12 متقدم

فيزياء 2023/24

النسخة العربية

الوحدة 9

الحث الكهرومغناطيسي

إعداد الأستاذ علاء الفقيه

Manasra Academy

Manasra Academy

الوحدة 9

الحث الكهرومغناطيسي

Unit 9

Electromagnetic induction

نظام برنامج الفصل الثالث

1. حصص مسجلة لشرح المادة كاملة بالفيديو
2. حصص مسجلة لمراجعة الهيكل وأسئلة السنوات السابقة
3. التواصل مع الأستاذ مباشرة عن طريق الواتساب للإجابة عن الأسئلة والاستفسارات
4. دعم فني للموقع 24/7

Third Trimester Program

1. Recorded classes to explain the entire material on video
2. Recorded classes to review EoT3 and previous years' questions
3. Communicate with the teacher directly via WhatsApp to answer questions
4. Technical support for the website 24/7

تقديم واعداد الأستاذ: علاء الفقيه

+971 50 821 0248

https://www.manasra.academy

الوحدة التاسعة :الحث الكهرومغناطيسي

تمهيد:

في الفصل السابق درسنا توليد مجال مغناطيسي من تيار كهربائي وسندرس في هذا الفصل توليد تيار كهربائي من مجال مغناطيسي بواسطة ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي.

ويقصد بظاهرة الحث الكهرومغناطيسي : توليد تيار كهربائي حثي في ملف بواسطة تغير التدفق المغناطيسي عبره.

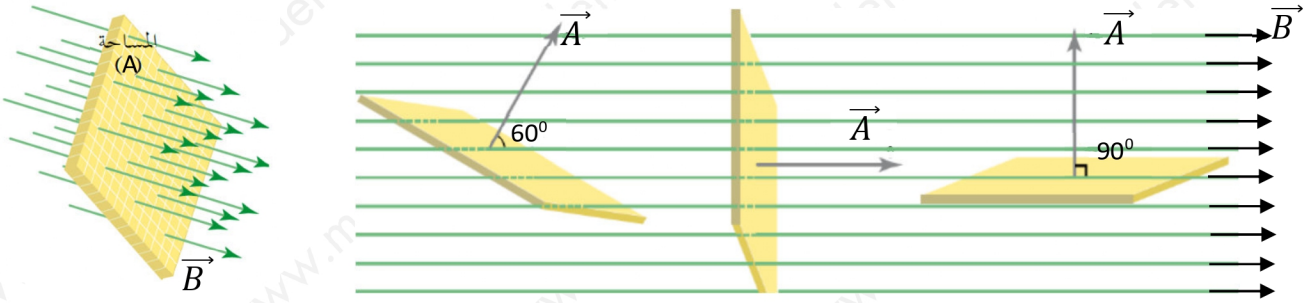
التدفق المغناطيسي:

هو عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تعبر (تخترق) سطحا بشكل عمودي ويعبر عنه بالعلاقة:

$$\Phi_B = BA\cos\theta$$

Φ_B : التدفق المغناطيسي (كمية قياسية). θ : هي الزاوية بين المجال المغناطيسي ومتجه المساحة.

$\vec{A}$: متجه المساحة (متجه مقداره يساوي مساحة السطح واتجاهه عمودي عليه خارج منه).

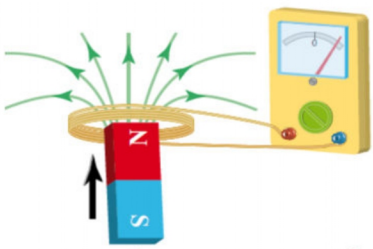


ووحدة قياس التدفق المغناطيسي هو ويبر حيث :

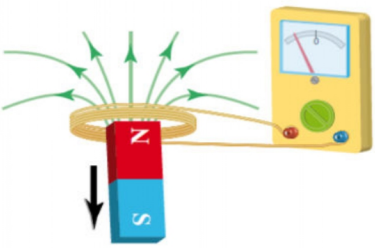
$T\ m^2 = Wb$، وهو كمية قياسية.

الويبر : هو التدفق المغناطيسي عبر وحدة المساحة من سطح يُخترق عمودياً بمجال مغناطيسي مقداره (1) تسلا

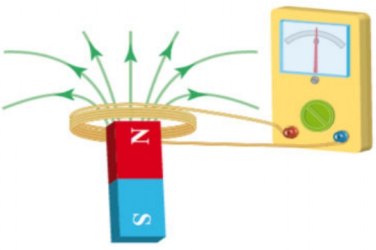
في الأشكال التالية مغناطيس مستقيم وملف دائري يتصل بجهاز غلفانوميتر قادر على قياس التيارات الكهربائية الصغيرة ونلاحظ في الاشكال ما يلي :



(أ) حركة المغناطيس مقتربًا من الملف.
يقترب المغناطيس من الملف فيحدث تغير في التدفق المغناطيسي عبر الملف (يزداد) فيتحرك مؤشر الغلفانوميتر مما يدل على توليد تيار كهربائي



(ب) حركة المغناطيس مبتعدًا عن الملف.
يبتعد المغناطيس عن الملف فيحدث تغير في التدفق المغناطيسي عبر الملف(يقل) فيتولد تيار كهربائي ولكن مؤشر الغلفانوميتر ينحرف في اتجاه معاكس مما يعني ان اتجاه التيار انعكس

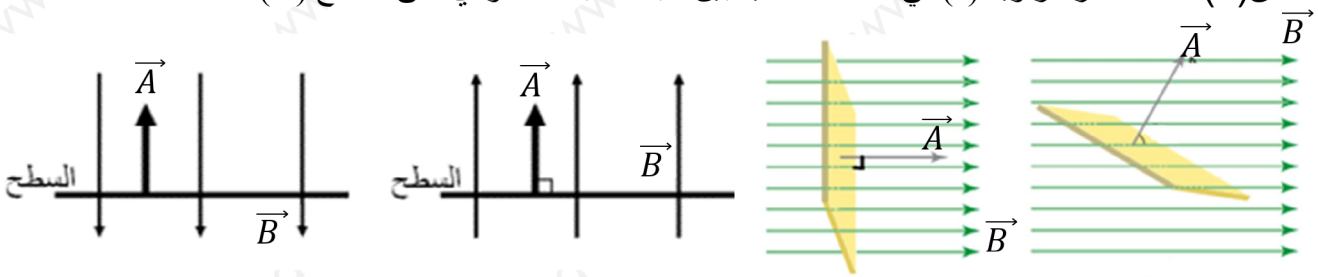


(جـ) المغناطيس والملف ساكنان.
يبقى المغناطيس ساكناً فلا يحدث تغير في التدفق عبر الملف فلا يتحرك مؤشر الغلفانوميتر مما يعني عدم تولد تيار كهربائي

ملاحظات :

1- اذا ثبتنا المغناطيس وحركنا الملف نحصل على نفس النتائج.
2- كلما كان عدد لفات الملف اكبر زاد التيار الكهربائي المتولد. وايضا اذا زادت سرعة حركة المغناطيس يزداد التيار.
3- اتجاه حركه المغناطيس سواء مقتربا او مبتعدا يولد تيار كهربائي لان المهم هو حدوث تغير في التدفق المغناطيسي سواء زياده او نقصان.
4- التيار الكهربائي الناتج يسمى التيار الحثي.
5- التدفق يكون موجب اذا كانت خطوط المجال خارجه من السطح لان الزاويه تكون صفر و $\cos 0 = 1$
6- التدفق سالب اذا كانت خطوط المجال داخلة الى السطح لان الزاوية تكون 180 و $\cos 180 = -1$

س(1): حدد مقدار الزاوية (θ) في الحالات التالية بين اتجاه المجال العمودي على السطح (A):

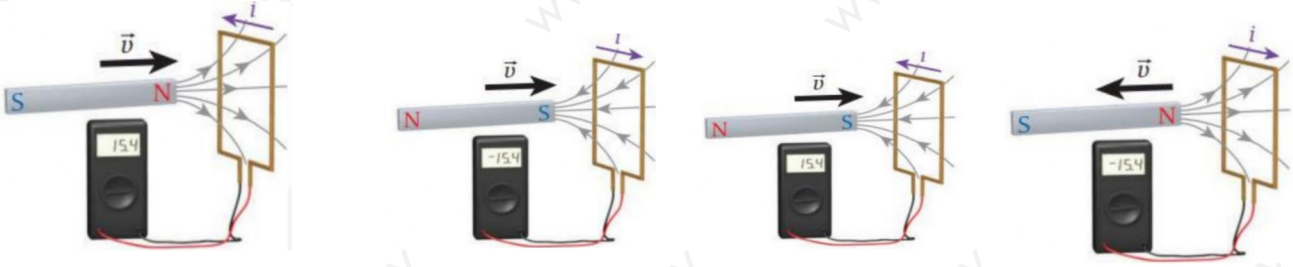


إذا ذكر السؤال 1- المجال مواز للعمودي على السطح $\theta=0$ 2- المجال عمودي على السطح $\theta=0$

3- المجال عمودي على العمودي $\theta=90$ 4- المجال مواز للسطح $\theta=90$

س(2) :

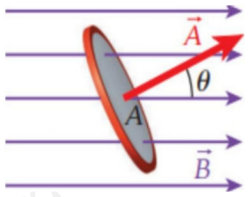
أي من الأشكال التالية غير صحيح استنادا لتجارب فاراداي؟



س(3) : احسب التدفق المغناطيسي عبر سطح مساحته ($0.2\ m^2$) مغمور في مجال مغناطيسي مقداره (0.4) تسلا اذا كان متجه المساحة :

1-عمودي على اتجاه المجال 2- منطبقاً على اتجاه المجال 3- يصنع زاوية (60) مع المجال 4- يصنع زاوية (135) مع المجال

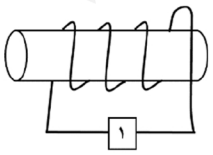
س(4) : اعتمادا على الشكل , عند أي زاوية ستكون قيمة التدفق المغناطيسي (0.5 A B)



a- 90 b- 60 c- 30 d- 0

التغير في التدفق المغناطيسي $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$

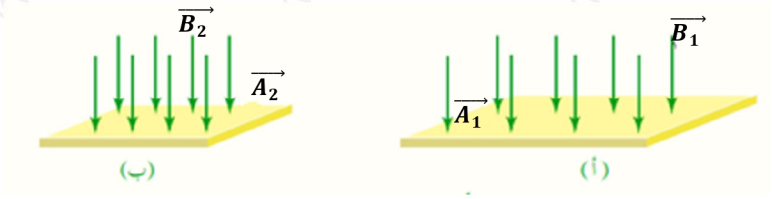
من العلاقة : $\Phi_B = BA\cos\theta$ فإننا نحصل على تغير في التدفق المغناطيسي$\Delta\Phi$ اذا تغير المجال او تغيرت المساحة او تغيرت الزاوية بين $\vec{A}$ و $\vec{B}$.



ويكون $\Delta\Phi$ =
- $\Delta B\, A\cos\theta$ بسبب تغيير المجال المغناطيسي .
- $B\,\Delta A\cos\theta$ بسبب تغيير مساحة السطح.
- $BA\Delta\cos\theta$ بسبب تغيير الزاوية .

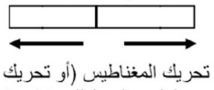
س(4) مجال مغناطيسي مقداره (5) تسلا يؤثر في سطح مساحته ($6m^2$) موازياً لمتجه المساحة ، إذا أصبحت شدة المجال المغناطيسي عليه (10) تسلا، فأحسب التغير في التدفق.

س(5) قارن بين مقدار المجال المغناطيسي في السطحين والتدفق المغناطيسي عليهما في الشكلين أ ،ب :



قانون فارادي في الحث الكهرومغناطيسي :

- اكتشف العالمان (فارادي) و(هنري) بتجارب منفصله إمكانيه توليد تيار كهربائي عن طريق تغيير التدفق المغناطيسي($\Delta\Phi$) وذلك بتغيير(B أو A أو $\cos\vartheta$).
- عند تحريك مغناطيس بالقرب من ملف لولبي موصول مع (غلفانوميتر) فإن المؤشر له يتحرك وهذا يدل على نشوء تيار في الملف.
- عند ثبات المغناطيس عند الملف يتوقف المؤشر أي يتوقف التيار.
- عند تحريك المغناطيس بالاتجاه الآخر، ينتج تيار معاكس للتيار الأول(بالاتجاه)
- عند تحريك المغناطيس بشكل سريع يتحرك مؤشر الغلفانوميتر بشكل اكبر (تيار اكبر) أي يعتمد مقدار التيار على الزمن (عكسياً).


تحريك المغناطيس (أو تحريك الملف بالنسبة للمغناطيس)

- عند تحريك المغناطيس يتغير التدفق فيتولد (قوه دافعه كهربائية حثيه *emf*) وبالتالي (تيار كهربائي حثي) وتسمى هذه الظاهره (الحث الكهرومغناطيسي).

ملاحظة: قانون جاوس للمجالات المغناطيسية

تكامل التدفق المغناطيسي عبر سطح مغلق يساوي صفر.

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

قانون فارادي: أن (متوسط القوة الدافعة الحثية) المتولدة في ملف يتناسب طردياً مع (المعدل الزمني للتغير في التدفق المغناطيسي الذي يخترقه).

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

ويعبر عن قانون فارادي بالعلاقة:

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

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

ملاحظات :

1- الاشارة السالبة في قانون فاراداي تشير الى قاعدة لنز.
2- إن القوة الدافعة الكهربائية الحثية تعتمد فقط على معدل التغير في التدفق المغناطيسي وعدد اللفات ولاتعتمد على نوع الموصل أو شكله.
3- إن تولد تيار حثي في موصل لا يعتمد على خطوط المجال المغناطيسي وإنما يعتمد على التغير في خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق الموصل زيادة او نقصاناً.
4- القوة الدافعة الكهربائية الحثية تتناسب طردياً مع التغير في التدفق عند ثبوت الزمن لهذا التغير: فعند ثبوت زمن التغير تزداد القوة الدافعة الحثية بإزدياد التغير في التدفق.
5- القوة الدافعة الكهربائية الحثية تتناسب عكسياً مع زمن تغير التدفق عند ثبوت هذا التغير في التدفق أي أنه : كلما حدث التغير في التدفق في زمن أقل كانت القوة الدافعة الحثية أكبر والعكس صحيح.

المعدل الزمني لتغير التدفق المغناطيسي

$$\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = \begin{cases} A\cos\theta\,\frac{\Delta B}{\Delta t} & \text{بسبب تغيير المجال المغناطيسي.} \\ B\cos\theta\,\frac{\Delta A}{\Delta t} & \text{بسبب تغيير مساحة السطح.} \\ \frac{BA\Delta\cos\theta}{\Delta t} & \text{بسبب تغيير الزاوية .} \end{cases}$$

*لحساب فرق الجهد المستحث ΔV_{ind} يمكن استخدام العلاقات التالية :

$= \Delta V_{ind}$

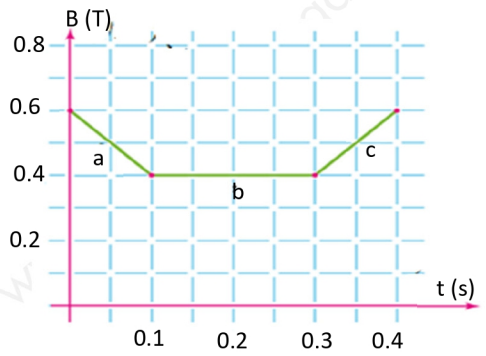
- $-A\cos\theta \frac{dB}{dt}$ بسبب تغيير المجال المغناطيسي.
- $-B\cos\theta \frac{dA}{dt}$ بسبب تغيير مساحة السطح.
- $\omega ABsin\theta$ بسبب تغيير الزاوية .(حيث ω هي السرعة الزاوية وتساوي $\frac{d\theta}{dt}$)

س(6): ملف على شكل مربع طول ضلعه (20cm) يتكون من (50) لفة ومقاومته (4Ω) ، وضع في مجال مغناطيسي منطبق مع متجه المساحة له ، إذا تغير المجال المغناطيسي تغيراً منتظماً من (صفر) إلى (2) تسلا خلال (ثانيتين) فاحسب:

1- القوة الدافعة الحثية المتولدة في ملف.
2- التيار الحثي المار في الدارة.

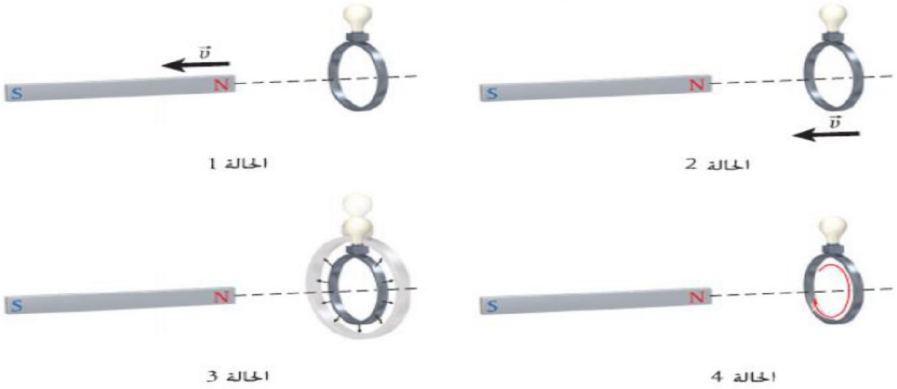
س(7): ملف عدد لفاته (100) لفة ، احسب القوة الدافعة الحثية إذا تزايد التدفق المغناطيسي بمعدل ($5wb/s$).

س(8) وفق الرسم المجاور الذي يوضح تغير المجال المغناطيسي الذي يخترق ملف دائرياً اذا علمت ان عدد لفات الملف(2000) لفة ومساحة المقطع للملف($80\ cm^2$) واتجاه المجال يوازي متجه المساحه، احسب:



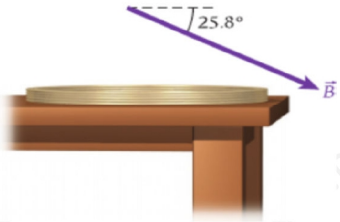
1- التغير في التدفق في الحالات(a ، b ، c).
2- متوسط القوة الدافعة الحثية في (a ، b ، c).
3- مثل بيانياً العلاقة بين (ΔV_{ind}) و(t) في الفترات (a ، b ، c).

س(9) : تبين الأشكال قضيبًا مغناطيسيًا ومصباحًا ضوئيًا منخفض الجهد متصلًا بطرفي 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- الحالة 1و2.
c- الحالة 1و2 و3.
d- الحالات 1و2 و4.
e- الحالات الأربع كلها

س(10): يوضع ملف سلكي دائري يتكون من 20 لفة ونصف قطره *40cm* في وضع مسطح على سطح منضدة أفقية ويوجد مجال مغناطيسي منتظم يمتد فوق المنضدة بأملها مقداره *5T* كما هو موضح بالشكل، احسب مقدار التدفق المغناطيسي المار عبر الملف.



س(11):عندما يتم إيقاف تشغيل مغناطيس في التصوير بالرنين المغناطيسي فجأة، يقال أن المغناطيس تم إخماده ويمكن حدوث ذلك في أقل من*20s* بفرض أنه تم إخماد مغناطيس ذي مجال أولي قدره *1.2T* في زمن قدره *20s* والمجال النهائي يساوي صفر طبقًا لهذه الشروط احسب متوسط فرق الجهد المستحث حول حلقة توصيل نصف قطرها *1cm* متعامدة مع المجال.

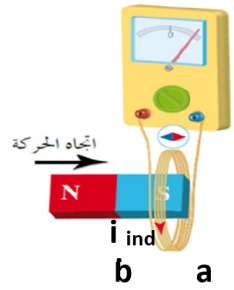
س(12): حلقة معدنية مساحتها $0.1m^2$ موضوعة في وضع مسطح على الأرض يوجد مجال مغناطيسي منتظم باتجاه الغرب كما بالشكل، ويبلغ مقداره الأولي $0.123T$ وينخفض بثبات ليصل إلى $0.075T$ خلال زمن قدره $0.579s$، احسب فرق الجهد المستحث في الحلقة خلال هذا الوقت.

س(13): يحتوي جهاز مراقبة التنفس على حلقة مرنة من سلك نحاسي تلتف حول الصدر عندما يتنفس الشخص الذي يرتديها، يزداد نصف قطرها ويقل .

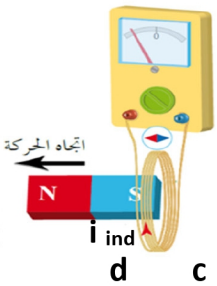
عندما يتنفس شخص موجود في المجال المغناطيسي للأرض ($B= 0.426\times10^{-4}T$) كم يبلغ متوسط التيار المار في الحلقة بفرض أن مقاومتها تبلغ 30Ω ويزداد نصف قطرها من $20cm$ إلى $25cm$ عبر زمن يبلغ $1s$، افترض أن المجال المغناطيسي متعامد على مستوى الحلقة.

قانون لينز:

- يستخدم قانون لنز لتحديد اتجاه التيار الحثي المتولد في ملف نتيجة التغير في التدفق عبره (تحديد الاقطاب على الملف N و S).
- **نص قانون لنز:** اتجاه التيار الحثي في ملف يكون، بحيث ينتج منه مجال مغناطيسي حثي يقاوم التغير في التدفق المسبب له.
- عند تقريب مغناطيس من ملف فإن التدفق المغناطيسي عبر الملف يزداد، ويقل التدفق بالابتعاد لأن التقريب يزيد من عدد خطوط المجال التي تقطع الملف وتقل بالابتعاد.
- عند التقريب يتولد تياراً حثي فينتج مجالاً مغناطيسياً حثياً داخل الملف لمقاومة الزيادة الطرف القريب من المغناطيس قطباً مشابهاً له (b تصبح جنوبي) وعليه يكون التيار الحثي الناتج في الملف حسب قاعدة اليد اليمنى (a ← غلفانوميتر ← b).



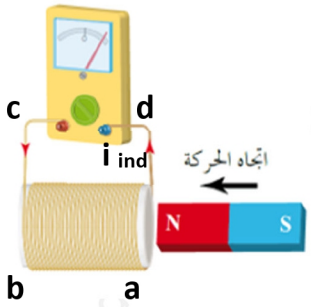
- عند الابعاد يتولد تيار حثي ينتج مجالاً مغناطيسياً حثياً لمقاومة النقصان في التدفق، فيكون الطرف القريب من المغناطيس قطباً معاكساً له (d تصبح شمالي) وعليه يكون التيار الحثي الناتج حسب قاعدة اليد اليمنى (d ← غلفانوميتر ← c) .
- عند التقريب يجب حدوث تنافر (أقطاب قريبة من بعضها متشابهة) وعند الابعاد حصول تجاذب (اقطاب قريبة من بعضها مختلفة).



- لتحديد اتجاه i_{ind}
  - الابهام مع اتجاه (B)
  - الاصابع تمثل اتجاه i_{ind}

تطبق عند أول لفة بعد تحديد القطب عليها إن كان قطب شمالي يكون الابهام خارجاً من الملف وإن كان جنوبي يكون داخلاً فيه.

س (14) حدد اتجاه (i_{ind}) في الحالات التالية :



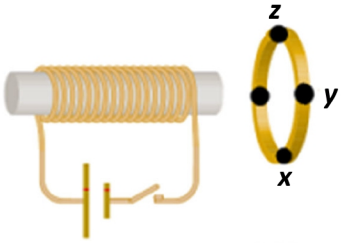
1- حدد اتجاه التيار الحثي عبر الغلفانوميتر في الشكل التالي :

تقريب شمالي ⇦ a تصبح شمالي (يشابه)

a شمالي ⇦ الابهام داخل الملف نحو x+ الاصابع (i_{ind}) نحو y+ من (a ← d ← c ← b).

التوضيح: عند تقريب قطب شمالي يزداد التدفق وحسب قانون لنز فإن التيار الحثي يولد مجالاً مغناطيسياً حثياً يعاكس اتجاه المجال المغناطيسي (الذي سبّب التغير في التدفق) ليقاوم الزيادة ، مما يجعل الطرف (a) قطباً شمالياً ، والتيار الحثي حسب قاعدة اليد اليمنى يكون من (d) إلى (c) عبر الغلفانوميتر.

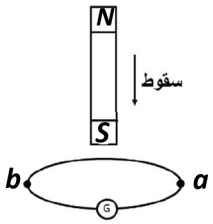
2-حدد اتجاه التيار الحثي(i_{ind})عبر الملف بعد غلق المفتاح في الدارة:



عند غلق المفتاح يتحول الملف إلى مغناطيس يكون الطرف اليمين فيه قطباً شمالياً :

فيصبح الوضع كالتالي : تقريب قطب شمالي من الملف ⇦ الطرف الأيسر من الملف يصبح شمالياً (يشابه) ⇦ الابهام نحو اليسار ⇦ الأصابع مع اتجاه (i_{ind}) فيكون اتجاه التيار (x y z).

3- حدد اتجاه التيار الحثي عبر الحلقة a b اثناء دخول وخروج المغناطيس:



عند الدخول :

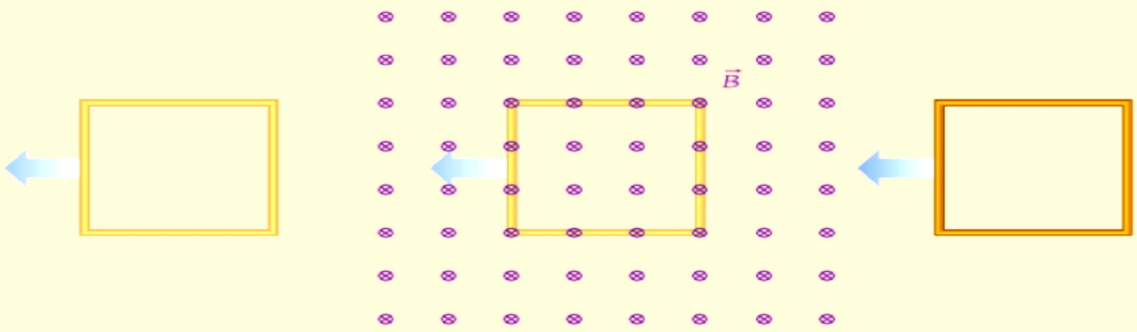
تقريب S ⇦ يشابه (الوجه العلوي) S ⇦ i_{ind} ⇦ a ← b عبر Ⓖ.

عند الخروج:

ابعاد N ⇦ يخالف (الوجه السفلي) S ⇦ i_{ind} ⇦ b ← a عبر Ⓖ

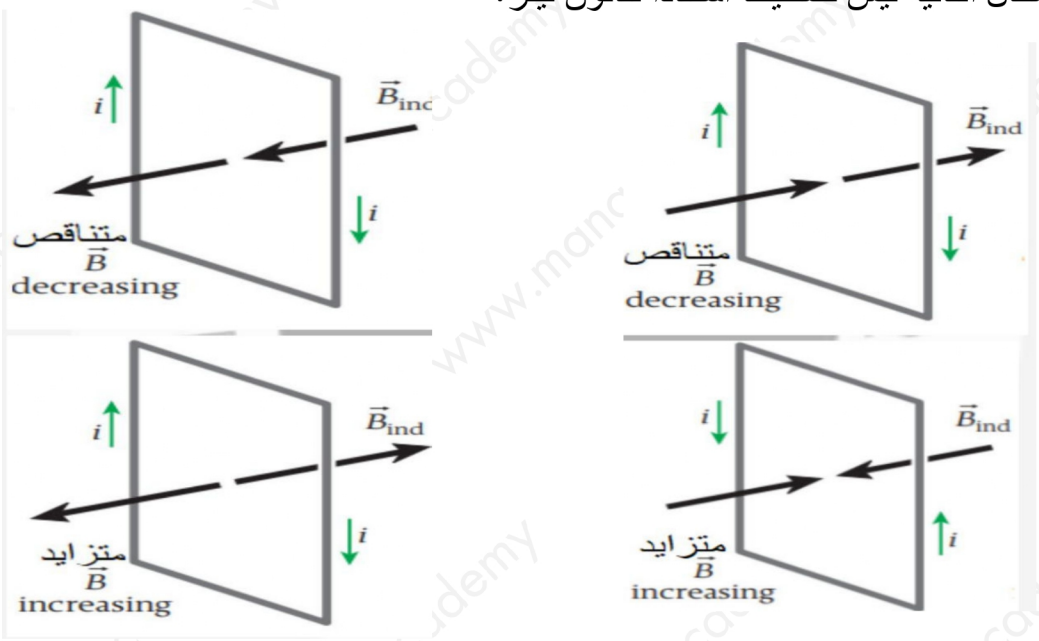
س (15) :

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 يوضّح الشكل. ماذا كان اتجاه التيار المستحث عند دخول الحلقة في المجال المغناطيسي؟ وماذا كان اتجاه التيار المستحث عند خروج الحلقة من المجال المغناطيسي؟

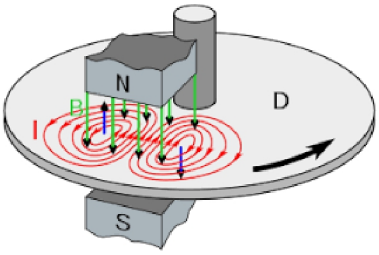


س(16):

أي من الأشكال التالية ليس صحيحا استنادا لقانون لينز؟



التيارات الدوامية:

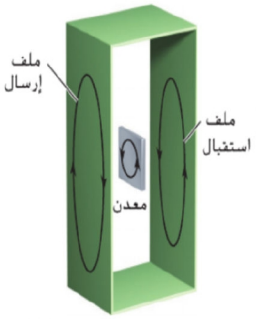


تتولد التيارات الدوامية المستحثة عندما تتحرك قطع فلزية داخل مجال مغناطيسي متغير ووفقًا لقانون لينز فإن التدفق المغنطيسي المتغير يستحث التيارات التي تميل إلى مقاومة التغير في التدفق وينتج عن هذه التيارات المستحثة مجالات مغناطيسية مستحثة B_{ind} تقاوم المجال المغناطيسي الخارجي الذي أنتج التيارات مما يؤدي إلى إبطاء حركة القطع الفلزية.

*من سلبيات التيارات الدوامية ارتفاع درجة الحرارة داخل القطعة الفلزية وللتقليل من ذلك يتم تقسيم القطعة إلى شرائح معزولة عن بعضها البعض.

*من التطبيقات العملية الإيجابية للتيارات الدوامية أفران الحث والمستخدمة في صهر المعادن وكذلك مكابح عربات القطار.

جهاز كشف الفلزات:

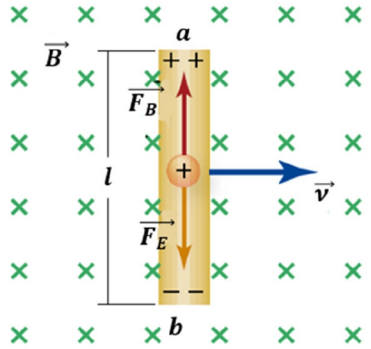


يستخدم على نطاق واسع بالمطارات حيث يعمل بالحث الكهرومغناطيسي (الحث النبضي) .

يتكون من ملف إرسال وملف إستقبال، عند زيادة المجال المغناطيسي وانخفاضه لملف الإرسال ينتج تيار مستحث في ملف الإستقبال يميل إلى مقاومة التغير في التدفق المغناطيسي الناتج عن ملف الإرسال، وعند مرور جسم فلزي بين الملفين يستحث تيار في (تيارات دوامية) تقاوم الزيادة والإنخفاض في المجال المغناطيسي المتغير الناتج عن ملف الإرسال والذي بدوره يستحث تيارًا في ملف الإستقبال يميل إلى مقاومة الزيادة في التيار المار في الفلز(يقيس ملف الإستقبال تيار أقل).

*تستخدم أجهزة كشف الفلزات كذلك للتحكم في إشارات المرور.

فرق الجهد المستحث في موصل متحرك داخل مجال مغناطيسي :



تذكر أن :

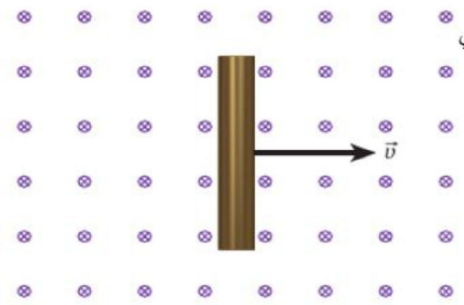
- " حسب قاعده اليد اليمنى، تتاثر الشحنات الموجبه بقوة عمودية على كف اليد عندما تكون الاصابع مع اتجاه المجال المغناطيسي واتجاه الحركه مع الابهام والشحنات السالبة بقوة عمودية على ظهر اليد".
- عند تحريك الموصل (a b) الذي طوله (l) في مجال مغناطيسي (B) عمودياً بقوة خارجية واكتسابه سرعة(v)، فإن الشحنات الموجودة داخل هذا الموصل تتأثر بقوه مغناطيسية حسب العلاقة ($F_B = qvbsin\theta$) ووفق قاعدة اليد اليمنى، تتجمع الشحنات الموجبة عند الطرف (a) والسالبة عند الطرف (b) فيتكون مجال كهربائي في الموصل (b a).
- تكون القوة المغناطيسية على الشحنات الموجبة نحو(+y) لكن المجال الكهربائي في الموصل نحو(-y) ويؤثر بقوة كهربائية على الشحنات الموجبة بنفس الاتجاه (-y).
- باستمرار تحريك الموصل تزداد القوة الكهربائية فيه حتى تتساوى مع القوة المغناطيسية (qvb = qe ⟶E=vb)
- يصبح للموصل فرق للجهد بين طرفيه (مثل البطارية) مما يعني نشوء قوة دافعة كهربائية حثية في الموصل (ab).
- عند انتقال الشحنة الكهربائية من (b) (a) فإنها تحتاج إلى شغل تبذله القوة المغناطيسية.
- يعبر عن القوة الدافعة الحثية عند تحريك موصل في مجال مغناطيسي بالعلاقة :

$$\Delta V_{ind} = vlB$$

العوامل التي تعتمد عليها القوة الدافعة الحثية والمتولدة في موصل مستقيم يتحرك داخل مجال مغناطيسي:

1- مقدار المجال المغناطيسي B
2- مقدار السرعة التي يتحرك بها الموصل v .
3- طول الموصل l .
4- جيب الزاوية بين اتجاه v واتجاه B .

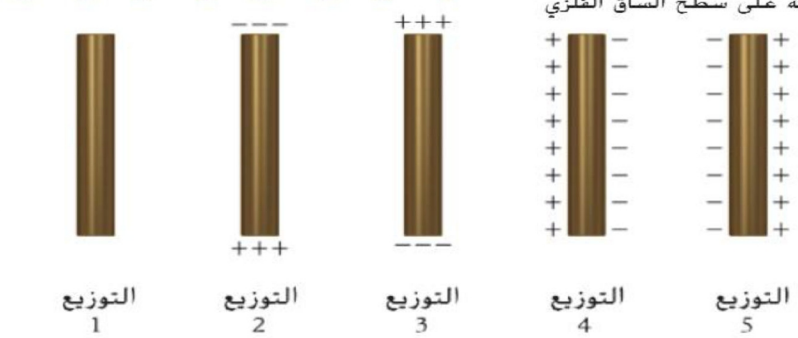
س(17):



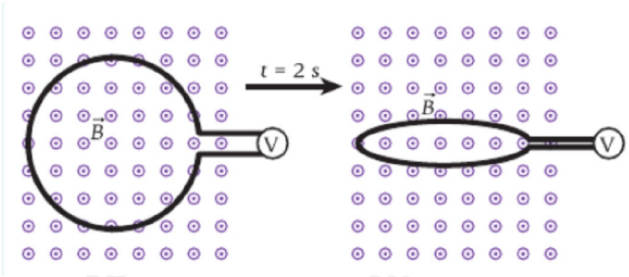
يتحرك عمود معدني بسرعة متجهة ثابتة $\vec{v}$ في مجال مغناطيسي منتظم متجه إلى الصفحة، كما يوضّح الشكل.

أي مما يلي يُمثل توزيع الشحنة على سطح الساق الفلزي بأدق صورة؟

a) التوزيع 1
b) التوزيع 2
c) التوزيع 3
d) التوزيع 4
e) التوزيع 5



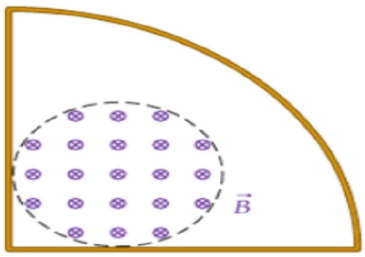
س (18): توضع حلقة سلكية في مجال مغناطيسي منتظم خلال فترة زمنية قدرها 2s تتقلص الحلقة. أي عبارة مما يلي تعد صحيحة فيما يتعلق بفرق الجهد المستحث؟



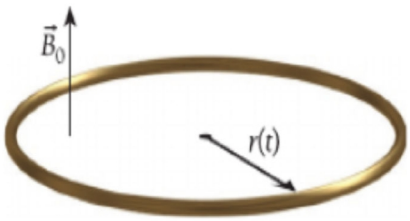
a- سيكون ثمة قدر ما من فرق الجهد المستحث.
b- لن يكون ثمة فرق جهد مستحث لأن الحلقة يتغير حجمها على طول محور واحد دون المحور الآخر.
c- لن يكون ثمة فرق جهد مستحث، لأن الحلقة ليست مغلقة.
d- لن يكون ثمة فرق جهد مستحث لأن الحلقة تتقلص.

س(19): في عام 1996 أطلق المكوك الفضائي كولمبيا قمرًا صناعيًا مربوطًا يمتد مسافة 20 km تم توجيه السلك عموديا على المجال المغناطيسي لكوكب الأرض عند تلك النقطة. وبلغ مقدار المجال $B= 5.1 \times 10^{-5}$ T. كان المكوك الكولومبي يسافر بسرعة 7.6 km/s كم بلغ فرق الجهد المستحث بين طرفي السلك؟

س (20): حلقة التوصيل في ربع الدائرة الموضحة في الشكل لها نصق قطر يبلغ 10 cm ومقاومة قدرها 0.200 Ω . شدة المجال المغناطيسي الأولي داخل الدائرة المنقطة التي طول نصف قطرها 3 cm تبلغ 2 T . ثم تنخفض شدة المجال المغناطيسي من 2 T إلى 1 T في 2 s ، أوجد مقدار و اتجاه التيار المستحث في الحلقة.

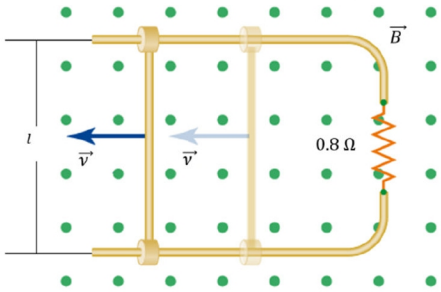


س (21): تحلق طائرة أسرع من الصوت يبلغ باع الجناح *10 m* فوق القطب المغناطيسي الشمالي (في مجال مغناطيسي مقداره *0.5 G* موجه عموديًا على الأرض) بسرعة تبلغ ثلاث أضعاف سرعة الصوت. كم يبلغ فرق الجهد بين طرفي الجناحين؟ افترض أن الجناحين مصنوعان من الألمنيوم.



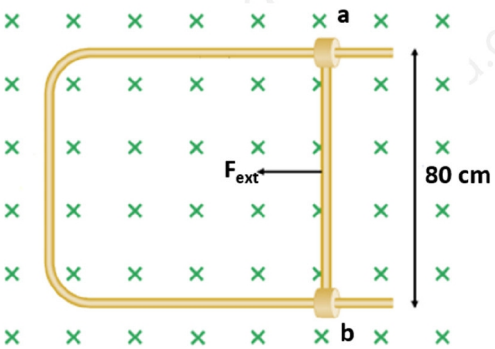
س (22): تتوسع حلقة توصيل دائرية مرنة بمعدل ثابت بمرور الزمن بحيث يحدد نصف قطرها بواسطة $r(t) = r_0 + vt$، حيث $r_0 = 0.100\ m$ و $v = 0.0150 m/s$ الحلقة لها مقاومة ثابتة تبلغ $R = 12.0\ \Omega$ وتوضع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره $b_0 = 0.750\ T$ عموديًا على مستوى الحلقة كما هو موضح في الشكل. احسب اتجاه التيار المستحث i ومقداره عند $t = 5.00\ s$.

س (23): موصل مستقيم طوله ($40\ cm$) يتعامد مع مجال مغناطيسي منتظم (2) تسلا، اذا تحرك بسرعة ثابتة ($80 cm\s$) عمودياً على طوله وعلى المجال المغناطيسي، احسب:



1- متوسط القوة الدافعة الحثية.
2- التيار الحثي المتولد عبر الموصل.
3- القدرة المستهلكة عبر المقاومة الخارجية.
4- اذا كان الموصل موازياً للمجال ماذا يحدث ل(i_{ind} و Δv_{ind}).

س (24) : عند تحريك الموصل (a b) بسرعة ثابتة (50 m\s) كما في الشكل، واذا كانت مقاومة السكة والموصل معاً (20) اوم، احسب: (علمًا بأن B=2 T)



1- Δv_{ind}
2- i_{ind}

المولدات والمحركات:

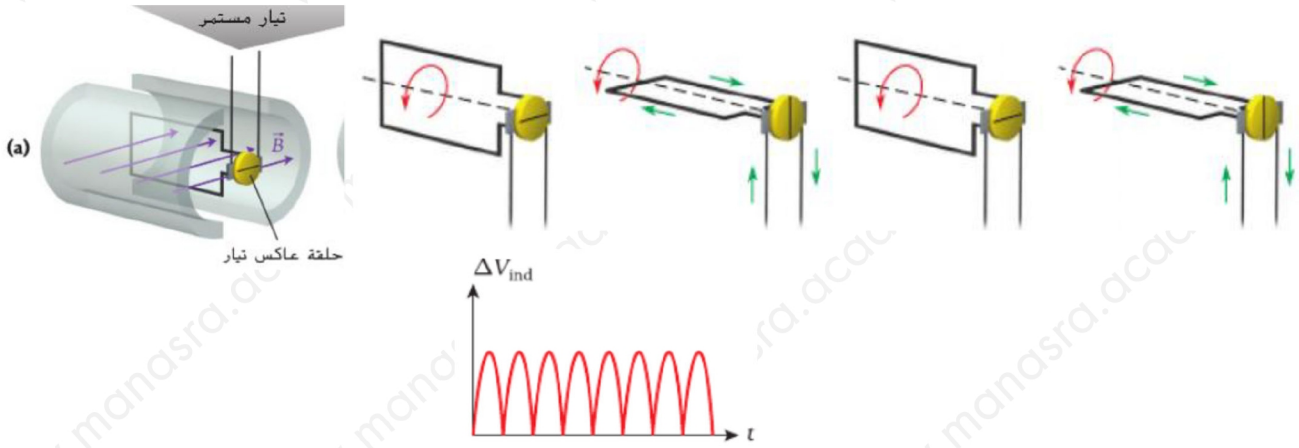
المحرك الكهربائي : جهاز يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية.

المولد الكهربائي : جهاز يحول الطاقة الميكانيكية (الحركية) إلى طاقة كهربائية (ينتج تيار كهربائي).

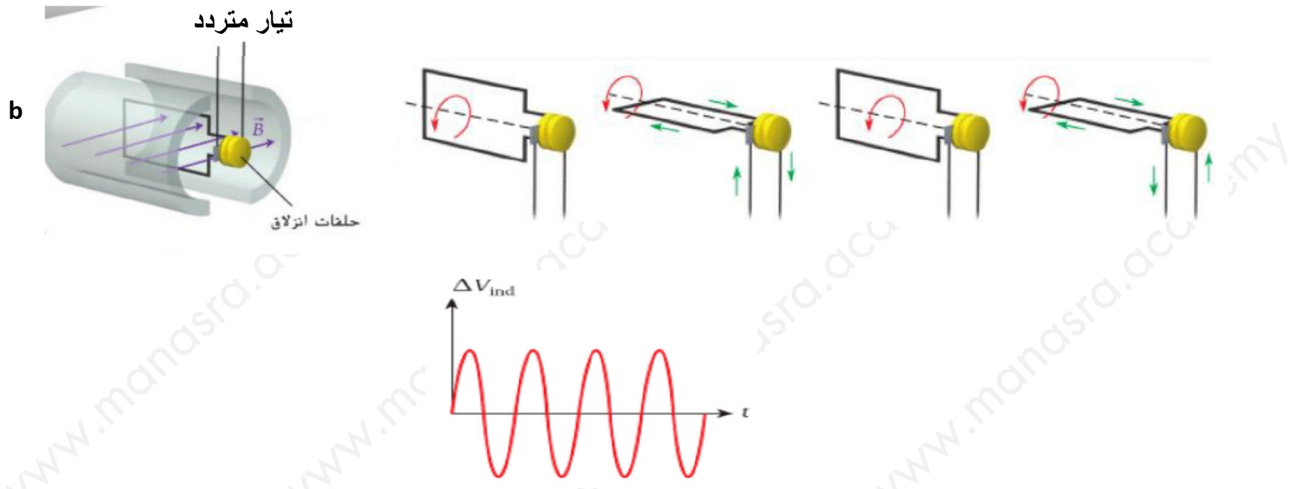
يتكون المولد البسيط من حلقة تدور داخل مجال مغناطيسي ثابت حيث تدار الحلقة بواسطة توربين (يمكن أن يدار التوربين بواسطة البخار الساخن أو طاقة المياه الساقطة،...).

هناك نوعان من المولدات البسيطة :

a- مولد التيار المستمر: حيث يتم توصيل الحلقة الدوارة بدائرة خارجية عبر حلقة عاكس تيار مشقوقة وعند دوران الحلقة ينعكس الاتصال مرتين بالدورة الواحدة ويكون فرق الجهد المستحث Δv_{ind} بنفس الاتجاه.



b- مولد التيار المتناوب: وهنا يتصل كل طرف من الحلقة بدائرة خارجية عبر حلقة الانزلاق الخاصة بها وينتج فرق الجهد المستحث Δv_{ind} متناوب أي يختلف من الموجب إلى السالب وبالعكس.



من التطبيقات المهمة للمولد (الكبح بالتوليد المعاكس) وهي إحدى الميزات الجذابة للسيارة الهجينة (تعمل عن طريق مزيج من طاقة الجازولين والطاقة الكهربائية) حيث تتصل المكابح بمحرك كهربائي يشحن بطارية السيارة (يعمل كمولد) لاستخدام هذه الطاقة لاحقًا لتحريك السيارة.

ملاحظات: *يمكن حساب فرق الجهد المستحث ΔV_{ind} في المولد الكهربائي من العلاقة:

$$\Delta V_{ind} = \omega\, AB sin\theta$$

وذلك لثبات المجال المغناطيسي ومساحة الحلقة وتغير الزاوية بين حلقة التوصيل والمجال المغناطيسي بمرور الزمن.

*يمكن حساب متوسط التيار الناتج بملف المولد من العلاقة: $i_{avg} = 0.7071\ i_{max}$

*يمكن حساب متوسط القدرة الناتجة من المولد من العلاقة : $P_{avg} = i^2_{avg}\ R$

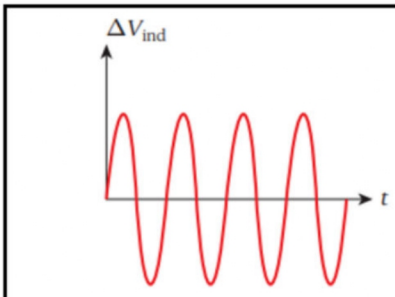
س(25) : متى يمكننا استخدام العلاقة $\Delta V_{ind} = \omega\, AB sin\theta$ لايجاد فرق الجهد المستحث ؟

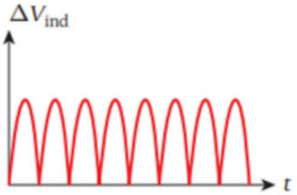
-a *A and B are constant*
-b *A, B and θ are constant*
-c *B and θ are constant*
-d *A and θ are constant*

س(26): أي مما يلي غير صحيح للمولدات و المحركات ؟

-a المحركات تحول الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية
-b المولدات والمحركات تحتوي على حلقات داخل مجال مغناطيسي
-c المولدات والمحركات تعتبر تطبيقات على الحث الكهرومغناطيسي
-d المولدات التي تنتج جهدا مترددا ينشأ عنه تيار متردد تسمى كذلك مولدات التيار المتردد

س (27): يُظهر الشكل رسمين بيانيين يمثلان فرق الجهد المستحث كدالة زمن لمولدين كهربائيين. أي الصفوف الآتية يحدد نوع المولد الكهربائي الصحيح أسفل كل رسم بياني؟





A	a simple alternating-current generator مولد بسيط للتيار المتردد	a simple direct-current generator مولد بسيط للتيار المستمر
B	a simple alternating-current generator مولد بسيط للتيار المتردد	a simple alternating-current generator مولد بسيط للتيار المتردد
C	a simple direct-current generator مولد بسيط للتيار المستمر	a simple direct-current generator مولد بسيط للتيار المستمر
D	a simple direct-current generator مولد بسيط للتيار المستمر	a simple alternating-current generator مولد بسيط للتيار المتردد

س(28): 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 $B = 1.00\ T$ و $A = 1.00\ m^2$ فكم يجب أن تكون قيمة f حتى يصبح الحد الأقصى لفرق الجهد المستحث 110 V ؟

س(29): يحتوي محرك على حلقة واحدة داخل مجال مغناطيسي مقداره 0.870 T ، إذا كانت مساحة الحلقة $300cm^2$ فأوجد السرعة الزاوية القصوى المحتملة لهذا المحرك عند توصيله بمصدر قوة دافعة كهربائية يوفر 170 V .

س(30): يقرر صديقك إنتاج طاقة كهربائية من خلال تدوير ملف يتكون من 1×10^5 حلقة سلكية دائرية حول محور عمودي على المجال المغناطيسي للأرض. الذي يبلغ مقداره 0.3 G . نصف قطر الحلقات يساوي 25 cm .

a- إذا أدار صديقك الملف بتردد قدره *150 Hz* ، ما أقصى تيار سيتدفق في مقاوم قدره *1.5 kΩ* متصل بالملف؟

b- كم سيبلغ متوسط القدرة الناتجة عن هذا الجهاز ؟

المجال الكهربائي المستحث:

بافتراض شحنة موجبة تتحرك بمسار دائري نصف قطره r في مجال كهربائي ثابت فإن الشغل المبذول على الشحنة عندما تتحرك بمسار دائري مغلق هو:

الشغل المبذول بواسطة مجال كهربائي ثابت

$$w = qE(2\pi r)$$

$$\because w = \Delta V_{ind} q$$

$$\therefore \Delta V_{ind} q = qE(2\pi r)$$

$$\Delta V_{ind} = E(2\pi r)$$

وكصيغة عامة فإن الشغل المبذول على شحنة q تتحرك بطول مسار عشوائي مغلق.

$$w = \oint F \,.\, d\vec{s} = q \oint \vec{E}.\, d\vec{s}$$

$$\because w = \Delta V_{ind} q$$

$$\therefore \oint \vec{E}.\, d\vec{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

أي أن التدفق المغناطيسي المتغير يستحث مجالًا كهربائيًا.

س(31):

لشحنة موجبة تتحرك في مسار دائري داخل مجال كهربائي، يمكن التعبير عن فرق الجهد المستحث بالمعادلة:

$$\Delta V_{ind} = E(2\pi X)$$

ماذا تمثل X

a- مقدار الشحنة الكهربائية
b- المجال الكهربائي المستحث
c- نصف قطر المسار الدائري
d- التيار الكهربائي المستحث

معامل الحث للملف اللولبي (L) :

تذكر ان : التدفق المغناطيسي الكلي غبر الملف اللولبي هو $N\Phi_B$.

حيث N : عدد لفات الملف .

وأن التدفق المغناطيسي هو : $\Phi_B = BAcos\Phi$

ملاحظة: متجه المجال المغناطيسي $\vec{B}$ ومتجه المساحة العمودي على السطح متوازيين داخل الملف اللولبي $\Phi = 0$.

وإن المجال المغناطيسي داخل الملف اللولبي هو :

$$B = \mu_o ni$$

$$\therefore N\,\Phi_B \propto i \longrightarrow \quad \therefore N\,\Phi_B = Li$$

إن ثابت التناسب L هو معامل الحث.

- معامل الحث: هو التدفق الكلي الناتج عن ملف لولبي لكل وحدة تيار .

$$L = \frac{N\Phi_B}{i}$$

يقاس معامل الحث بوحدة هنري H . $H = Tm^2/A$

حيث : A : مساحة المقطع للملف اللولبي.

μ_o : النفاذية المغناطيسية للفراغ.

$n = \frac{N}{l}$ عدد اللفات لكل وحدة طول : N

$$L = \frac{nl\mu_o niA}{i}$$

$$L = \frac{\mu_o N^2 A}{l} \longrightarrow \quad \therefore L = \mu_o n^2 lA$$

س(32) : عدد العوامل التي يعتمد عليها معامل حث الملف اللولبي.

الإجابة: يعتمد على الشكل الهندسي (الطول والمساحة وعدد اللفات) وكذلك على نوع مادة قلب الملف .

ملاحظات :

1- عند استخدام الملف اللولبي في دائرة كهربائية يسمى محث.
2- لكل ملف معامل حث خاص به.

س (33):

ملف حلزوني معامل حثه(3×10^{-3}H) *افترض* أنه تم زيادة طول الملف الحلزوني ليصبح ثلاثة أمثال ما كان عليه و قل متوسط مساحة مقطعه العرضي ليصبح خمس ما كان عليه بينما لم يتغير عدد لفاته .

احسب كم يصبح معامل حثه ؟

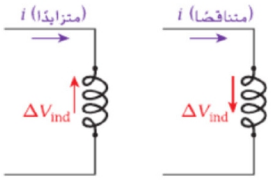
س (34): ماذا تساوي وحدة قياس معامل الحث هنري H ؟

1. A^2m^2/T
2. Am^2/T
3. Tm^2/A
4. T^2m/A

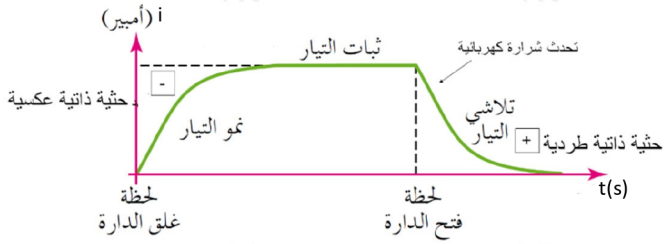
الحث الذاتي:

الحث الذاتي: ظاهرة تولد قوة دافعة كهربئية حثية ذاتية في ملف بسبب تغير التدفق المغناطيسي من الملف ذاته.

أو يعرف بانه ظاهرة تولد قوة دافعة كهربائية حثية في دائرة نتيجة تغير شدة التيار المار فيها.



- يحدث الحث الذاتي بين لفات الملف الواحد (كل لفة مع الاخرى) .
- المجال المغناطيسي الناتج من الملف عند مرور تيار فيه يعمل على زيادة التدفق عبر نفس الملف، فتنشأ (ΔV_{ind}) تقاوم هذه الزيادة حسب قانون لنز تسمى (قوة دافعة حثية، ذاتية).
- الشكل التالي يمثل العلاقة بين التيار والزمن لدارة تحوي محثاً.



- تعمل القوة الدافعة الحثية العكسية على تأخير وصول التيار لقيمته العظمى عند غلق الدارة (يتولد قوة دافعة حثية ذاتية عكسية (ΔV_{ind} سالبة) وتعمل على تأخير وصول التيار للقيمة صفر عند فتح الدارة (تولد قوة دافعة حثية ذاتية طردية(ΔV_{ind} موجبة) وتسمى هذه الظاهرة (الحث الذاتي).

فرق الجهد المستحث ذاتيًا.

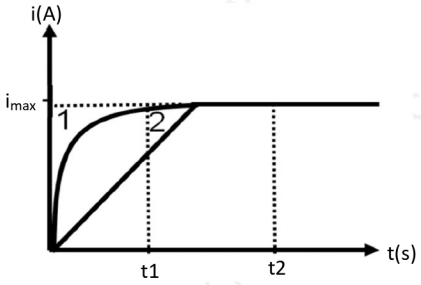
$$\Delta V_{ind,L} = -L\frac{di}{dt}$$

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

يمكن استنتاج أن $L = \frac{\Delta V_{ind,L}}{\frac{\Delta i}{\Delta t}}$

أي أن معامل الحث يعمل على التحكم بمعدل نمو التيار في الملف ، فإذا كانت L كبيرة فإن معدل نمو التيار يكون قليل أي ينمو التيار ببطئ ويستغرق وقتًا أطول للوصول إلى قيمته العظمى.

وعند رسم العلاقة بين التيار والزمن لمحاثي نجد أن $L_1 < L_2$ لأنه في المحث الأول كان الوصول للقيمة العظمى للتيار أسرع.



س (35) : ملف لولبي عدد لفاته (200) لفة وطوله (20 cm) ومساحة مقطعه ($5\ cm^2$) ، احسب:

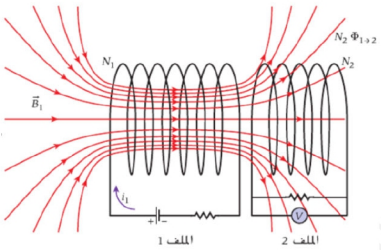
1- معامل الحث الذاتي للملف.

2- القوة الدافعة الحثية إذا كان التيار المار يتناقص بمعدل (50 A/s).

س(36) : ملف معامل حثه الذاتي (2) هنري يسري به تيار (0.5) أمبير ، احسب القوة الدافعة الحثية إذا:

1- فتحت الدارة وتلاشى التيار خلال (0.01 s) 2- إذا عكس تيار المحث خلال (0.2 s).

الحث المتبادل:



عند وجود ملفين متجاورين او متداخلين فإن تغير التيار في الملف الأول يستحث فرق جهد في الملف الثاني.

- عند زيادة التدفق المغناطيسي الناتج عن الملف الأول (وذلك يحدث بزيادة شدة التيار في الملف الأول أو عند إدخال الملف الأول بالثاني أو عند تقريب الملف الأول من الثاني.) سيتولد في الملف الثاني فرق جهد مستحث عكسي $\Delta V_{ind,2}$ وبالتالي تيار مستحث عكسي (اتجاهه عكس تيار الملف الأول) وكذلك يتنتج مجال مغناطيسي مستحث عكسي يقاوم ويعاكس التزايد في التدفق الناتج عن الملف الأول.

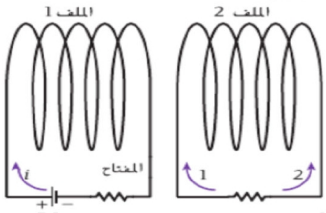
$$\Delta V_{ind,2} = -M\frac{di_1}{dt} \longrightarrow \Delta V_{ind,1} = -M\frac{di_2}{dt}$$

حيث M : معامل الحث المتبادل بين الملفين ويقاس بوحدة هنري H .

من أهم تطبيقات الحث المتبادل (المحولات).

س (37): يحتوي ملف قصير نصف قطره R=10cm على N=30 لفة ويحيط بملف لولبي طويل نصف قطره r= 8cm يحتوي على n=60 لفة لكل cm، يزداد التيار في الملف القصير بمعدل ثابت من الصفر إلى i=2A في زمن t= 12s . احسب فرق الجهد المستحث في الملف اللولبي الطويل أثناء زيادة التيار في الملف القصير.

س (38): يوضح الشكل ملفين متطابقين يمر تيار في الملف 1 في الإتجاه الموضح، عند فتح المفتاح في دارة الملف 1، ماذا يحدث في الملف 2؟



a- يستحث تيار في الملف 2 يتدفق في الإتجاه 1.
b- يستحث تيار في الملف 2 يتدفق في الإتجاه 2.
c- لا يستحث تيار في الملف 2.

س(39): ملف لولبي طويل ذو مقطع عرضي دائري نصف قطره r_1=0.05m و $n = \frac{800 turns}{m}$ موضوع داخل ملف قصير ذي مقطع عرضي دائري نصف قطره r_2=0.1m و عدد لفاته 7 لفات و متحد معه في المحور. أثناء ازدياد التيار الكهربائي المار في الملف اللولبي الطويل بثبات من 0.003A الى i خلال 0.6 ميللي ثانية. بلغ فرق الجهد المستحث في الملف القصير -0.4V .احسب مقدار التيار i ؟

الطاقة وكثافة الطاقة لمجال مغناطيسي.

- عند غلق الدارة في محث فإنه ينشأ (Δv_{ind} و i_{ind}) لمقاومة نمو (i) فيه ، وتقوم البطارية ببذل شغل للتغلب على هذه المقاومة ، وهذا الشغل يختزن في المحث على شكل طاقة مغناطيسية (في المجال المغناطيسي للمحث).
- المحث المثالي هو المحث الذي يمكن اهمال مقاومته الكهربائية.
- يمكن حساب الطاقة المغناطيسية المختزنة في محث (مثالي) من العلاقة:

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

ملاحظات :

- تتناسب الطاقة في المحث طردياً مع معامل الحث (L) ومربع التيار (i).
- عند فتح الدارة (التي تحوي محثاً) تتولد قوة دافعة حثية ذاتية طردية ، فتتحول عندها الطاقة المغناطيسية في المحث إلى طاقة كهربائية تظهر على شكل شرارة.
- يختزن المحث طاقة مغناطيسية عظمى يصل التيار المار فيه إلى قيمته العظمى.
- عند غلق دارة محث فإن الطاقة الكهربائية تتحول إلى طاقة مغناطيسية فيه ، والعكس عند فتح الدارة (حدوث شرارة).
- بالتعويض بقيمة $L = \mu_o n^2 lA$ يمكن استخدام العلاقة التالية لحساب الطاقة المخزنة:

$$U_B = \frac{1}{2} \mu_o n^2 lAi^2$$

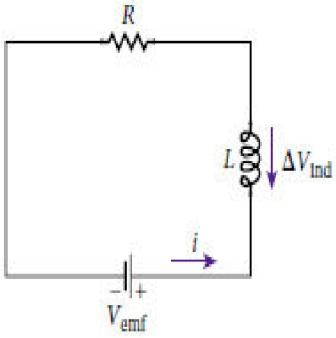
س(37): تغير التيار المار في دارة محث من 3A إلى 7A خلال 0.2 s فإذا كان معامل الحث للملف 20H وعدد لفاته 1000 لفة، احسب :

a- فرق الجهد المستحث.

b- التغير في الطاقة المغناطيسية (ΔU_B) .

c- التغير في التدفق المغناطيسي $\Delta\Phi$.

دوائر المحث و المقاوم RL



إذا وضع مصدر للقوة الدافعة الكهربائية في دائرة كهربائية أحادية الحلقة تحتوي على مقاومة ذات مقاومة R ومحث ذو معامل حث L، يسمى دائرة RL

عند إغلاق المفتاح، ينشئ التيار المتزايد المتدفق عبر المحث فرق جهد مستحثا ذاتيا يميل إلى معارضة الزيادة في التيار. مع مرور الوقت ، ينخفض التغير في التيار ، ويقل أيضا فرق الجهد المستحث ذاتيا. بعد وقت طويل ، يصبح التيار ثابتا عند القيمة $i_{max} = V_{emf} / R$

$$V_{emf} = iR + L\, di/dt$$

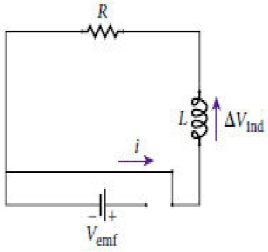
$$i(t) = \frac{V_{emf}}{R}\left(1 - e^{-t/(L/R)}\right) \qquad i_t = i_{max}\left(1 - e^{-t/(L/R)}\right)$$

ملاحظة:

الثابت الزمني لدائرة المحث و المقاوم هو **L/R** = (τ) .

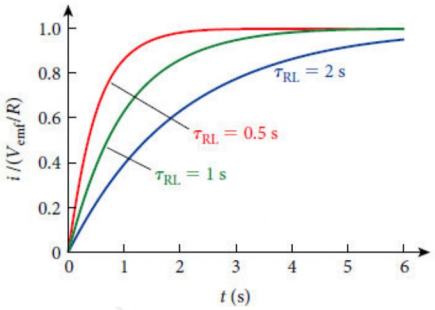
عندما يتم إغلاق المفتاح t = 0 ، يكون التيار صفرا . وعند زمن $t \to \infty$ ، يتم حساب التيار بواسطة

$i_{max} = V_{emf} / R$

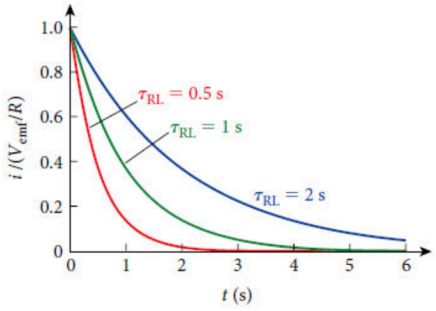


عند ازالة البطارية فجأة ، ينخفض التيار تدريجيا حتى يصل إلى الصفر لأن التيار المتناقص في المحث ينشئ فرق جهد مستحث ذاتيا يميل إلى معارضة التيار المتناقص.

يمكن استخدام دوائر RL كمؤقتات لتشغيل الأجهزة على فترات زمنية معينة ويمكنها أيضا أن تستخدم لتصفية الضوضاء.

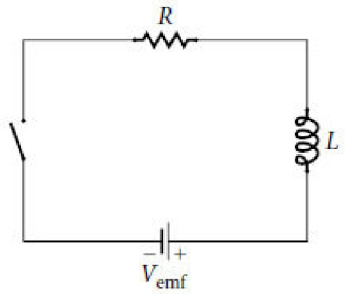


التيار كدالة للزمن عند اتصال مقاوم و محث و مصدر قوة دافعة على التوالي



التيار كدالة للزمن عند ازالة مصدر القوة الدافعة فجأة

س(38):

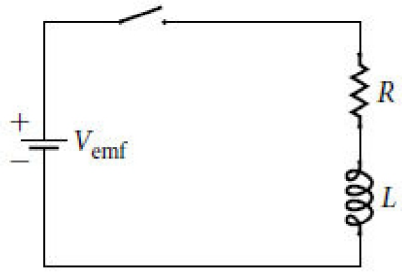


انظر للدائرة RL الموضحة في الشكل. عند إغلاق المفتاح، يزداد التيار في الدائرة بشكل أسي إلى القيمة $i = V_{emf} / R$, إذا تم استبدال المحث في هذه الدائرة بمحث له ثلاثة أمثال عدد اللفات لكل وحدة طول، فان الزمن اللازم للوصول إلى تيار مقداره $0.9i$.

a- يزداد　　b- يقل　　c- يبقى ثابت

س(39):

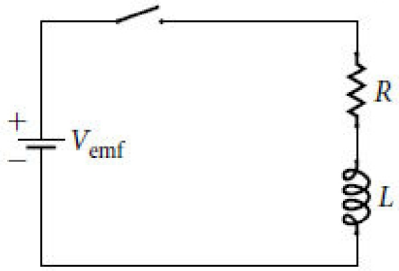
دائرة محث و مقاوم مقاومتها $1\times10^{6}\ \Omega$ و معامل حثها 1H وتعمل ببطارية ذات جهد مقداره 10V احسب :



a- مقدار التيار لحظة غلق المفتاح
b- التيار بعد مرور زمن 2 µs على غلق الدائرة
c- التيار بعد مرور فترة زمنية طويلة
d- الزمن اللازم ليصل التيار في الدائرة الى 8µA

س(40):

في الدائرة في الشكل، $R = 120.\ \Omega$ ، $L = 3.00$ H ، و$V_{emf} = 40.0$ فولت. بعد إغلاق المفتاح، كم من الوقت سيستغرق التيار في المحث للوصول إلى 300 mA؟



س(41) :

يزداد التيار بمعدل 3.6 أمبير / ثانية في دائرة RL حيث $R = 3.25\ \Omega$ و $L = 440\ mH$. ما فرق الجهد عبر الدائرة الكهربائية في اللحظة التي يكون فيها شدة التيار المار في الدائرة 3.0 A؟

س(42):

في دائرة RL التي مقاومتها 21.8Ω ومعامل حثها 55.9mH ، ما الزمن الذي سيستغرقه التيار ليصل الى 75% من أقصى حد لقيمته ؟