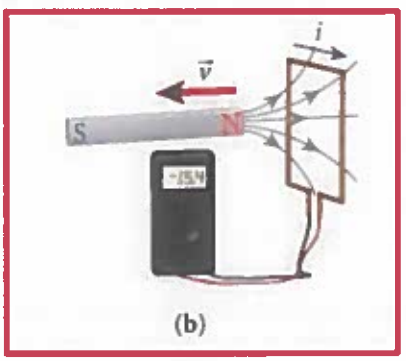
وتُعرف ظاهرة الحث بأنها عملية توليد تيار كهربائي في دائرة مغلقة بسبب حركتها النسبية في مجال مغناطيسي ويُطلق على التيار في هذة الحالة بـ التيار الحثي او المُستحث .

طُرق الحصول على تيار مستحث في موصل .

1. الحركة النسبية للموصل أو المغناطيس بحيث يحدث تقطيع لخطوط المجال المغناطيسي
2. تغير التدفق المغناطيسي (زيادةً أو نقصان) الذي يخترق الملف .

*نلاحظ من الأشكال التالية ان اتجاه التيار المستحث المتولد في الملف يتغير بزيادة التدفق المغناطيسي (الشكل a) او نقصان التدفق المغناطيسي (الشكل b) وسيتم تفسير ذلك عند دراسة قانون لنز .





تذكير:

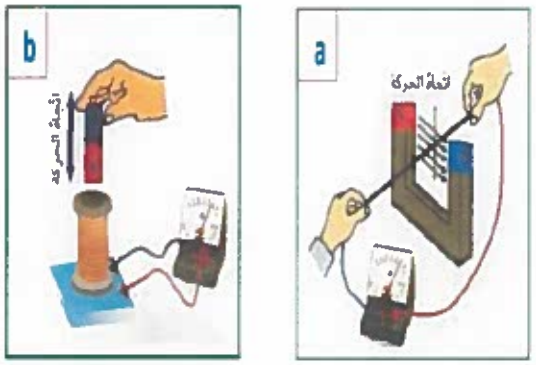
Φ_B التدفق المغناطيسي هو عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تعبر عمودياً وحدة المساحة

9.3 أي مما يلي سيستحث تيارًا في حلقة سلكية في مجال مغناطيسي موحد؟

a) خفض مقدار المجال
b) تدوير الحلقة حول محور موازٍ للمجال
c) تحريك الحلقة داخل المجال
d) كل ما سبق
e) لا شيء مما سبق

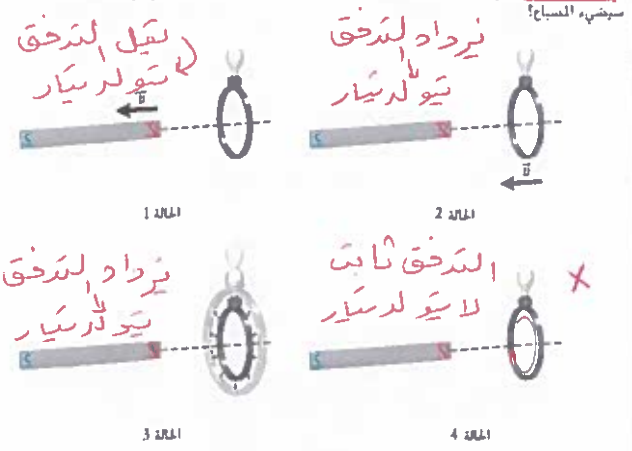
MR Osama Alnahawi

*يتولد التيار المستحث إما عند تحريك الموصل عمودياً على خطوط المجال بحيث يعمل على تقطيع خطوط المجال (الشكل a) أو عندما يتحرك المغناطيس بحيث تتقطع خطوط المجال عند دخولها الى الملف (الشكل b)



مراجعة المفاهيم 9.1

تبين الأشكال الأربعة قضيبًا مغناطيسيًا ومصباحًا ضوئيًا منخفض الجهد متصلًا بطرفي حلقة توصيل. مستوى الحلقة عمودي على المحد 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

9.2 قانون فاراداي للحث الكهرومغناطيسي

$$\Delta V_{ind} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

نص قانون فاراداي :

يُستحث فرق الجهد في حلقة عندما يتغير عدد خطوط المجال المغناطيسي المارة عبر الحلقة بمرور الزمن .

وجود فرق الجهد يعني أن المجال المغناطيسي المتغير يُنتج مجالاً كهربائياً حول الحلقة .

ويوجد طريقتان لإنتاج مجال كهربائي :

1. من الشحنات الكهربائية : ستكون القوة الناتجة المؤثرة في الشحنة مُحافظة ولا تبذل شغلاً
2. من المجال المغناطيسي المتغير : ستكون القوة الناتجة قوى كهربائية غير محافظة وسيتم بذل شغل .

* إن مقدار الشغل المبذول هو فرق الجهد المُستحث مضروباً في الشحنة الاختبارية $W = q\Delta V$

* يُعرف التدفق المغناطيسي بأنه

التكامل السطحي للمجال المغناطيسي المار عبر عنصر مساحة تفاضلي . $\Phi_B = \iint \vec{B} \cdot d\vec{A}$

MR Osama Alnahawi

**يُشير متجه المساحة التفاضلي $d\vec{A}$ دائماً الى خارج الحجم المغلق ويكون متعامداً على السطح في كل مكان

وينتج عن تكامل التدفق المغناطيسي عبر سطح مغلق صفر

$$\oiint \vec{B}\cdot d\vec{A} = 0$$

(بسبب عدم وجود شحنات مغناطيسة حرة أو أقطاب مغناطيسية أحادية)

ويطلق على هذة النتيجة قانون جاوس للمجالات المغناطيسية .

(خطوط المجال المغناطيسي ليست لها بداية أو نهاية لكنها تُشكل حلقة مستمرة .)

مغلقة

علل

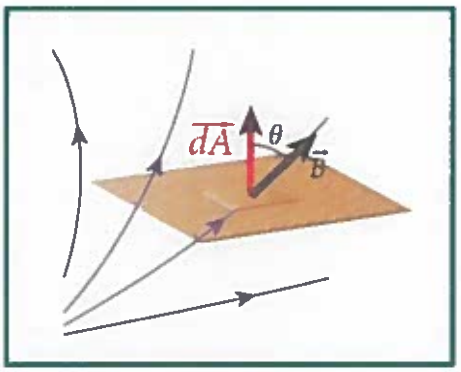
يمكن حساب التدفق المغناطيسي من العلاقة التالية $\Phi_B = BA\cos\theta$

حيث (B) المجال المغناطيسي بوحدة تسلا T

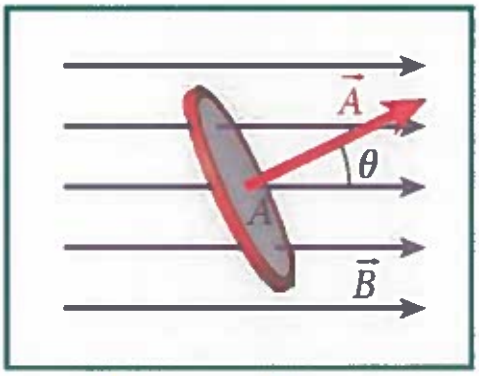
(A) مساحة السطح بوحدة m^2

(θ) الزاوية المحصورة بين خطوط المجال المغناطيسي ومتجه السطح العمودي على مستوى الحلقة .

وحدة التدفق المغناطيسي هي $T.m^2$ وتكافئ ويبر (Wb)



مجال مغناطيسي غير منتظم



مجال مغناطيسي منتظم

حالات خاصة توضيحية :

1. إذا كان المجال متعامداً على مستوى الحلقة تكون θ=0 وبالتالي $\Phi_B = BA$
2. إذا كان المجال موازياً على مستوى الحلقة تكون θ=90 وبالتالي $\Phi_B = 0$

MR Osama Alnahawi

يمكن كتابة قانون فاراداي للحث بدلالة التدفق المغناطيسي

مقدار فرق الجهد ΔV_{ind} المستحث في حلقة توصيل يساوي معدل تغير التدفق المغناطيسي مع الزمن عبر الحلقة .

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

الإشارة السالبة تعني أن فرق الجهد المستحث يولد تياراً مستحثاً يميل مجاله المغناطيسي الى مقاومة تغير التدفق (يشرح لاحقاً في قانون لنز).

يسمى فرق الجهد المستحث بالقوة الدافعة الكهربائية المستحثة (emf) $\Delta V_{ind} = emf$

فرق الجهد المستحث اذا كان الملف يحتوي N من اللفات .

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

9.4 ينص قانون فاراداي للحث على أن

a) يستحث فرق جهد في حلقة عند حدوث تغير في التدفق المغناطيسي عبر الحلقة.
b) التيار المستحث في حلقة بواسطة مجال مغناطيسيّ متغير يولد مجالاً مغناطيسيًا يقاوم هذا التغير في المجال المغناطيسي. تعريف قانون لنز
c) يستحث المجال المغناطيسي المتغير مجالاً كهربائيًا.
d) حث جهاز هو قياس مقاومته للتغيرات في التيار المتدفق خلاله.
e) التدفق المغناطيسي هو ناتج ضرب متوسط المجال المغناطيسي والمنطقة المتعامدة عليه التي يخترقها.

• الحث في حلقة دائرية موصلة داخل مجال مغناطيسي

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

* حالات خاصة لفرق الجهد المستحث أو القوة الدافعة الكهربائية المستحثة

1. تغيير المجال المغناطيسي بمرور الزمن مع بقاء المساحة والزاوية ثابتان

$$A \text{ and } \theta \text{ constant: } \Delta V_{ind} = -A\cos\theta\frac{dB}{dt}$$

2. تغيير مساحة الحلقة المعرضة للمجال المغناطيسي .مع بقاء المجال والزاوية ثابتان

$$B \text{ and } \theta \text{ constant: } \Delta V_{ind} = -B\cos\theta\frac{dA}{dt}$$

3. تغير الزاوية كدالة زمن .مع بقاء المساحة والمجال ثابتان حيث $d\theta/dt = \omega$ تذكر

$$A \text{ and } B \text{ constant: } \Delta V_{ind} = \omega AB\sin\theta$$

MR Osama Alnahawi

مثال: 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 $i(t)=i_0\left[1+(2.4\,s^{-2})t^2\right]$.

المسألة : إذا وجد ملف دائري نصف قطره **3.4cm** وعدد لفاته **200 لفة** داخل الملف اللولبي بحيث يكون متجهه العمودي موازياً للمجال المغناطيسي . فأوجد فرق الجهد المستحث في الملف عندما يكون يكون **t=2.0s**.

$$\Delta V = -N\frac{d\Phi}{dt} \qquad \Phi = BA$$

$$= -NA\frac{dB}{dt}$$

$$= -N(\pi r^2)\times\left[4.8B_0t\right]$$

$$= -200\times\pi(3.4\times10^{-2})^2\times4.8\times0.025\times2$$

$$= -0.17\ V$$

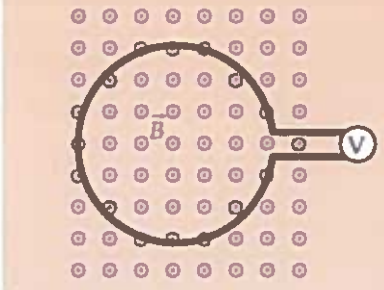
$B = \mu_0 n i$ ، أي تغير في i سيشكل تغير في B يعني $B(t)=B_0(1+2.4t^2)$

$B_0+2.4B_0t^2$ ، تغير B_0

$\frac{dB}{dt} = 2(2.4B_0t)$

سؤال الاختبار الذاتي 9.1

يكون مستوى الحلقة الدائرية الموضحة في الشكل متعامدًا على مجال مغناطيسي مقداره $B_1 = 0.500\ T$. ينخفض المجال المغناطيسي حتى يصل إلى الصفر بمعدل ثابت في زمن قدره $0.250\ s$. ويبلغ مقدار الجهد المستحث في الحلقة $1.24\ V$ خلال هذا الزمن. فما نصف قطر الحلقة؟



$N=1$ ، $\theta=0$ ، $B_2=0$ ، Δt ، V_{ind} ، r

B لتغيرها زمني في

$$\Delta V_{ind} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$1.24 = -NA\cos\theta\ \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$1.24 = -1\times\pi r^2\cos0\times\frac{0-0.5}{0.25}$$

$$1.24 = -\pi(r^2)\times1\times-2$$

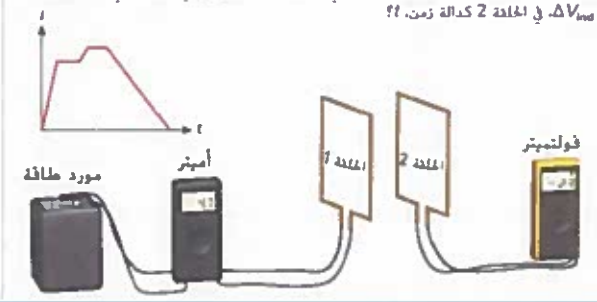
$$r = 0.44m$$

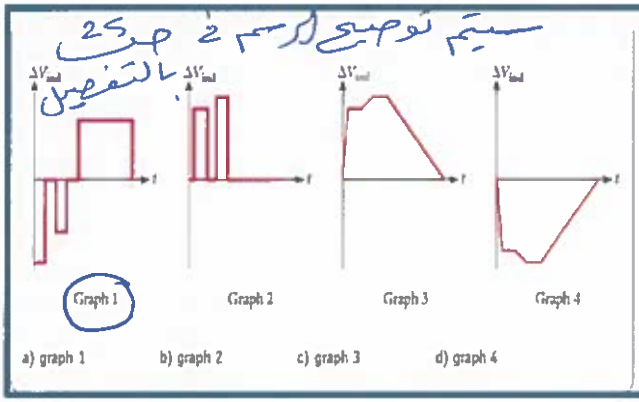
للتذكير $\Phi = BA\cos\theta$

MR Osama Alnahawi

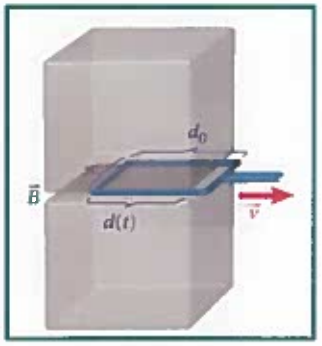
مراجعة المفاهيم 9.2

يتم توصيل مصدر للطاقة بالحلقة 1 وأميتر كما يوضّح الشكل. والحلقة 2 قريبة من الحلقة 1 ومتصلة بفولتميتر. كما يوضّح الشكل تمثيلاً بيانيًا للتيار i المتدفق عبر الحلقة 1 في صورة دالة للزمن t. أي تمثيل بياني يصف فرق الجهد المستحث ΔV_{ind} في الحلقة 2 كدالة زمن t؟





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



$$V_{ind} = -N\frac{d\Phi}{dt}$$
$$= -NB\frac{dA}{dt}$$
$$= -NB\cdot(0 - Vw)$$
$$= NBVw$$
$$= 1 \times 0.073 \times 1.6\times10^{-2} \times 3.1\times10^{-2}$$
$$= -0.18V$$

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؟

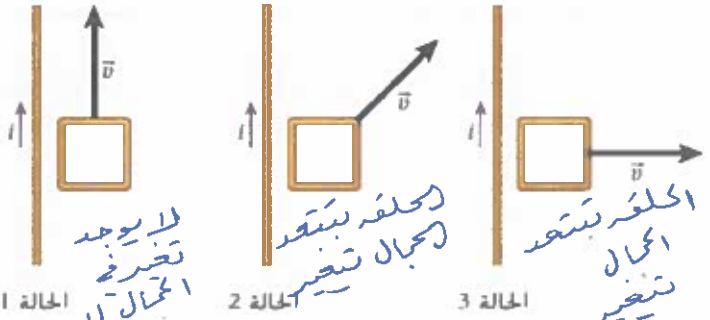
a) الحالتان 1 و2

b) الحالتان 1 و3

c) الحالتان 2 و3

d) لن تحتوي أي من الحلقات على تيار مستحث.

e) ستحتوي الحلقات كلها على تيار مستحث.



سؤال (1)

ملف مكون من **50** لفة ومساحة مقطعه **$3x10^{-3}m^2$** ومقاومته الكهربائية **5Ω** وضع الملف في مجال مغناطيسي بحيث كان اتجاه **المجال عمودي** على مستوى الملف . إذا تغيرت شدة المجال من **+0.20T** الى **-0.15T** خلال **0.2s** فاحسب **متوسط شدة التيار** المستحث المتولد في الملف ؟

$$\bar{i} = \frac{\Delta V_{ind}}{R} = \frac{0.26}{5} = 0.052A$$

$$\Delta V_{ind} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -NA\cos\theta\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -50\times3\times10^{-3}\cos0\times\frac{-0.15-0.20}{0.2} = +0.26V$$

سؤال (2)

ملف مستطيل الشكل يحوي **240** لفة ومساحة مقطعه **$1.2x10^{-3}m^2$** وضع في مجال مغناطيسي منتظم شدته **0.4T** بحيث يكون **الملف عمودي** على اتجاه المجال . احسب **فرق الجهد المستحث** في الملف في الحالات التالية :

1. إذا انعكس المجال المغناطيسي في الملف خلال **0.5s** .
2. إذا سحب الملف خارج المجال المغناطيسي بالكامل خلال **0.5s**.

1) $V_{ind} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -NA\cos\theta\cdot\frac{B_2-B_1}{\Delta t} = -240\times1.2\times10^{-3}\times\frac{-0.4-0.4}{0.5} = 0.46V$

2) $V_{ind} = -NA\cos\theta\cdot\frac{B_2-B_1}{\Delta t} = -240\times1.2\times10^{-3}\times\frac{0-0.4}{0.5} = 0.23V$

سؤال (3)

ملف فيه **300** لفة مساحة كل منها **$0.02m^2$** يُدار في مجال مغناطيسي منتظم شدته **(B)** من وضع يكون فيه سطح الملف **عموديا** على خطوط المجال الى وضع يكون فيه سطح الملف **موازيا** لخطوط المجال خلال **0.2s** . احسب شدة المجال **(B)** إذا كان متوسط القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف تساوي **2V**

$$\Delta V_{ind} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -NAB\cdot\frac{\cos\theta_2-\cos\theta_1}{\Delta t}$$

$$2 = -300\times0.02\times B\times\frac{\cos90-\cos0}{0.2}$$

$$B = 0.07T$$

سؤال (4)

ملف دائري عدد لفاته 200 لفة نصف قطره 0.04m موضوع في مجال مغناطيسي منتظم شدته 0.2T ومستواه يعامد المجال . سُحب الملف من طرفيه بحيث نقصت مساحته الى الربع فكان متوسط القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف يساوي 1.5V احسب الزمن المستغرق لإنقاص مساحة الملف ؟

B r N θ=0 Δt Vind

هنا تغير مساحة

احسب المساحة A1

$A_1 = \pi r^2 = \pi (0.04)^2 = 0.005 m^2$

أوجد المساحة A2 وهي تمثل ربع المساحة الأولى

$A_2 = \frac{1}{4} A_1$

$= \frac{1}{4}(0.005)$

$= 0.00125 m^2$

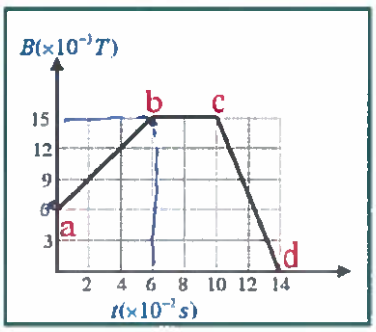
$\Delta V_{ind} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

$1.5 = -NB\cos\theta \cdot \frac{A_2 - A_1}{\Delta t}$

$1.5 = -200 \times 0.2 \times \frac{0.00125 - 0.005}{\Delta t}$

$\Delta t = 0.1 \quad (s)$

سؤال (5)



ملف مساحته $0.04m^2$ وعدد لفاته 150 لفة ومستواه يعامد مجال مغناطيسي متغير وفق الخط البياني الموضح في الشكل احسب متوسط القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف في كل مرحلة من مراحل التغير ؟

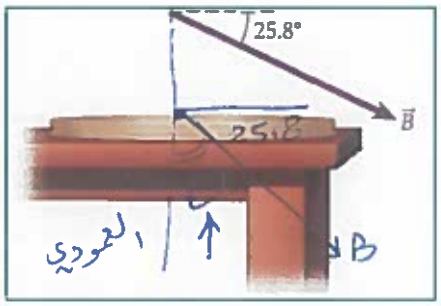
ميل الخط

$V_{ind} = -NA\left(\frac{dB}{dt}\right)$ a→b

$= -150 \times 0.04 \times \frac{(15-6)\times 10^{-3}}{(6-0)\times 10^{-2}} = -0.9V$

ΔV_{ind} b→c $= -150 \times 0.04 \times 0 = 0V$ الميل = صفر

V_{ind} c→d $= -150 \times 0.04 \times \frac{(0-15)\times 10^{-3}}{(14-10)\times 10^{-2}} = 2.25V$



يوضع ملف سلكي دائري يتكون من 20 لفة ونصف قطره 40.0cm في وضع مسطح على سطح منضدة أفقية كما في الشكل . يوجد مجال مغناطيسي منتظم يمتد فوق الطاولة باكملها مقداره 5.0T وبالاتجاه الموضح على الشكل ما مقدار التدفق المغناطيسي المار عبر الملف ؟

$r = 40 \times 10^{-2} m$ N B Φ

$\Phi = BA\cos\theta$

$= 5 \times 10.05 \cos(90 - 25.8^\circ)$

$= 21.9 \ wb$

$A = (\pi r^2) \times N$

مساحة سطح القرص $= \pi (40\times 10^{-2})^2 \times 20$

$= 10.05 m^2$

MR Osama Alnahawi

9.29 عندما يتم ايقاف تشغيل مغناطيس في التصوير بالرنين المغناطيسي فجأة . يقال إن المغناطيس **تم إخماده** يمكن حدوث الإخماد في أقل من **20.0s** . بفرض أنه تم إخماد مغناطيس ذي مجال مغناطيسي أولي قدره **1.20T** في زمن قدره **20.0s** والمجال النهائي **يساوي صفر** . بموجب هذه الشروط كم يبلغ متوسط فرق الجهد المستحث حول حلقة توصيل نصف قطرها **1.0cm** متعامدة مع المجال ؟

$B_2 = 0$ ، Δt ، B_1 ، تغير زمني في المجال ، $\theta = 0$ ، $r \times 10^{-2}$ ، $N = 1$ ، V_{ind}

$$V_{ind} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -NA\frac{\Delta B}{\Delta t} = -N\pi r^2 \cdot \frac{B_2 - B_1}{\Delta t}$$

$$= -1 \times \pi (1\times10^{-2})^2 \times \frac{0 - 1.20}{20} = 1.89 \times 10^{-5}\ V$$

9.30 يحتوي ملف مكون من **8** لفات على حلقات **مربعة** يبلغ طول ضلعها **0.200m** ومقاومتها **3.0Ω** . يوضع في مجال مغناطيسي يصنع زاوية قدرها **40.0°** **مع مستوى الحلقة** . يختلف المجال مع الوقت وفق المعادلة $B = 1.50\,t^3$ حيث يقاس t بالثانية و B بوحدة تسلا . ما مقدار التيار المستحث في الملف عندما يكون $t = 2.00s$ ؟

R ، ℓ ، N ، $\theta = 90 - 40 = 50°$ ، تغير مع الزمن ← مشتقة

$$V_{ind} = -N\frac{d\Phi}{dt} = -NA\cos\theta\left(\frac{dB}{dt}\right)$$ مشتقة

$$= -8(0.2\times0.2)\cos 50 \times (3\times1.5t^2)$$

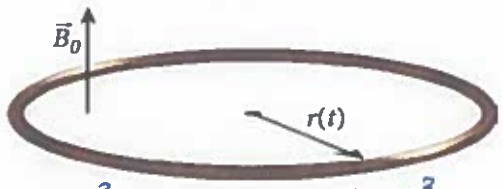
$$= -8\times0.2\times0.2\cos50\times3\times1.5(2)^2$$

$$= 3.69\ V$$

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

مرحظه الزاويه مع الحلقه وليس مع العمودي لذلك $90 - 40 = 50°$

تتوسع حلقة توصيل دائرية مرنة بمعدل ثابت بمرور الزمن بحيث يُحدد نصف قطرها بواسطة $r(t) = r_0 + vt$ حيث $r_0 = 0.100\ m$ و $v = 0.0150\ m/s$ الحلقة لها مقاومة ثابتة تبلغ $R = 12.0\ \Omega$ وتوضع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره $B_0 = 0.750\ T$ عمودياً على مستوى الحلقة كما هو موضح في الشكل .



احسب **مقدار و اتجاه** التيار المستحث **(i)** عند $t = 5.00\ s$

$$A = \pi r^2 = \pi(r_0 + vt)^2$$

$\frac{dA}{dt}$ (مشتقة سلسلة)

$$\frac{dA}{dt} = 2\pi(r_0 + vt)^1 \times v$$

$$= 2\pi(0.1 + 0.015\times5)0.015$$

$$= 0.0165\ m^2$$

$$V_{ind} = -N\frac{d\Phi}{dt} = -NB\frac{dA}{dt} = -1\times0.750\times0.0165 = -0.0124$$

$$i = \frac{V_{ind}}{R} = \frac{|-0.0124|}{12} = 0.001A$$

$1.03\times10^{-3}A$

$1.03mA$

9.31 حلقة معدنية مساحتها **0.100m2** موضوعة في وضع **مُسطح على الأرض** يوجد مجال مغناطيسي منتظم يشير نحو **الغرب** يبلغ المقدار الأولي للمجال **0.123T** **ينخفض بثبات** ليصل الى **0.075T** خلال فترة تبلغ **0.579s** . أوجد فرق الجهد المستحث في الحلقة خلال هذا الوقت ؟

A

الزاويه θ بين المجال والعمود على الحلقه $= 90°$

$$V_{ind} = -NA\underbrace{\cos\theta}_{\cos90}\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0\ V$$

MR Osama Alnahawi
MR Osama Alnahawi

9.3 قانون لينز

نص القانون :

سيكون للتيار المُستحث اتجاه بحيث يكون المجال المغناطيسي الناتج عن التيار المستحث **مقاوماً للتغير** في التدفق المغناطيسي .

قواعد مهمة مفيدة للحل :

1) تحديد نوع التدفق (زيادة أو نقصان أم ثبات) .

2) a) عند **زيادة التدفق** :ينشأ **قطب مشابه** مقابل القطب المؤثر (ينشأ **مجال معاكس** للمجال الأصلي).

b) عند **نقصان التدفق** :ينشأ **قطب مخالف** مقابل القطب المؤثر (ينشأ **مجال بنفس اتجاه** المجال الأصلي).

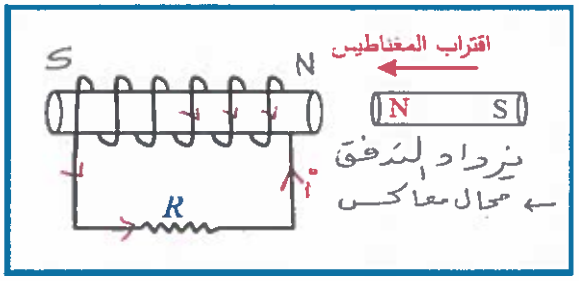
حفظ

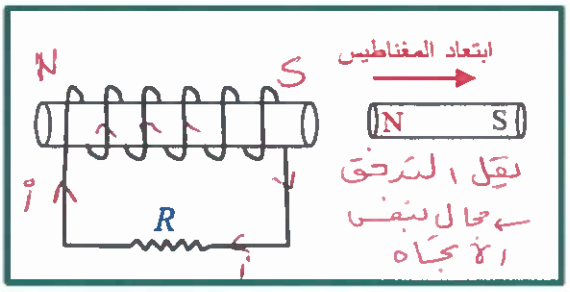
c) عند بقاء **التدفق ثابتاً: لا يتولد تيار** مستحث .

3) تطبيق قاعدة **قبضة اليد اليمنى** (الابهام مع القطب الشمالي فتكون التفاف الاصابع باتجاه التيار المستحث) .

تدريبات متنوعة على قانون لنز:

تدريب (1) حدد على الشكلين التاليين اتجاه التيار المستحث المار في المقاومة (R) .

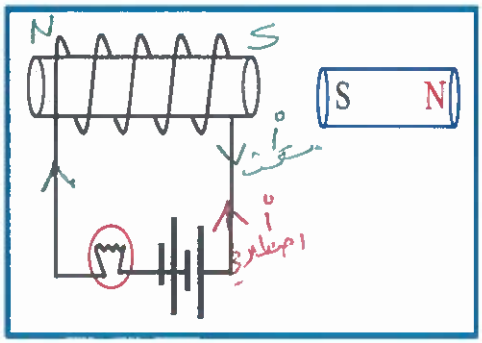




تدريب (2) ماذا يحدث لسطوع المصباح في الحالات التالية مع ذكر السبب :

a) عند حركة المغناطيس **باتجاه** الملف بسرعة ثابتة ؟

b) عند حركة المغناطيس **بعيداً عن** الملف بسرعة ثابتة ؟



a) أولاً نحدد إتجاه الاصطناعي للبطارية
وعند اقتراب المغناطيس يزداد التدفق
فينتج مجال معاكس وينتج تيار مستحث معاكس للاصطناعي
فينقل سرعة تأثره (يقل السطوع ثم يعود كما كان)

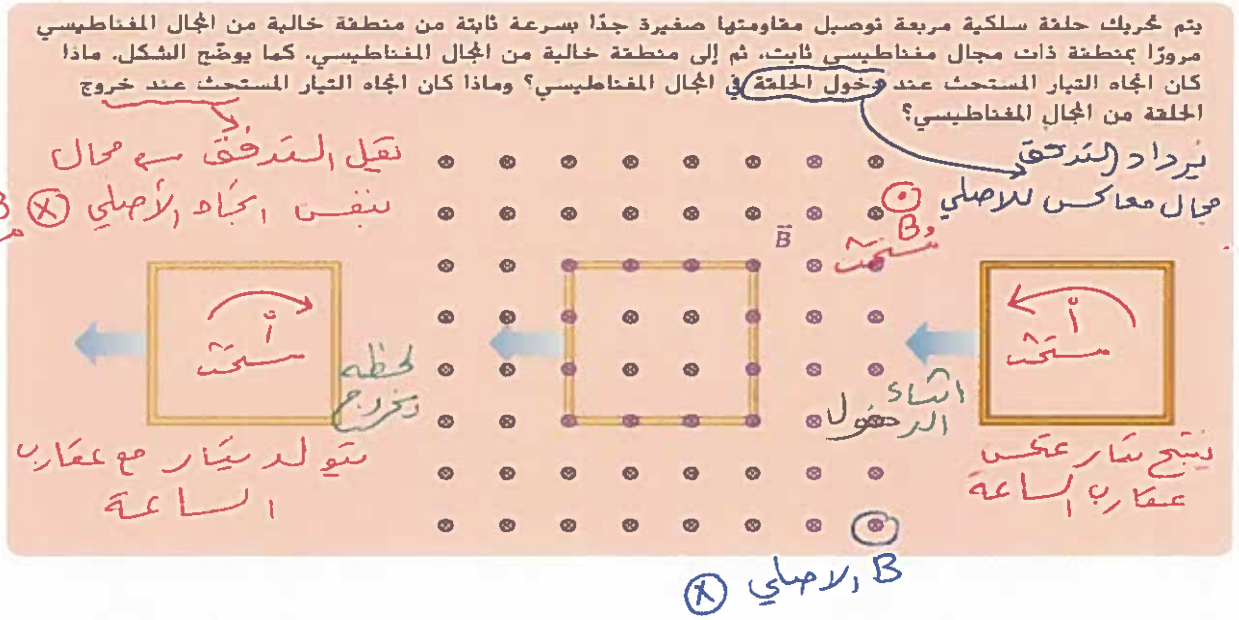
MR Osama Alnahawi

* ملاحظة : التيار المستحث لحظي ومقداره صغير

MR Osama Alnahawi
MR Osama Alnahawi

سؤال الاختبار الذاتي 9.2

يتم تحريك حلقة سلكية مربعة نوصيل 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؟



التيارات الدوامية المُستحثة

الصفيحة المُصمتة : عند دخولها المجال المغناطيسي وحسب قانون لنز يتولد تيار مستحث فيها لمقاومة التغير في التدفق فينتج مجالاً مغناطيسياً مستحثاً يقاوم المجال الخارجي .فتتفاعل المجالات المستحثة مع المجال الخارجي لايقاف البندول .

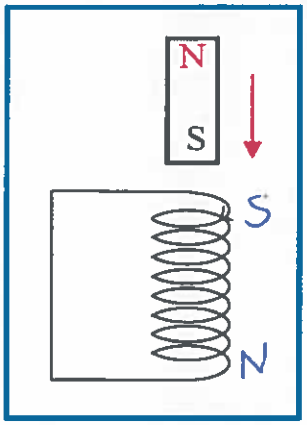
تعمل **التيارات الدوامية المستحثة القوية** على تحويل طاقة البندول الحركية الى حرارة .

الصفيحة المشقوقة : يتم **تقسيم التيارات الداومية** المستحثة بواسطة الشقوق فتتباطأ حركتها قليلاً

تعمل **التيارات الدوامية المستحثة الأصغر** الى تباطؤ في حركة الصفيحة المشقوقة الى أن يتم إيقافها في النهاية .

MR Osama Alnahawi

تدريب (1) تم إسقاط مغناطيس قوي داخل ملف حلزوني رأسي طويل كما في الشكل :



a) هل يؤدي ذلك الى توليد تيار مستحث في الملف . ولماذا ؟

b) كيف يؤثر التيار المستحث في حركة المغناطيس (يُسرع أم يبطىء) ولماذا ؟

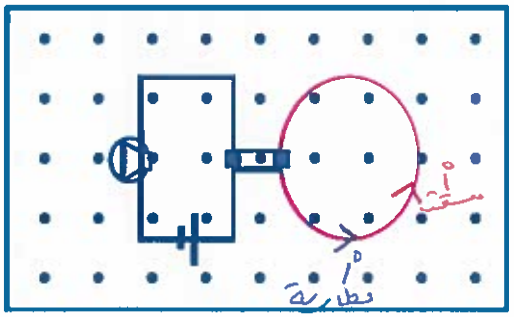
c) هل يسقط المغناطيس بعجلة السقوط الحر نفسها أم باقل منها أو بأكبر منها ؟

a) نعم ، بسبب زيادة التدفق و ينتج مجال معاكس للأصلي فيتولد تيار مستحث

b) يُبطئ بسبب تكوين مجال مغناطيسي معاكس (قوة تنافر S-S)

c) أقل من عجلة السقوط الحر بسبب قوة التنافر بينهما (S-S)

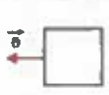
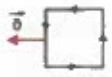
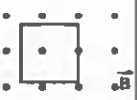
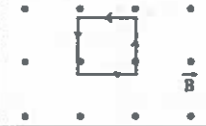
تدريب (2) حلقة دائرية موصلة قابلة للإتساع والتضييق تتصل بمصباح كهربائي وضعت داخل مجال مغناطيسي كما في الشكل .



صف ما يحدث لسطوع المصباح عند تضييق الحلقة .

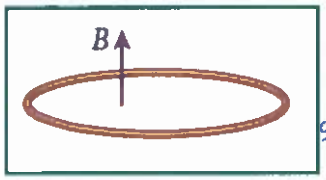
فسر إجابتك ؟ ستقل الإضاءة ثم تعود كما كانت عند نقصان المساحة ← يقل التدفق فينتج مجال بنفس الاتجاه الأصلي ⊙ فتتولد تيار مستحث عكس عقارب الساعة وبنفس اتجاه تيار البطارية فتزيد الإضاءة .

تدريب (3) في الشكل المجاور حالات مختلفة لتحديد اتجاه التيار المستحث .

الحالة	قبل	بعد
1) إدخال حلقة إلى منطقة مجال مغناطيسي		يزداد التدفق
2) إخراج حلقة من منطقة مجال مغناطيسي		
3) تدوير حلقة في مجال مغناطيسي		
4) انقاص شدة المجال المغناطيسي		

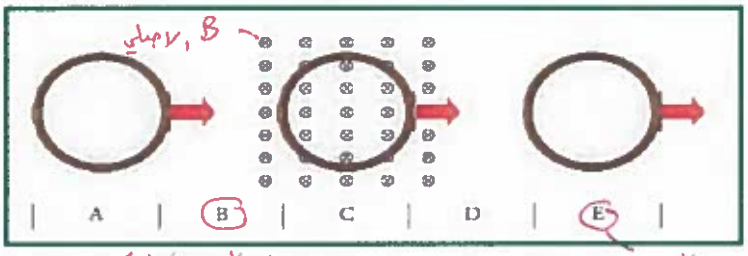
MR Osama Alnahawi

تدريب (4) تشهد حلقة سلكية دائرية حقلاً مغناطيسياً (مجال) متزايداً في الاتجاه إلى **الأعلى** . كما هو موضح في الشكل . حدد اتجاه التيار المُستحث في الحلقة ؟



مجال مغناطيسي متزايد ← زيادة في التدفق ← مجال مغناطيسي معاكس للأصلي ↓B مستحث وحسب قاعدة اليد اليمنى ينتج تيار مع عقارب الساعة .

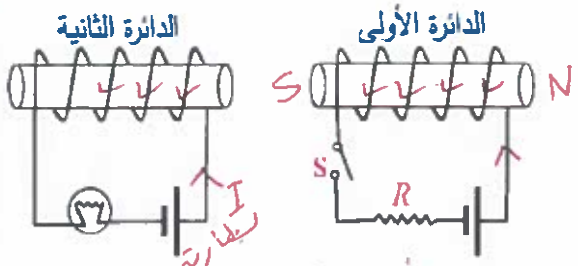
تدريب (5) تتحرك حلقة توصيل من اليسار الى اليمين عبر مجال مغناطيسي منتظم . كما في الشكل . في أي منطقة (مناطق) يوجد تيار مستحث في الحلقة ؟ حدد اتجاه التيار المستحث في تلك المناطق



لحظة دخول الحلقة يزداد التدفق ← مجال معاكس للأصلي ⊙ B مستحث ← تيار عكس عقارب الساعة

لحظة خروج الحلقة تقل التدفق ← مجال بنفس اتجاه الأصلي ⊗ B مستحث تيار مع عقارب الساعة .

تدريب (6) ماذا يحدث لسطوع المصباح في الحالات التالية :



1) عند غلق المفتاح (S) .

2) عند زيادة قيمة المقاومة (R) .

3) عند فتح المفتاح (S) .

السؤال عن سطوع المصباح في الدائرة الثانية لذلك سنعتبر الدائرة الأولى مغناطيس كهربائي ونحدد أقطابه ونحدد اتجاه تيار البطارية في الدائرة الثانية .

1) عند غلق المفتاح (S) سيزداد التدفق وينشأ تيار معاكس في الدائرة الثانية فإنقل السطوع ثم يعود كما كان))

2) عند زيادة المقاومة تقل التيار فيقل التدفق فينشأ تيار بنفس الاتجاه في الدائرة الثانية فيزيد السطوع ثم يعود كما كان

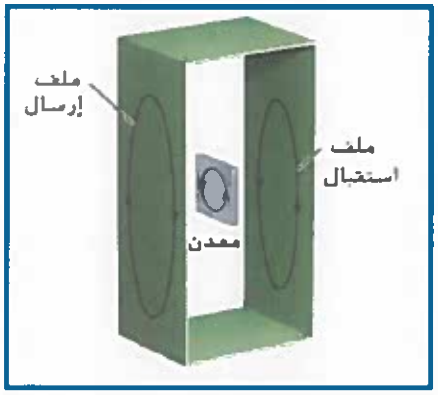
3) عند فتح المفتاح تقل التدفق فينشأ تيار بنفس الاتجاه فيزيد السطوع ثم يعود كما كان

MR Osama Alnahawi

جهاز كشف الفلزات (الحث النبضي)

a) يُستعمل في المطارات لكشف المعادن مع المسافرين b) يستعمل في التحكم باشارات المرور .

التركيب : يتكون من ملف ارسال وملف استقبال كما هو موضح بالشكل .

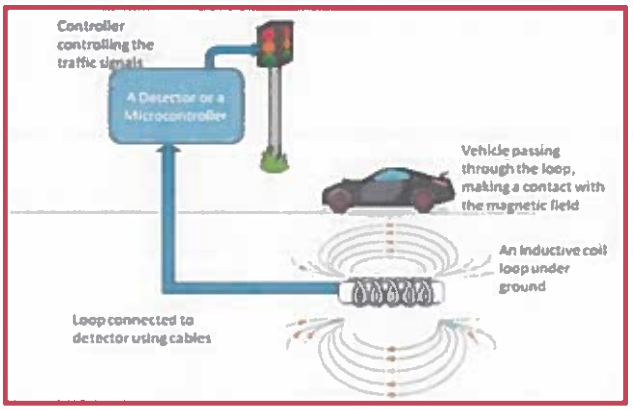


مبدأ العمل :

1. يتم تمرير تيار متردد في ملف الإرسال فينتج مجالاً مغناطيسياً وعند زيادة وانخفاض المجال المغناطيسي يتولد تياراً مستحثاً في ملف الاستقبال لمقاومة التغير في التدفق .
2. يتم قياس التيار المستحث في ملف الاستقبال بوجود الهواء بين الملفين .
3. عند تواجد جسم فلزي بين الملفين يُستحث تيار في الجسم الفلزي على شكل تيارات دوامية لمقاومة التغير في التدفق مما يسبب انخفاض التيار المار في ملف الاستقبال . والذي يعتبر دليلاً على وجود جسم معدني مع المُسافر .

مبدأ عمل إشارات المرور

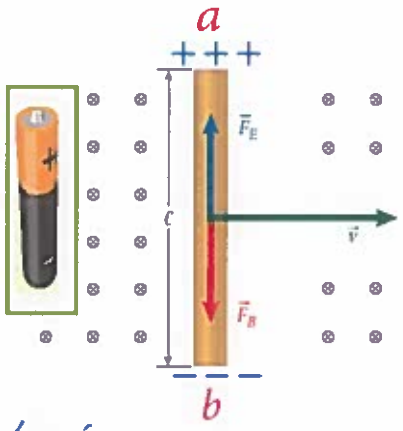
1. يتم وضع حلقة سلكية مستطيلة تعمل كمرسل ومستقبل في سطح الطريق يتم قياس التيار الحثي في المستقبل بدون وجود اجسام معدنية كالسيارات بالقرب من الملفات .
2. يتم تمرير نبضة من التيار الذي يستحث التيارات الدوامية عند مرور اي سيارة على الطريق (فلز) فينتج تياراً مستحثاً قيمته مختلفة عن التيار الاصلي دلالة على وجود سيارة مما يحفز إشارة المرور على التحول للون الأخضر بعد فترة زمنية معينة .



MR Osama Alnahawi

فرق الجهد المُستحث المؤثر في سلك مستقيم متحرك داخل مجال مغناطيسي

لنفترض وجود سلك طوله (ℓ) ويتحرك بسرعة متجهه ثابتة $\vec{v}$ عمودياً على مجال مغناطيسي ثابت $\vec{B}$ كما في الشكل .



- تعمل القوة المغناطيسية وحسب **قاعدة كف اليد اليمنى**

(قاعدة رقم 1) على تجميع الشحنات الموجبة اصطلاحاً في الطرف (a) وتتجمع الشحنات السالبة عند (b) بشكل يشبة البطارية .

1. مما **يولد مجالاً كهربائياً** وقوة كهربائية معاكسة للقوة المغناطيسية المؤثرة على الالكترون بحيث ينتجان محصلة قوى = صفر

$$F_B = evB = F_E = eE \quad \text{ومنها} \quad E = vB$$

2. **توليد فرق جهد** بين الطرفين يسمى القوة الدافعة الكهربائية الحثية

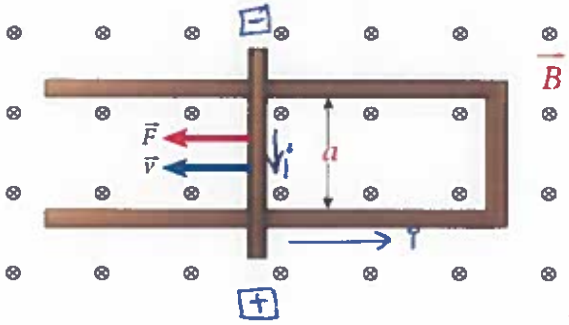
$$\boxed{\Delta V_{ind} = v\ell B}$$

مثال : أطلق مكوك فضائي قمراً صناعياً مربوطاً بسلك طوله **20km** ثم تم توجيه السلك عمودياً على المجال المغناطيسي للأرض $B=5.1\times10^{-5}T$ وكان المكوك يسافر بسرعة **7.6km/s** . كم يبلغ فرق الجهد المستحث بين طرفي السلك ؟

$$V_{ind} = B\ell v$$
$$= 5.1\times10^{-5} \times 20\times10^{3} \times 7.6\times10^{3}$$
$$= 7752\ V$$

MR Osama Alnahawi

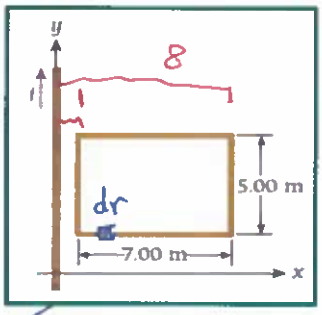
مثال : سُحب موصل مستقيم أفقياً بقوة ثابتة قدرها F=5.00N على طول مجرى يتكون من سلك على شكل حرف U ويبعد طرفا السلك عن بعضهما مسافة a = 0.50m ولا يحدث أي إحتكاك بين الموصل والمجرى .يتجه مجال مغناطيسي منتظم مقداره B = 0.50T الى داخل الصفحة . ويتحرك الموصل بسرعة ثابتة v = 5.0m/s



أوجد مقدار فرق الجهد المستحث في الدائرة التي يشكلها الموصل والمجرى خلال حركة الموصل ؟

$$\Delta V_{ind} = B l V$$
$$= 0.5 \times 0.5 \times 5$$
$$= 1.25\ V$$

9.41 يتحرك سلك طويل مستقيم على المحور Y ، يحمل السلك تياراً في اتجاه y الموجب الذي يتغير كدالة زمن وفق t (0.300A/s) + i=2.00A توجد حلقة سلكية في المستوى xy بالقرب من المحور y أبعاد الحلقة هي 5.00m و7.00m وتبعد عن السلك مسافة 1.00m كم يبلغ فرق الجهد المستحث في الحلقة السلكية عند t=10.0s ؟



N=1

$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$ وضاغ من سلك

r متغيره من 1 ← 8

$i = 2 + 0.3t$

$\frac{di}{dt} = 0.3$

$\Phi = B A \cos\theta$

$= B \cos\theta \int_1^8 5\, dr$

$= \frac{\mu_0 i}{2\pi} \int_1^8 \frac{5}{r} dr = \frac{5\mu_0 i}{2\pi} \int_1^8 \frac{1}{r} dr$ ln8 - ln1

$\Phi = \frac{5\mu_0 i}{2\pi} \ln 8$

$V_{ind} = -N \frac{d\Phi}{dt} = -N \times \frac{5\mu_0 \ln 8}{2\pi} \frac{di}{dt}$

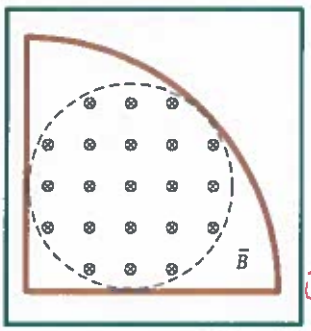
$= -1 \times 5 \times \frac{4\pi \times 10^{-7} \ln 8}{2\pi} \times 0.3 = 6.24 \times 10^{-7}\ V$

$\int_1^8 \frac{1}{r} dr = \ln r \Big|_1^8 = \ln 8 - \frac{\ln 1}{\text{صفر}} = \ln 8$

MR Osama Alnahawi

حلقة التوصيل في ربع الدائرة الموضحة في الشكل لها نصف قطر 10.0cm ومقاومة 0.2Ω

شدة المجال الأولي داخل الدائرة المنقطة (نصف قطرها 3.0cm) تبلغ 2.0T ثم تنخفض شدة المجال الى 1.0T خلال 2.0s أوجد مقدار و اتجاه التيار المستحث في الحلقة ؟



$V_{ind} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

$= -NA \frac{\Delta B}{\Delta t}$

$= -1 \times \pi r^2 \times \frac{B_2 - B_1}{\Delta t}$

$= -1 \times \pi (3\times10^{-2})^2 \times \frac{1-2}{2.0}$

$= 1.4\times10^{-3}\ V$

$I = \frac{V_{ind}}{R}$

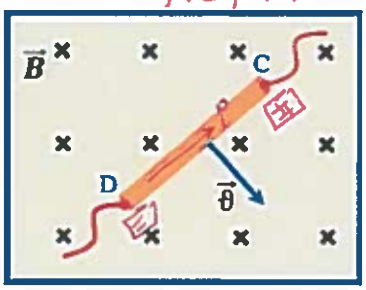
$= \frac{1.4\times10^{-3}}{0.2}$

$= 7.07\times10^{-3}\ A$

$= 7.07\ mA$

يحرك السلك المستقيم (C D) بسرعة مقدارها (2.5 m/s) في مجال مغناطيسي منتظم مقدار شدته (0.20 T) كما في الشكل المجاور . إذا كان طول السلك (0.20 m) .

احسب مقدار القوة المحركة الكهربائية المستحثة بين طرفي السلك و حدد قطبيتها .



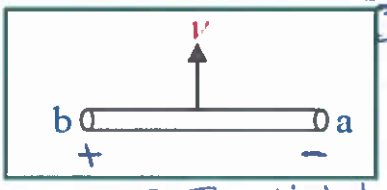
C (قطب موجب)

$emf = V_{ind} = BlV$

$= 0.2\times0.2\times2.5$

$= 0.1\ V$

يبين الشكل المجاور سلكا موصلا (ab) يعامد المجال المغناطيسي و طوله (0.2 m) يتم تحريكه بسرعة ثابتة (40 m / s) عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم فتتولد فيه قوة محركة مستحثة (0.4V) بحيث يكون جهد الطرف (b) أعلى من جهد الطرف (a) أجب عما يلي



1) حدد على الرسم اتجاه المجال المغناطيسي .

2) في أي اتجاه يمكن تحريك السلك بحيث لا تتولد فيه قوة محركة مستحثة .

3) احسب مقدار المجال المغناطيسي المؤثر على السلك .

1) بتطبيق قاعدة كف اليد اليمنى يكون المجال نحو الداخل B⊗

2) تحريك السلك موازيًا للمجال (نحو الأسفل والأعلى)

3) $V_{ind} = BlV$

$0.4 = B\times0.2\times40$

$B = 0.05\ T$

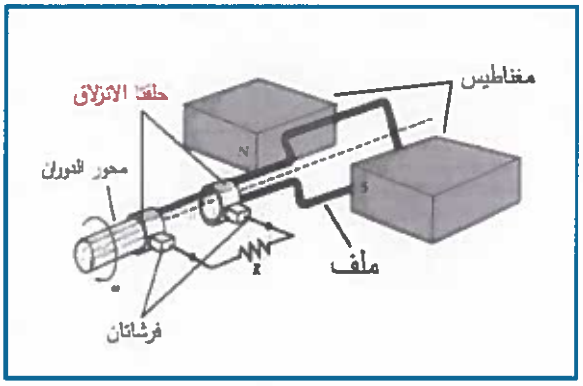
9.4 المولدات والمحركات

المولد الكهربائي : جهاز يحول الطاقة **الميكانيكية** الى طاقة **كهربائية** .

المحرك الكهربائي : جهاز يحول الطاقة **الكهربائية** الى طاقة **ميكانيكية**.

التيار المتردد (AC) هو تيار متغير المقدار والاتجاه بمرور الزمن بين قمم موجبة وسالبة .

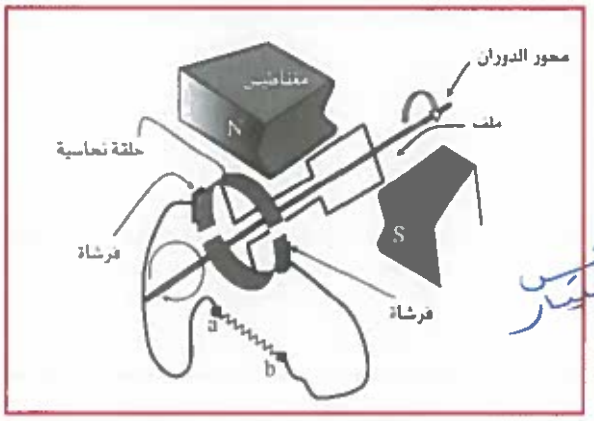
مبدأ العمل : للمولد الكهربائي



عند دوران الملف أو المغناطيس تتغير الزاوية فيتغير التدفق فيتولد في الملف قوة دافعة كهربائية مستحثة emf . وبالتالي تيار كهربائي متردد مستحث

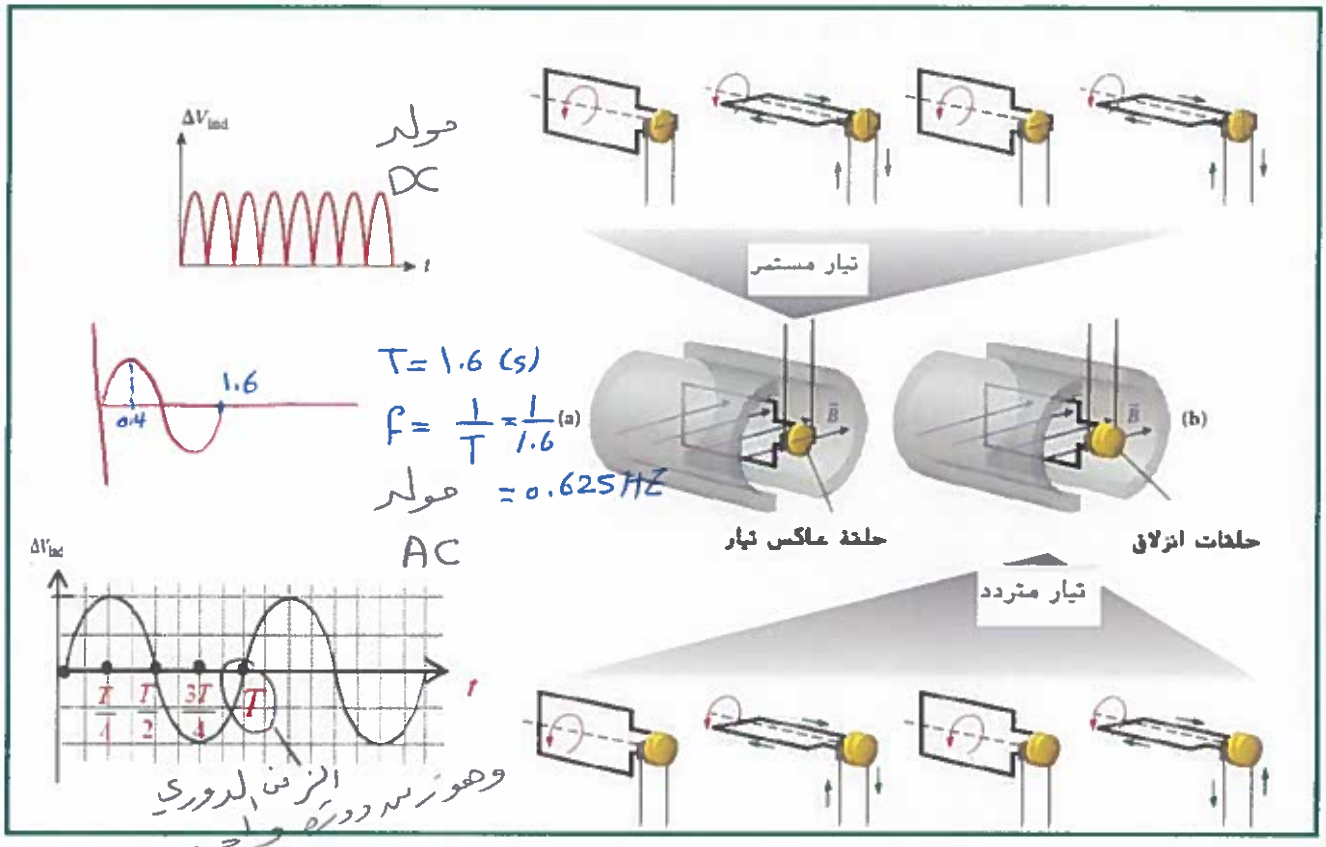
- ويمكن تدوير الملف بعدة طرق منها التوربين البخاري أو محرك الاحتراق أو الطاقة النووية .

- يمكن الحصول على **تيار مستمر (DC)** باستبدال حلقتي الانزلاق بحلقة واحدة مقسومة الى نصفين معزولين تسمى **المقوم** . ويسمى التيار الناتج بالتيار النبضي حيث تتغير شدته كدالة جيبية واتجاهه ثابت.



❖ يمكن استخدام الاجهزة السابقة **كمحركات** عبر توفير تيار للحلقة فينتج طاقة ميكانيكية (حركية)

MR Osama Alnahawi



سؤال الاختبار الذاتي 9.4

يعمل مولد من خلال تدوير ملف عدد لفاته N لفة في مجال مغناطيسي ثابت مقداره B بتردد f. ومقاومة الملف R ومساحة مقطعه العرضي A. حدّد ما إذا كانت كل عبارة من العبارات التالية صوابًا أم خطأً.

a) يتضاعف متوسط فرق الجهد المستحث إذا تضاعف التردد f.

b) يتضاعف متوسط فرق الجهد المستحث إذا تضاعفت المقاومة R.

c) يتضاعف متوسط فرق الجهد المستحث إذا تضاعف مقدار المجال المغناطيسي B.

d) يتضاعف متوسط فرق الجهد المستحث إذا تضاعفت المساحة A.

$$\Phi(t) = BA\cos(\omega t)$$

$$\Delta V_{ind} = -\frac{d\Phi}{dt} = \omega BA\sin(\omega t)$$

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

سرعة زاوية ← تردد زاوي

زمن دوري ← زمن اللازم لاتمام دورة كاملة

الكبح بالتوليد المعاكس : عند استخدام المكابح في السيارات العادية تتحول الطاقة الحركية الى حرارية ضائعة في الجو .

أما في المركبات الهجينة تتصل المكابح بمحرك كهربائي يشحن بطارية السيارة حيث يعمل كمولد حيث يستردجزء من الطاقة الحركية للسيارة في أثناء الكبح تستخدم لاحقاً لتحريك السيارة مما يرفع كفاءتها .

حسب المعادلة

$V_{ind} = \omega BA\sin\omega t$

$= 2\pi fBA\sin\omega t$

MR Osama Alnahawi

9.43 يتكون مولد بسيط من حلقة تدور داخل مجال مغناطيسي ثابت . إذا كانت الحلقة تدور بتردد f فإنه يمكن تحديد التدفق المغناطيسي بواسطة $\Phi(t) = BA\cos(2\pi ft)$ إذا كان B=1.0T و $A=1.00m^2$ فكم يجب أن تكون قيمة f حتى يصبح الحد الأقصى لفرق الجهد المستحث 110V

← $\theta = 90°$ ← $\sin\theta = 1$ ← يعني أن

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

$\sin(2\pi ft) = 1$ (أكبر ما يمكن) ← الحد الأقصى

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

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

$$f = \frac{110}{2\pi} = 17.5\ HZ$$

9.5 المجال الكهربائي المستحث

إذا افترضنا وجود شحنة موجبة q تتحرك في مسار دائري نصف قطره r في مجال كهربائي ثابت E (خطوطه دائرية وأن الشحنة تتحرك بطول احد هذة الخطوط وخلال لفة واحدة من الشحنة) فان الشغل المبذول على الشحنة يساوي

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

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

$E = \frac{\Delta V_{ind}}{2\pi r}$ ← محيط المسار الدائري

فنحصل على نتيجة وهي $\Delta V_{ind} = 2\pi rE$

يمكن تعميم هذة النتيجة باعتبار ان 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 $\oint \vec{E}\cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$

وتنص هذة المعادلة على أن التدفق المغناطيسي المتغير يستحث مجالاً كهربائياً ويمكن تطبيق هذة المعادلة على أي مسار مغلق حتى ولو لم يوجد موصل في المسار .

MR Osama Alnahawi

9.6 حث الملف اللولبي

عند دراستنا للملف اللولبي سابقاً وجدنا أن المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي يحسب من العلاقة $B=\mu_0 ni$ و $B=\frac{\mu_0 iN}{L}$ والذي يعني بصورة مبسطة أن التدفق الكلي يتناسب مع التيار $\Phi_B=\iint \vec{B}\cdot d\vec{A}$

ويمكننا التعبير عن هذا التناسب على النحو التالي : $N\Phi_B = Li$ *

حيث (L) ثابت يسمى معامل الحث ويمثل (التدفق الكلي الناتج عن ملف لولبي لكل وحدة تيار) ووحدته هنري (H)

$$[L] = \frac{[\Phi_B]}{[i]} \Rightarrow 1\ \text{H} = \frac{1\ \text{T m}^2}{1\ \text{A}}$$

وعند تعويض قيمة التدفق $\Phi_B = BA\cos\theta$ واستبدال ($N=n\ell$) نجد أن $N\Phi_B = (n\ell)(BA)$

ومن ثَم يتم تحديد معامل الحث الكهربائي بواسطة $L=\frac{N\Phi_B}{i}=\frac{(n\ell)(\mu_0 ni)(A)}{i}$

$L = \mu_0 n^2 \ell A$

$L = \mu_0 n^2 A \ell$

* تُعد هذة المعادلة لمعامل الحث لملف لولبي جيدة للملفات الطويلة لأن تاثيرات الحافة عند نهاية الملف اللولبي تكون صغيرة .
* يعتمد معامل الحث على الشكل الهندسي للملف (الطول – المساحة – عدد اللفات) .
* يتضمن أي ملف لولبي حثاً لذلك يسمى محث عند استخدامه في الدوائر الكهربائية .

9.7 الحث الذاتي والحث المتبادل

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

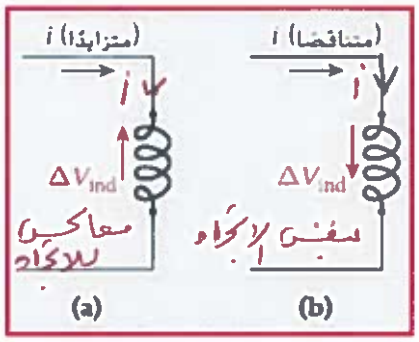
$\Delta V_{ind.} = -\frac{d(N\Phi_B)}{dt} = -\frac{d(Li)}{dt} = -L\frac{di}{dt}$

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

يعتمد فرق الجهد المستحث ذاتياً على

1. معدل تغير التيار مع الزمن
2. معامل حث الملف (L)

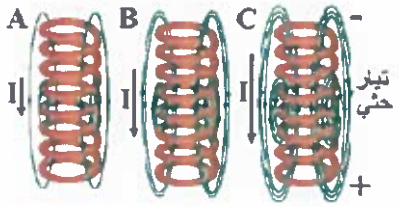
MR Osama Alnahawi



الشكل (a) تيار متدفق عبر محث **ويتزايد مع الزمن** فإن فرق الجهد المستحث ذاتياً **سيقاوم الزيادة** في التيار .

الشكل (b) تيار متدفق عبر محث **ويتناقص مع الزمن** فإن فرق الجهد المستحث ذاتياً **سيقاوم الأنخفاض** في التيار .

تفسير نشأة القوة الدافعة الكهربائية العكسية بحسب فاراداي



1- **في لحظة قفل دائرة كهربائية تحتوي على ملف**, يتزايد التيار المار في سلك الملف تدريجيا , فيتولد عنه مجال مغناطيسي متزايد , و تتزايد عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تقطع الملف, فتتولد في الملف قوة دافعة كهربائية عكسية لتقاوم نمو التيار, وبالتالي تزيد الفترة الزمنية التي يستغرقها التيار ليصل الى نهايته العظمى.

2- **بعد فترة طويلة نسبيا من قفل الدائرة** تصبح قيمة التيار ثابتة, وبالتالي يصبح المجال المغناطيسي ثابتا, وتكون قيمة القوة الدافعة الكهربائية صفرا.

3- **في لحظة فتح الدائرة الكهربائية** يقل التيار بسرعة حتى يصل الى الصفر, وهذا يؤدي لتلاشي المجال المغناطيسي, فيتغير المحدل الزمني الذي تتقاطع فيه خطوط المجال مع اللفات, فتتولد في الملف قوة دافعة كهربائية حثية طردية تعمل على منع النقصان في المجال والتيار وزيادة الفترة الزمنية التي يستغرقها التيار حتى ينعدم.
وتسمى هذه القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك الذي يحمل تيار متغيرا " الحث الذاتي".

معلومات اثرائية

للتخلص من الحث الذاتي للملف ، يمكن لف الأسلاك لفا مزدوجا, وبالتالي يكون اتجاه التيار في أحد الفرعين مضاد لاتجاهه في الفرع الآخر, فيلغي مجاليهما المغناطيسي بعضهما الآخر وينعدم الحث الذاتي للملف . وهذا ما يتم عمله في "المقاومات الحيارية".

الحث المتبادل : ينتج التيار المتغير في الملف الأول تدفقاً مغناطيسياً في الملف الثاني .

يُنتج التيار المار في الملف 1 مجالاً مغناطيسياً $\overrightarrow{B1}$ والتدفق الكلي في الملف 2 الناتجة عن المجال المغناطيسي في الملف 1 هي $N_2\Phi_{1\to2}$ ويعرف معامل الحث المتبادل $M_{1\to2}$ للملف 2 الناتج عن الملف 1 بـ $M_{1\to2}=\frac{N_2\Phi_{1\to2}}{i_1}$ ويمكن كتابة فرق الجهد المستحث $\Delta V_{ind,2}=-M_{1\to2}\frac{di_1}{dt}$

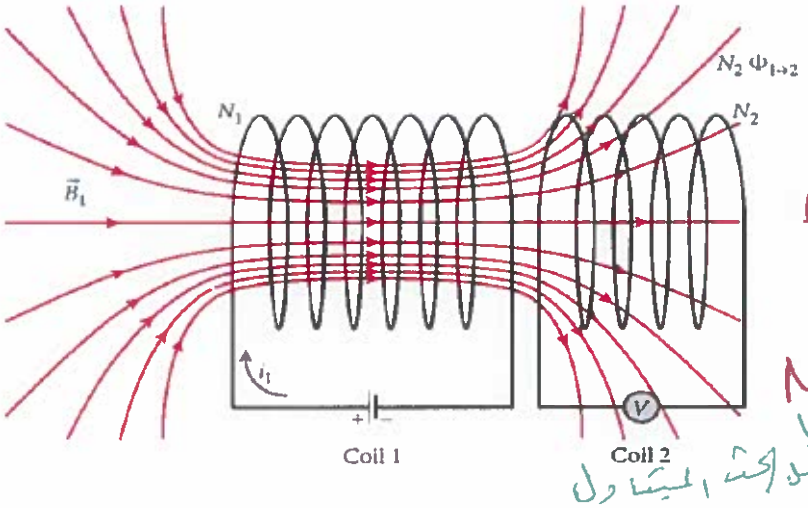
وبنفس الطريقة سيكون فرق الجهد المستحث من الملف 2 على الملف 1 $\Delta V_{ind,1}=-M_{2\to1}\frac{di_2}{dt}$

وإذا كان $M_{1\to2}=M_{2\to1}=M$ فيمكن اعادة كتابة معادلة الحث المتبادل على النحو الآتي :

MR Osama Alnahawi

$$\Delta V_{ind,1} = -M\frac{di_2}{dt} \qquad \Delta V_{ind,2} = -M\frac{di_1}{dt}$$

حيث M هو **معامل الحث المتبادل** بين الملفين ووحدة قياسه هي **هنري H**

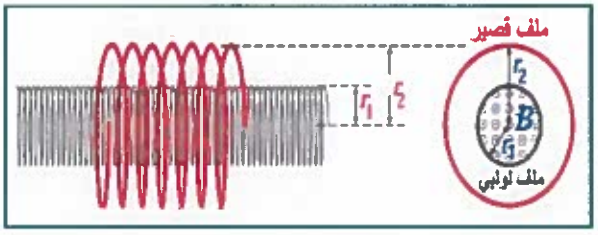


$$\Delta V_{ind} = -M\frac{di}{dt}$$

$$M = \frac{N_2\Phi_1}{i_1}$$

معامل الحث المتبادل

ملف لولبي طويل ذو مقطع عرضي دائري نصف قطره (r_1=2.8cm) و (n=90 لفة /cm) داخل ملف قصير يتضمن مقطعاً عرضياً دائرياً نصف قطره (r_2=4.9cm) و (N=31 لفة) ومتحد معه في المحور.



كم يبلغ فرق الجهد المستحث في الملف القصير عندما يتغير التيار بمعدل ثابت من (صفر الى 2.2A) خلال زم (t=48.0ms)

$$n_1 = \frac{\text{لفة}90}{1\,cm} = \frac{90}{1\times10^{-2}} = 9000\ \text{لفة/m}$$

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

يلزم حساب M

$$M = \frac{N_2\Phi_1}{i_1}$$

$$= \frac{31\times(\mu_0 n_1^2)(\pi r_1^2)}{1} \quad (BA)$$

$$= 31\times4\pi\times10^{-7}\times9000\times\pi(2.8\times10^{-2})^2$$

$$= 8.64\times10^{-4}\ H$$

$$= 8.64\times10^{-4}\times\frac{2-0}{48\times10^{-3}}$$

$$= 0.04\ V$$

9.8 دوائر الحث والمقاوم (RL)

هذا الدرس 9.8 محذوف وهو للمطالعة الذاتية

9.9 الطاقة وكثافة الطاقة لمجال مغناطيسي

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

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

$$U_B = \frac{1}{2}Li^2 = \frac{1}{2}\mu_0 n^2 \ell A i^2$$

يشغل المجال المغناطيسي الحجم الذي يتضمنه الملف اللولبي والذي يمكن تحديده من (ℓA) ومن ثم تكون كثافة الطاقة u_B هي :

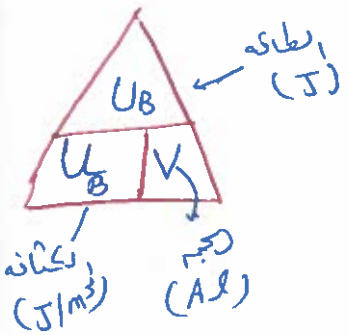
كثافة u_B = طاقة / حجم = U_B / حجم

$$u_B = \frac{1}{2}\mu_0 n^2 i^2$$

وإذا قمنا باستبدال ($B = \mu_0 ni$) للملف اللولبي نحصل على تعبير أبسط لكثافة طاقة المجال المغناطيسي لملف لولبي على الشكل .

كثافة $u_B = U_B / \ell A$ (الحجم)

$$u_B = \frac{1}{2\mu_0}B^2$$



ملاحظة : يمكن استخدام هذة المعادلة **لكل انواع الملفات** .

مراجعة المفاهيم 9.8

ملف لولبي طويل ذو مقطع عرضي دائري نصف قطره $r = 8.10\ cm$. وطوله $\ell = 0.540\ m$. وعدد لفاته $n = 2.00 \times 10^4$ لفة /m. يختزن الملف اللولبي طاقة قدرها 42.5 mJ عندما يحمل تيارًا i. فإذا تضاعف التيار إلى $2i$. فإن الطاقة المختزنة في الملف اللولبي

a) تقل بمعامل قدره 4.

b) تقل بمعامل قدره 2.

c) تظل كما هي.

d) تزيد بمعامل قدره 2.

e) تزيد بمعامل قدره 4.

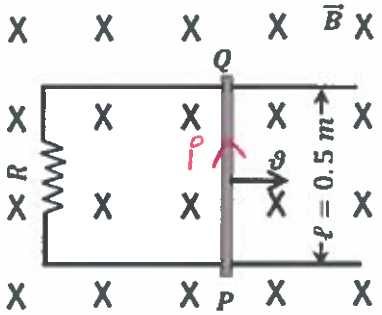
$U_B = \frac{1}{2}Li^2$ ← $(\times 2)^2$ ← 4 مرات

MR Osama Alnahawi

تدريبات عامة

تدريب (1)

* إذا وُضعت الدائرة المبينة جانباً في مجال مغناطيسي مُنتظم شدته (0.15 T) واتجاهه إلى داخل الصفحة، إذا حُرِّك الموصل (PQ) بسرعة ثابتة نحو اليمين مقدارها (2 m/s)، مُعتمداً على البيانات بالشكل أجب عن الفقرتين (1، 2):



1- حدد على الرسم اتجاة التيار المستحث المار في المقاوم.

2- أوجد مقدار القوة المحركة الكهربائية المستحثة في الدائرة.

$\Delta V_{ind} = BLV$

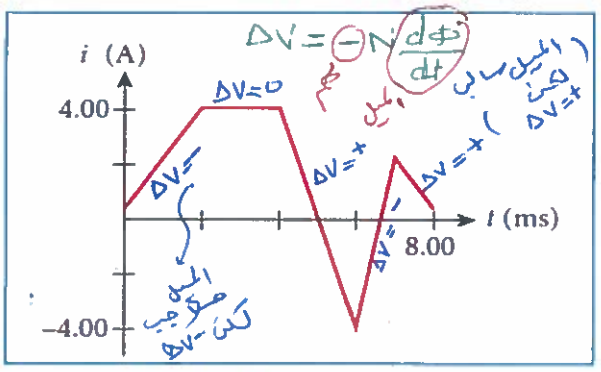
$= 0.15 \times 0.5 \times 2$

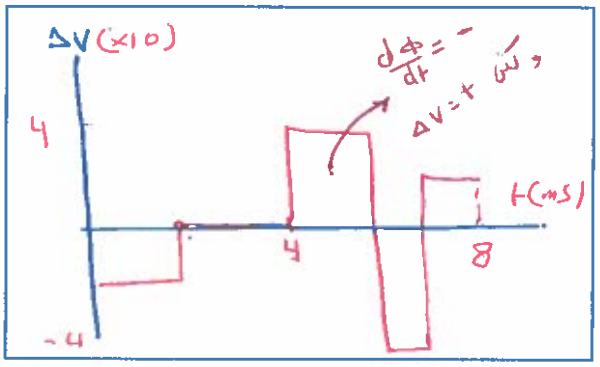
$= 0.15\ V$

تدريب (2)

يوضح الشكل التيار المار خلال محث حثه 10.0mH خلال فترة زمنية قدرها 8.0ms .

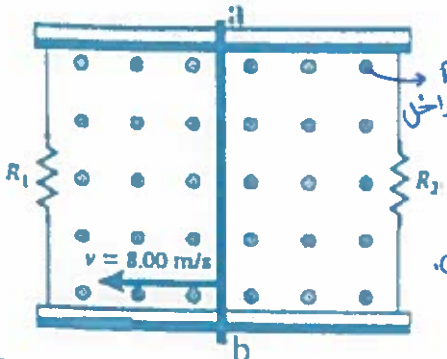
ارسم رسما بيانيا يوضح فرق الجهد المستحث ذاتيا $\Delta V_{ind,L}$ لمحث خلال الفترة الزمنية ذاتها .





تدريب (3)

سلك مستقيم (ab) طوله (50cm) يتزلق بسرعة (8.0m/s) كما في الشكل ،يؤثر على السلك مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.1T) ، إذا علمت أن (R_1=100Ω) , (R_2=200Ω)



1) احسب شدة التيار المار في السلك (ab) وحدد اتجاهه.

2) احسب القوة اللازمة لتحريك السلك بسرعة ثابتة (8.0m/s).

1) $\Delta V_{ind} = BLV = 0.1 \times 0.5 \times 8$

$= 0.4\ V$

$R_{eq} = \left(\frac{1}{100} + \frac{1}{200}\right)^{-1} = 66.7\ \Omega$

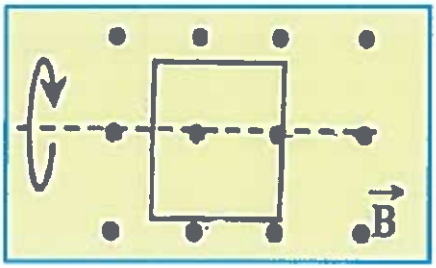
$i = \frac{\Delta V}{R} = \frac{0.4}{66.7} = 6.0 \times 10^{-3}\ A$

$F_B = iLB \sin\theta$

$= 6 \times 10^{-3} \times 0.5 \times 0.1$

$\approx 3 \times 10^{-4}\ N.$

MR Osama Alnahawi



تدريب (4) حلقة دائرية مساحتها $(0.5m^2)$ موضوعة عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم (0.3T) بدأت الحلقة بالدوران بسرعة زاوية ثابتة $(\omega = 15Hz)$ كما في الشكل ، احسب فرق الجهد المستحث في الحلقة عندما تكون الزاوية بين المجال ومستوى الحلقة 35°

$90-35 = 55^\circ$

θ متغيرة أثناء الدوران لذلك

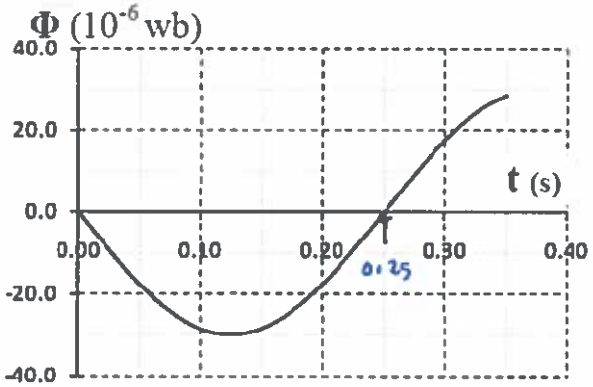
$$\Delta V_{ind} = -NAB\frac{d\cos\theta}{dt}$$

$$= NAB\sin\theta\frac{d\theta}{dt}$$ ($\frac{d\theta}{dt}$ مشتقة زاوية $= \omega$)

$$= 1\times0.5\times0.3\sin55\times15$$

$$= 1.8\ V$$

تدريب (5) يدور ملف مكوّن من (250) لفة بسرعة زاوية ثابتة في مجال مغناطيسي منتظم اتجاهه عمودي على محور الدوران. مثّلت تغيّرات التدفق المغناطيسي الذي يجتاز سطح الملف مع الزمن خلال فترة زمنيّة فكانت كما في الشكل المجاور.



جد القيمة العظمى للقوة المحركة الكهربائيّة المتولدة في الملف.

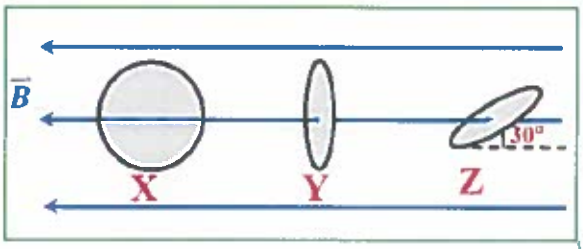
$$\Delta V_{ind} = NAB\omega\sin\omega t$$ (القيمة العظمى $\Leftarrow \sin\omega t = 1$)

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2\times0.25}$$

$$= 250\times(3\times10^{-6})\times\frac{2\pi}{2\times0.25}$$

$$= 0.0947\ V$$

تدريب (6) : يُظهر الشكل المجاور ثلاث حلقات نحاسية متماثلة (X ، Y ، Z) في مجال مغناطيسي منتظم.



اعتمادا على الشكل

1- فسر انعدام التدفق المغناطيسي الذي يجتاز سطح الحلقة (X).

اتجاه المجال المغناطيسي يوازي سطح الحلقة $\theta = 90$

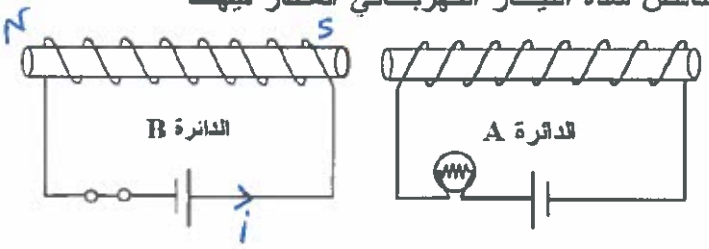
$\Phi = BA\cos90 = 0$

2- جد نسبة التدفق المغناطيسي الذي يجتاز سطح الحلقة Y إلى التدفق المغناطيسي الذي يجتاز سطح الحلقة Z.

$$\frac{\Phi_Y}{\Phi_Z} = \frac{BA\cos\theta_Y}{BA\cos\theta_Z} = \frac{\cos0}{\cos60} = \frac{1}{0.5} = 2$$

MR Osama Alnahawi

تدريب (7) يبين الشكل المجاور دائرتين (A و B) متجاورتين معامل الحث المتبادل بينهما (0.12H). عندما يُفتح مفتاح الدائرة (B) تتناقص شدة التيار الكهربائي المار فيها (3.0A) إلى أن تتلاشى كليا خلال (0.30s) ويلاحظ أن درجة سطوع المصباح في الدائرة (A) تزداد لحظيا ثم تعود لما كانت عليه. أجب عن الفقرتين (1 و 2).



1- احسب متوسط القوة المحركة الكهربائية المستحثة التي تولدت في الدائرة (A).

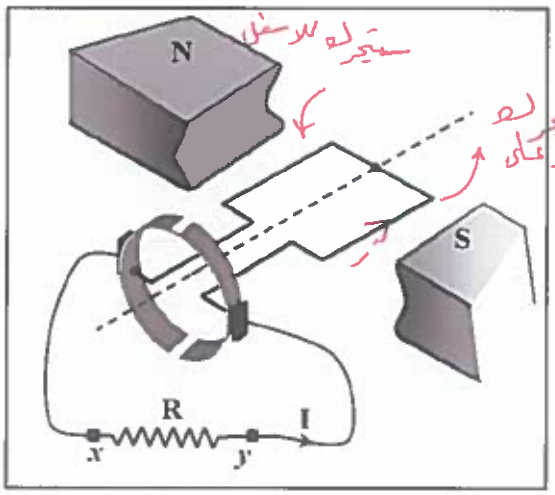
2- فسر مستخدماً قانون لينز زيادة درجة سطوع المصباح في الدائرة (A) لحظياً ثم عودتها لما كانت عليه عند فتح مفتاح الدائرة (B).

1) $\Delta V_{ind(A)} = -\frac{M \Delta i_B}{\Delta t}$

$= -0.12 \times \frac{0-3}{0.3} = 1.2V$

2) عند فتح الدائرة B تتناقص التدفق التي تولده الدائرة A فيتولد فيها تيار مستحث يقاوم النقص في التدفق بحيث يولد مجالاً حثياً له إتجاه مجال الملف B (سم ليمين يسار) وبالتالي يكون اتجاه التيار (قاعدة قبضة اليد) عكس اتجاه عقارب الساعة في A

تدريب (8) : يبين الشكل المجاور رسماً تخطيطيًا لمولد كهربائي عند لحظة معينة أثناء دوران ملفه في مجال مغناطيسي، إذا كان التيار المستحث المار في المقاوم R يتجه من x إلى y، أجب عن الفقرات (1 - 3)



1 – ما نوع التيار الكهربائي المار في المقاوم R ؟
تيار مستمر DC

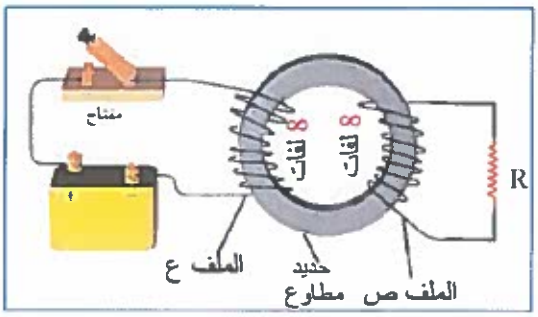
2 – في أي اتجاه بالنسبة لاتجاه دوران عقارب الساعة يدار ملف المولد ؟ عكس عقارب الساعة

3- ما التغير الذي تجريه على الجهاز ليصبح محركاً كهربائياً ؟
إضافة مصدر طاقة يعطي تيار مستمر (بطارية) يوصل مع المقاومة في دائرة الملف.

MR Osama Alnahawi

تدريب (9) لحظة غلق مفتاح دائرة الملف (ع) في الشكل المجاور يتغير التدفق المغناطيسي الذي يجتاز القلب الحديدي بمعدل (6.0×10^{-4} Wb/s +) ويتغير التيار في دائرة الملف (ع) بمعدل (15 A/s).

أجب عما يلي:



1 – حدد على الشكل اتجاه التيار المستحث المار في المقاوم R لحظة غلق مفتاح دائرة الملف (ع).

2 – احسب معامل الحث المتبادل بين دائرتي الملفين ع و ص.

1) من الأسفل الى الأعلى في المقاومة

2) $-M\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \Delta V_{ind} = -M\frac{\Delta i}{\Delta t}$

$-8\times6\times10^{-4} = -M\times15 \Rightarrow M = 3.2\times10^{-4}$ H

تدريب (10)

في الشكل المجاور حلقة نحاسية مرنه في مجال مغناطيسي منتظم.

اكتب في العمود الأول من الجدول الآتي ما يجب عليك عمله لتحقق المطلوب المذكور في العمود الثاني.

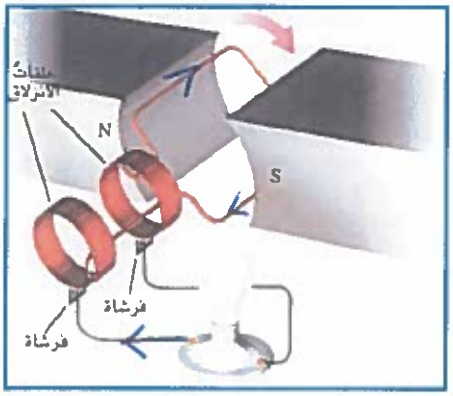
العمود الأول	المطلوب
تحريك الحلقة بأي اتجاه داخل المجال	لا يتولد في الحلقة تيار أثناء تحريكها
– انقاص شدة المجال انقاص المساحة – عكس اتجاه المجال تحريكها الى اسفل	يتولد في الحلقة تيار يدور فيها عكس عقارب الساعة
زيادة مقدار شدة المجال .	يتولد في الحلقة تيار يدور فيها مع عقارب الساعة

تدريب (11) يُبين الشكل المجاور رسماً تخطيطياً لمولد تيار كهربائي متردد.

1 – كيف يمكنك زيادة شدة اضاءة المصباح، دون تغير تركيب المولد؟ زيادة سرعة الدوران للملف

2 – حدد على الشكل اتجاه التيار المار في المصباح عند هذه اللحظة

3 – ما التعديل الذي يجب ادخاله على تركيب المولد لتحويله لمولد تيار مستمر؟ استبدال الحلقتين بحلقة معدنية نصفين .



MR Osama Alnahawi

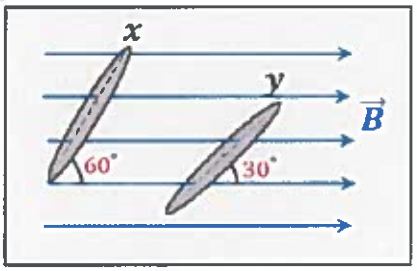
تدريب (12) ملف مولد كهربائي عدد لفاته (500 لفة) ومساحة كل لفة ($4.0 \times 10^{-4}\ m^2$) يدور في مجال مغناطيسي منتظم مقدار شدته (0. 20T) فيتولد فيه قوة محركة كهربائية مستحثة قيمتها الفعالة (15V) احسب السرعة الزاوية لدوران الملف.

$$V_{ind} = NBA\omega \sin\omega t$$

$$15 = 0.2 \times (4\times10^{-4} \times 500) \times \omega$$

$$\omega = 375\ rad/s$$

تدريب (13)



يُظهر الشكل المجاور حلقتين متماثلتين (x و y) يجتازهما مجال مغناطيسي منتظم

ما مقدار النسبة $\frac{(\Phi_B)_y}{(\Phi_B)_x}$ ؟

$$\frac{\Phi_{By}}{\Phi_{Bx}} = \frac{BA\cos\theta_y}{BA\cos\theta_x}$$

$$= \frac{\cos\theta_y}{\cos\theta_x} = \frac{\cos 60}{\cos 30} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

تدريب (14) ملف لولبي هوائي النواة طول محوره (0.20m) ومعامل حثه الذاتي ($1.0\times10^{-4}H$) وعدد لفاته 200 لفة (1) احسب مساحة مقطع الملف ؟

$$L = \frac{\mu N^2 A}{\ell}$$

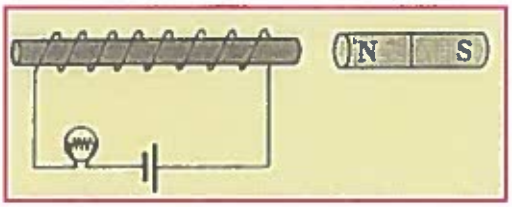
$$A = \frac{L\ell}{\mu N^2} = \frac{1\times10^{-4}\times0.2}{4\pi\times10^{-7}\times(200)^2} = 4\times10^{-4}\ m^2$$

2) احسب التدفق المغناطيسي الذي يجتاز سطح كل لفة من لفات الملف عندما يمر فيه تيار مستمر شدته (2.5A)

$$N\Phi_B = Li$$

$$\Phi_B = \frac{Li}{N} = \frac{1\times10^{-4}\times2.5}{200} = 1.25\times10^{-4}\ Wb$$

تدريب (15) يُبين الشكل المجاور ملفاً حلزونياً قلبه من الحديد يتصل مع مصباح كهربائي وبطارية وبالقرب منه مغناطيس قوي .أكتب طريقتين يمكنك من خلالها أن تزيد من درجة سطوع المصباح لحظياً دون أن تُغير البطارية أو الملف.



1- تحريك أحدهما مقتربا من الآخر 2- سحب القلب الحديدي

3- إبعاد لفات الملف عن بعضها 4- تغيير اتجاه أو إطالة المغناطيس

MR Osama Alnahawi
MR Osama Alnahawi

تدريب (16)

اختر أنسب تكملة لكل من الآتي، ثم ضع في المربع أمامها إشارة (✓).

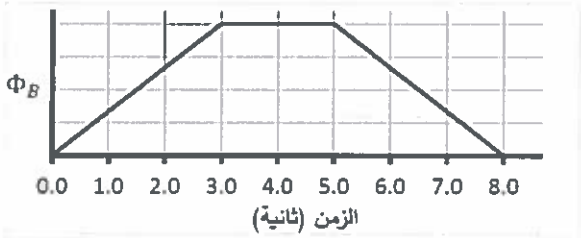
1) اعتماداً على الشكل المجاور (أ)، يتولّد في الملف تيار كهربائي مستحث بالاتجاه الذي يبينه الجلفانومتر في الشكل (ب) أثناء:

- ☐ تقريب المغناطيس من الملف
- ☑ ابعاد المغناطيس عن الملف
- ☐ تقريب الملف من المغناطيس
- ☐ تحريك الملف والمغناطيس للأسفل بالسرعة نفسها

2) لأي ملف دائري مكوّن من عدة لفات موضوع في مجال مغناطيسي منتظم، أيّ من الآتي لا يؤدي إلى زيادة التدفق المغناطيسي عبر مقطع الملف؟

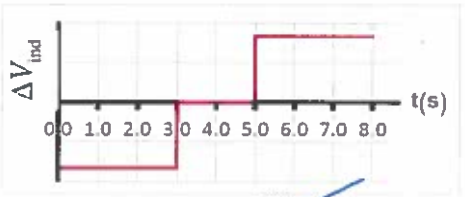
- ☐ زيادة شدة المجال المغناطيسي
- ☐ زيادة قطر مقطع الملف
- ☑ زيادة عدد لفات الملف
- ☐ زيادة مساحة مقطع الملف

3 – الرسم المجاور يبين تغيرات التدفق المغناطيسي الذي يجتاز دائرة مغلقة كدالة في الزمن ، فأي الرسوم البيانية الآتية تُعبر بشكل صحيح تغيرات القوة الدافعة المستحثة في الدائرة؟

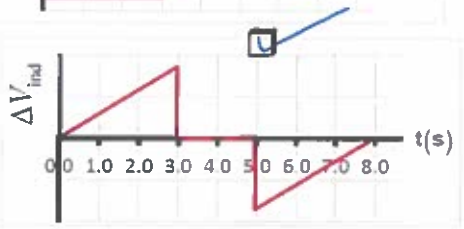


☐

☐



☐

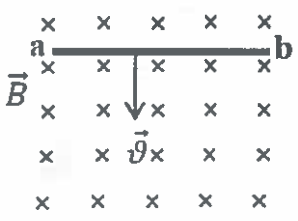


☑

4 – ملف حلزوني طويل جداً معامل حثه الذاتي (L). إذا قطع الملف إلى جزأين متساويين في الطول، فما مقدار معامل الحث الذاتي لكل جزء؟

- ☐ $4L$
- ☐ $2L$
- ☑ $\frac{L}{2}$
- ☐ $\frac{L}{4}$

5– أي مما يلي صحيح عند حركة الموصل a b بسرعة ثابتة ϑ في الشكل المجاور؟



- ☐ يعمل الموصل كبطارية ويكون الطرف a قطبا موجبا والطرف b قطبا سالبا
- ☑ يعمل الموصل كبطارية ويكون الطرف b قطبا موجبا والطرف a قطبا سالبا
- ☐ يمر تيار كهربائي مستحث من الطرف a إلى الطرف b.
- ☐ يمر تيار كهربائي مستحث من الطرف b إلى الطرف a .

MR Osama Alnahawi