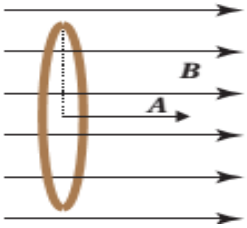
## الدرس الأول / التدفق المغناطيسي والحث الكهرمغناطيسي

**يعرف التدفق المغناطيسي ($\Phi_B$) بأنه :** ناتج الضرب القياسي لمتجه المجال المغناطيسي (B) ومتجه المساحة (A) .

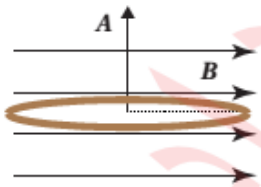
$$\Phi_B = B \cdot A = BA\cos\theta$$

حيث : ($\theta$) الزاوية المحصورة بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة عندما يبدأ المتجهان من النقطة نفسها .
($\Phi_B$) التدفق المغناطيسي كمية قياسية تقاس بوحدة ($T \cdot m^2$) وتسمى ويبر (Wb) .

**ومما سبق نلاحظ أنه :**




1) يكون التدفق المغناطيسي أكبر ما يمكن عندما تكون خطوط المجال المغناطيسي موازية لمتجه المساحة (عمودية على سطح الملف ) أي تكون الزاوية ( $\theta = 0$ ) . الشكل (1)



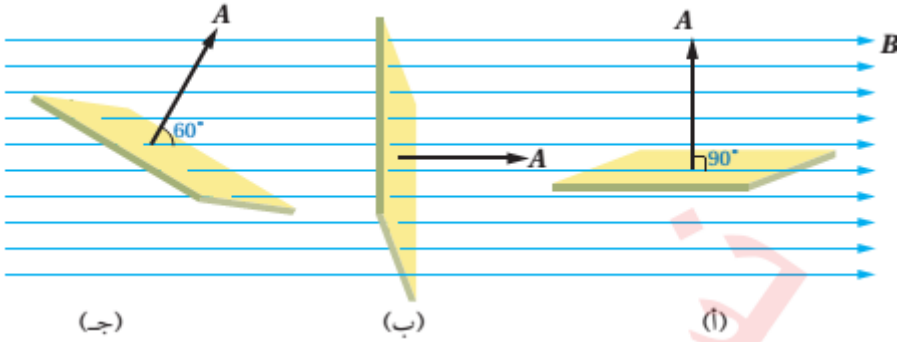

2) يكون التدفق المغناطيسي صفراً عندما تكون خطوط المجال المغناطيسي عمودية على متجه المساحة (موازية لسطح الملف) أي تكون الزاوية ( $\theta = 90^o$ ) . الشكل (2)

3) يتناسب مقدار المجال المغناطيسي طردياً مع عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق عمودياً وحدة المساحة .
4) التدفق المغناطيسي عبر سطح مقفل يساوي صفراً ، لأن خطوط المجال المغناطيسي خطوط مغلقة .

**سؤال :** على ماذا يعتمد التدفق المغناطيسي عبر مساحة محددة ؟

جواب : 1) مقدار المجال المغناطيسي .
2) مقدار المساحة التي أحسب التدفق عندها .
3) جيب تمام ($\cos\theta$) الزاوية المحصورة بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة .

* نلاحظ من الشكل التالي ثلاث سطوح موضوعة في مجال مغناطيسي وأن الشكل (ب) يخترقة أكبر تدفق مغناطيسي لأن متجه المساحة يوازي خطوط المجال المغناطيسي ، والشكل (أ) يخترقه أقل تدفق مغناطيسي لأن متجه المساحة يعامد خطوط المجال المغناطيسي .

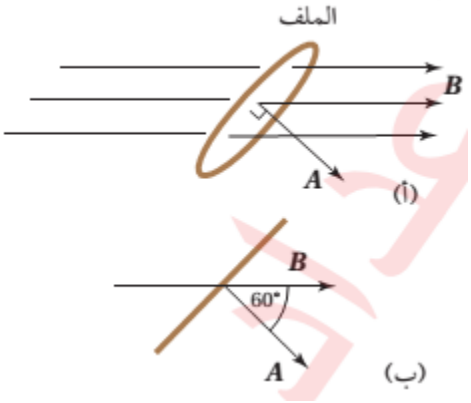


**مثال (1) :** حلقة دائرية مساحتها ($3.0 \times 10^{-4}\ m^2$) ، موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (120 mT) كما موضح بالشكل (أ) ويوضح الشكل (ب) منظراً جانبياً للحلقة ، حيث الزاوية المحصورة بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة ($60^o$) ، أحسب التدفق المغناطيسي عبر الحلقة في الحالات :

أ) على نحو ما هو موضح بالشكل (أ) .

ب) عندما يكون مستوى الحلقة عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي .

جـ) عندما يكون مستوى الحلقة موازياً لاتجاه المجال المغناطيسي .




**الحل :**

أ . الزاوية بين متّجهي المجال المغناطيسي والمِساحة (60°)، وأحسب التدفّق المغناطيسيّ على النحو الآتي:

$$\Phi_B = BA\cos\theta$$
$$= 120 \times 1\,0^{-3} \times 3.0 \times 10^{-4} \times \cos 60^\circ$$
$$= 1.8 \times 1\,0^{-5}\ \text{Wb}$$

ب . عندما يكون مستوى الحلقة عموديًّا على اتجاه المجال المغناطيسي تكون الزاوية بين متّجهي المجال المغناطيسي والمِساحة (0°)، وأحسب التدفّق المغناطيسي على النحو الآتي:

$$\Phi_B = BA\cos\theta$$
$$= 120 \times 10^{-3} \times 3.0 \times 1\,0^{-4} \times \cos 0^\circ$$
$$= 3.6 \times 10^{-5}\ \text{Wb}$$

جـ. عندما يكون مستوى الحلقة موازيًا لاتجاه المجال المغناطيسي تكون الزاوية بين متّجهي المجال المغناطيسيّ والمِساحة (90°)، وأحسب التدفّق المغناطيسي على النحو الآتي:

$$\Phi_B = BA\cos\theta$$
$$= 120 \times 10^{-3} \times 3.0 \times 10^{-4} \times \cos 90^\circ = 0$$

يكون التدفّق المغناطيسيّ صفرًا؛ لأنّ $\cos 90^\circ = 0$.

**مثال (2) :** وضع ملف مستطيل طوله (10 cm) وعرضه (20 cm) في مجال مغناطيسي مقداره (0.5 T) ، أحسب التدفق المغناطيسي في الحالات التالية :

1) إذا كان السطح موازياً لإتجاه المجال المغناطيسي . 2) إذا كان السطح عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي .

**الحل :**

**1) $\Phi_B = 0$ . 2) $\Phi_B = 1\times 10^{-2}$ Wb**

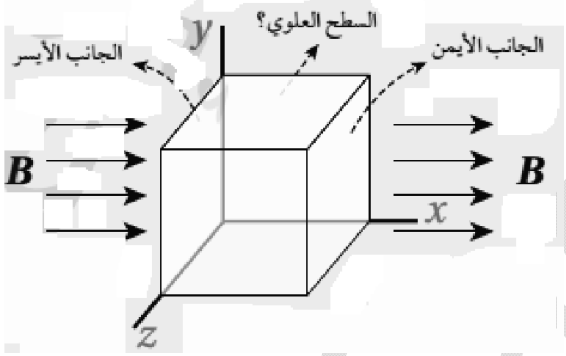
**مثال (3) : إذا كانت قيمة المجال المغناطيسي التي تخترق ملف على هيئة حلقة نصف قطرها (10 cm) يساوي (0.4 T) والزاوية بين متجه المجال المغناطيسي والملف ($30^o$) احسب مقدار التدفق المغناطيسي الذي يعبر هذه الحلقة .**

**الحل :**

$$\Phi_B = 6.28\times 10^{-3}\ \text{Wb}$$

**مثال (4) : مكعب طول ضلعه (2.0 cm) ، موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (1.5 T) كما موضح بالشكل . أحسب التدفق المغناطيسي الكلي عبر المكعب .**

**الحل :**



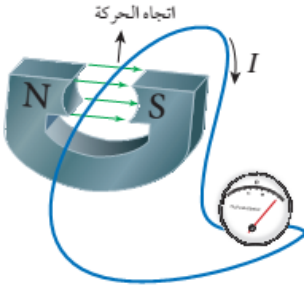

$$\Phi_B = 0\ \text{Wb}$$

## الحث الكهرمغناطيسي

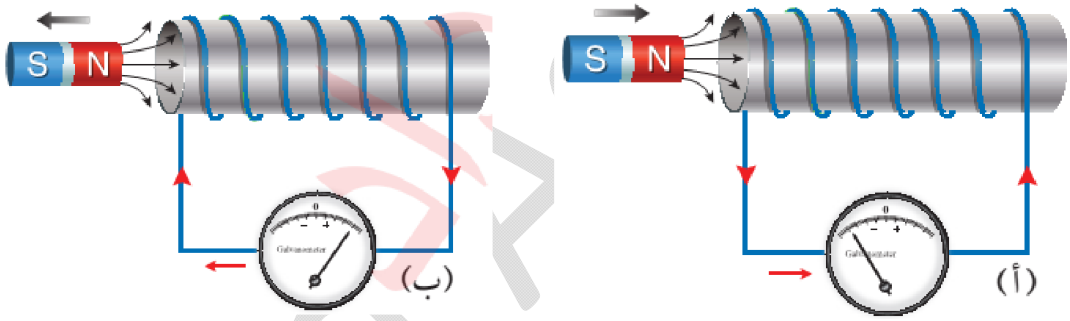
اكتشف العالمان فارادي وهنري تجريبياً أن التيار الكهربائي يمكن أن يتولد في ملف من خلال حركة المغناطيس في ملف أو داخل سلك ملفوف لفة واحدة وذلك من خلال تغيير التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف .

* ويتولد تيار حثي في دارة مغلقة عند :

1) تحريك سلك موصل إلى الأعلى وإلى الأسفل في دارة مثل المبينة في الشكل (1) بحيث يقطع الموصل خطوط المجال المغناطيسي .




2) تقريب أو ابعاد مغناطيس من ملف كما في الشكل (2) .




شكل (2)

## القوة الدافعة الكهربائية الحثية

* تتولد قوة دافعة كهربائية حثية عند تغيير التدفق المغناطيسي .

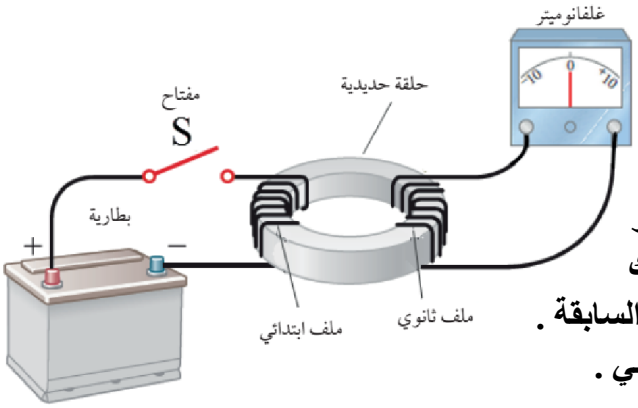
سؤال : كيف يمكننا تغيير التدفق المغناطيسي $(\Delta\Phi_B = \Phi_2 - \Phi_1)$ ؟

جواب : 1) تغيير المجال المغناطيسي الذي يخترق الملف $(\Delta B)$ .

2) تغيير مساحة الملف الذي يخترقه المجال المغناطيسي $(\Delta A)$ .

3) تغيير الزاوية بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة $(\Delta\cos\theta)$ .

* نلاحظ من الشكل (2) السابق انحراف مؤشر الغلفانومتر باتجاه معين عند تحريك المغناطيس نحو الملف دالاً على تولد قوة دافعة حثية وسريان تيار كهربائي حثي في الملف كما في الشكل (2 / أ) ، وعند ابعاد المغناطيس عن الملف ، فإن مؤشر الغلفانومتر ينحرف باتجاه معاكس لاتجاه انحرافه في الحالة السابقة ، دالاً على تولد قوة دافعة حثية وسريان تيار كهربائي حثي في الملف باتجاه معاكس . وأحصل على النتائج نفسها عند تثبيت المغناطيس المستقيم وتحريك الملف .




* يمكن أيضاً توليد قوة دافعة كهربائية حثية ، وتيار كهربائي حثي إذا لف سلك حول جزء من حلقة حديدية ، ثم وصل طرفاه بمفتاح (S) وبطارية ، مكوناً الملف الإبتدائي ، ثم لف سلك آخر حول جزء آخر من الحلقة نفسها ، ووصل طرفاه بغلفانومتر فقط ، مكوناً الملف الثانوي ، لحظة إغلاق المفتاح ينحرف مؤشر الغلفانومتر المتصل بالملف الثانوي باتجاه معين ، ثم يعود إلى الصفر ، ويكرر ذلك لحظة فتح المفتاح ، لكن انحراف المؤشر يكون باتجاه معاكس للحالة السابقة . ولا ينحرف المؤشر عند ثبات مقدار التيار الكهربائي في الملف الإبتدائي .

* ويفسر ذلك على النحو التالي :

1) عند إغلاق المفتاح (S) يسري تيار كهربائي في الملف الإبتدائي مولداً مجالاً مغناطيسياً يخترق الملف الثانوي ، فيتغير التدفق المغناطيسي الذي يخترقه من صفر إلى قيمة معينة خلال مدة زمنية معينة ، وهذا التغير في التدفق المغناطيسي مع الزمن يولد قوة دافعة كهربائية حثية وتياراً كهربائياً حثياً في الملف الثانوي .

2) عند فتح المفتاح (S) يتلاشى التيار الكهربائي في الملف الإبتدائي ، فيتناقص التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية وتياراً كهربائياً حثياً خلال فترة تلاشي تيار الملف الإبتدائي .

**سؤال** : هل ينحرف مؤشر الغلفانومتر عند تحريك المغناطيس والملف معاً بالاتجاه نفسه بمقدار السرعة نفسها ؟
جواب : لا ، لأنه لم يحدث تغير في التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف .

**سؤال** : وضح المقصود بـ : 1) ظاهرة الحث الكهرمغناطيسي . 2) التيار الحثي .
جواب :

1) ظاهرة الحث الكهرمغناطيسي : ظاهرة تولد تيار كهربائي حثي في موصل عند تغيير التدفق المغناطيسي خلاله .

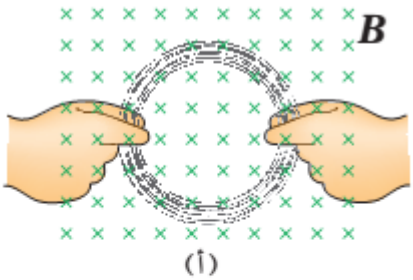
2) التيار الحثي : هو التيار المتولد في موصل ما نتيجة تغيرالتدفق المغناطيسي فيه .

T.Saed Assaf

**مثال (1) : يوضح الشكل ملفاً دائرياً مغموراً في مجال مغناطيسي منتظم عمودي على سطح الملف . هل يتولد تيار كهربائي حثي :**

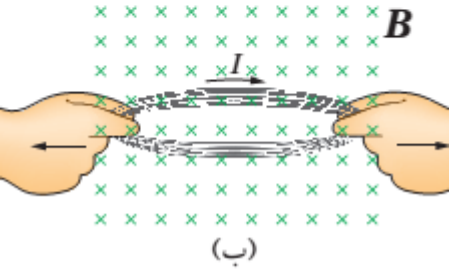
**أ) عند تحريك الملف نحو اليسار أو نحو اليمين مع بقائه داخل المجال كما في الشكل (أ) .**

**ب) في أثناء تغيير شكل الملف على نحو ما في الشكل (ب) .**



(أ)

**الحل :**



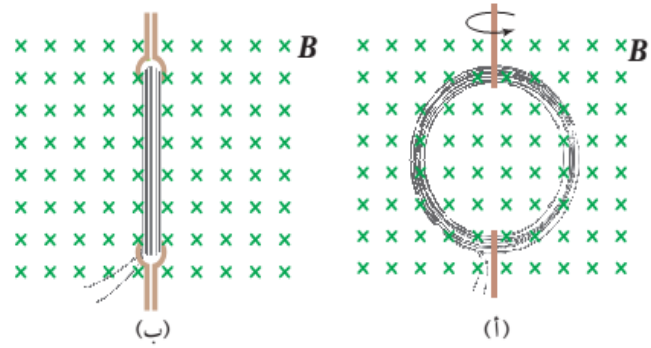
(ب)

أ . لا يتولّد تيار كهربائيّ حثّي عند تحريك الملف داخل المجال نحو اليسار أو اليمين بسبب ثبات التدفق المغناطيسي.

ب. عند شدّ الملف يتغير شكله بحيث تقل مساحة سطحة، فيقلّ التدفّق المغناطيسي الذي يخترقه، ما يؤدي إلى تولّد قوة دافعة كهربائية حثّية، وتيار كهربائي حثّي.

**مثال (2) : يوضح الشكل ملفاً دائرياً مغموراً في مجال مغناطيسي منتظم عمودي على سطح الملف . أفسر ما يحدث في أثناء تدوير الملف في المجال المغناطيسي من الوضع المبين في الشكل (أ) ، إلى الوضع المبين في الشكل (ب) .**

**الحل :**



(ب) (أ)

T.Saed As

## قانون فارادي في الحث

**وينص قانون فارادي على أن " القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في دارة كهربائية يتناسب طردياً مع المعدل الزمني لتغير التدفق المغناطيسي الذي يخترقها "**

**رياضياً**

$$\varepsilon` = - \frac{d\Phi_B}{dt} = - \frac{d}{dt} (BA\cos\theta)$$

*** وإذا كانت الدارة مكونة من (N) لفة ، فإن قانون فارادي في الحث يعبر عنه بالعلاقة :**

$$\varepsilon` = - N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

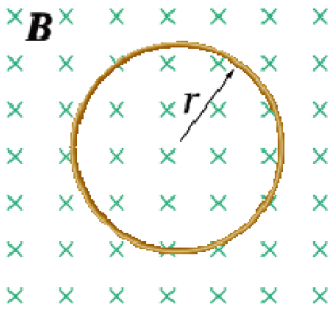
*** وعندما يحدث التغير في التدفق المغناطيسي ($\Delta\Phi_B$) خلال مدة زمنية ($\Delta t$) ، فإنه يمكن كتابة قانون فارادي في الحث على النحو الآتي لحساب القوة الكهربائية الحثية المتوسطة :**

$$\overline{\varepsilon}` = - N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

*** وعندما يكون الملف جزءاً من دارة كهربائية مغلقة ، فإنه يسري فيها تيار كهربائي حثي ، يحسب مقداره باستخدام قانون أوم على النحو الآتي :**

$$I = \left| \frac{\varepsilon`}{R} \right|$$

T.Saed Assaf




**مثال (1) : ملف دائري عدد لفاته (20) لفة ، ومتوسط نصف قطر اللفة الواحدة (1.0 cm) موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (120 mT) ، كما موضح بالشكل . سحب الملف خارج المجال المغناطيسي خلال زمن مقداره (0.20 s) احسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الملف .**

**الحل :**

بداية، أحسب مِساحة المقطع العرضيّ للملفّ.

$$A = \pi r^2$$

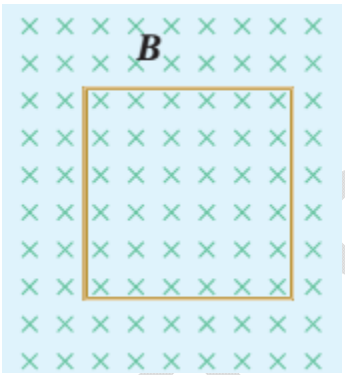
$$= \pi \times (1.0 \times 10^{-2})^2 = 3.14 \times 10^{-4}\ \mathrm{m}^2$$

أحسب القوّة الدافعة الكهربائيّة الحثّيّة المتوسطة المتولّدة في الملف على النحو الآتي، مع ملاحظة أنّ التدفّق المغناطيسيّ النهائيّ يساوي صفرًا، حيث المجال المغناطيسي الذي يخترق الملف يساوي صفرًا:

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -N\frac{(\Phi_{B,f} - \Phi_{B,i})}{\Delta t}$$

$$= -N\frac{(0 - BA\cos\theta)}{\Delta t} = -20 \times \left(\frac{0 - 120 \times 10^{-3} \times 3.14 \times 10^{-4} \cos 0.0^\circ}{0.20}\right)$$

$$= 3.77 \times 10^{-3}\ \mathrm{V}$$

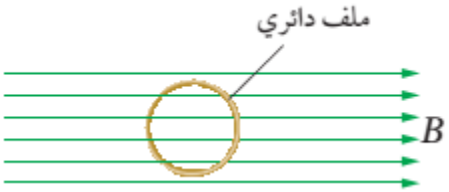



**مثال (2) : حلقة مربعة الشكل مقاومتها (10 Ω) ، موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم حيث مستواها عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي على نحو ما هو موضح في الشكل . إذا تغير التدفق المغناطيسي الذي يخترق الحلقة من قيمة ابتدائية (0.15 Wb) إلى (0.10 Wb) خلال (0.01 s) ، أحسب ما يأتي :**
**أ) القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الحلقة .**
**ب) التيار الكهربائي الحثي المتوسط المار بالحلقة .**

**الحل :**

**1) $\bar{\varepsilon}$ = 5 V . 2) I = 0.5 A**

**مثال (3) : ملف دائري عدد لفاته (100) لفة ، ومساحة مقطعه العرضي ($1.2 \times 10^{-4}\ m^2$) موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (1.0 T) ، كما في الشكل . مستوى الملف موازٍ لخطوط المجال المغناطيسي ، ثم دار الملف بزاوية مقدارها ($90^o$) حول محور رأسي بحيث أصبح مستواه عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي خلال زمن مقداره (0.50 s) . أحسب ما يأتي :**




**أ) التغير في التدفق المغناطيسي عبر مقطع الملف .**
**ب) القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة في الملف .**
**جـ) التيار الكهربائي الحثي المتوسط المار بالملف ، إذا علمت أن المقاومة الكهربائية للملف (4.0 Ω) .**

**الحل :**

أ. أحسب التغيّر في التدفّق المغناطيسيّ عبر مقطع الملف على النحو الآتي:

$$\Delta\Phi_B = \Phi_{B,f} - \Phi_{B,i}$$

$$= BA\cos\theta_f - BA\cos\theta_i = 1.0 \times 1.2 \times 10^{-4} \times (\cos 0.0^\circ - \cos 90.0^\circ)$$

$$= 1.2 \times 10^{-4}\ \text{Wb}$$

ب. أحسب القوّة الدافعة الكهربائيّة الحثّية المتوسطة المتولّدة في المِلفّ على النحو الآتي:

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -100 \times \frac{1.2 \times 10^{-4}}{0.50}$$

$$= -2.4 \times 10^{-2}\ \text{V}$$

جـ. أستخدم قانون أوم لحساب التيار الكهربائيّ الحثّي المتوسط المارّ في الملف على النحو الآتي:

$$I = \left|\frac{\bar{\varepsilon}}{R}\right| = \left|\frac{2.4 \times 10^{-2}}{4.0}\right| = 6 \times 10^{-3}\ \text{A} = 6\ \text{mA}$$

**مثال (4) : يؤثر مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.2 T) عمودياً في مستوى لفات ملف لولبي عدد لفاته (500) لفة ومساحة اللفة الواحدة ($0.01\ m^2$) ، إحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة عندما :**
**1) ينعدم المجال المغناطيسي أثناء فترة زمنية (0.1 s) .**
**2) ينعكس إتجاه المجال المغناطيسي في أثناء فترة زمنية (0.1 s) .**

**الحل :**

**1) ε` = 10 V .  2) ε`= 20 V**

**مثال (5) :** حلقة مربع طول ضلعها ($0.2\ m$) وضعت في مجال مغناطيسي عمودي على سطحها فتولدت قوة دافعة كهربائية حثية متوسطة قدرها ($18 \times 10^{-3}\ V$) عند تناقص مساحة الحلقة بمعدل ($0.3\ m^2/s$) ، احسب مقدار المجال المغناطيسي المنتظم المؤثر في الحلقة .

الحل :

$$B = 0.06\ T$$

**مثال (6) :** ملف عدد لفاته (1000) لفة ومساحته ($2\ cm^2$) يؤثر فيه مجال مغناطيسي مقداره ($0.4\ T$) بزاوية ($60^o$) بين المجال المغناطيسي ومتجه المساحة عليه انخفض المجال المغناطيسي إلى أن اصبح ($0.1\ T$) والزاوية أصبحت صفراً خلال ($0.1\ s$) احسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الملف .

الحل :

$$\Delta\Phi_B = \Phi_{B2} - \Phi_{B1} = B_2\ A\ \cos\theta_2 - B_1\ A\ \cos\theta_1$$
$$= 0.1 \times 2 \times 10^{-4} \times \cos(0) - 0.4 \times 2 \times 10^{-4} \times \cos(60^o)$$
$$= 2 \times 10^{-5} - 4 \times 10^{-5} = -2 \times 10^{-5}\ Wb$$

$$\varepsilon` = -N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = \frac{-1000 \times -2 \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-1}} = 0.2\ V$$

**مثال (7) :** ملف عدد لفاته (200) لفة والتدفق الذي يخترقه ($8 \times 10^{-3}\ Wb$) فإذا أصبح التدفق ($5 \times 10^{-3}\ Wb$) في زمن مقداره ($0.2\ s$) احسب القوة الدافعة الحثية المتولدة في الملف .

الحل :

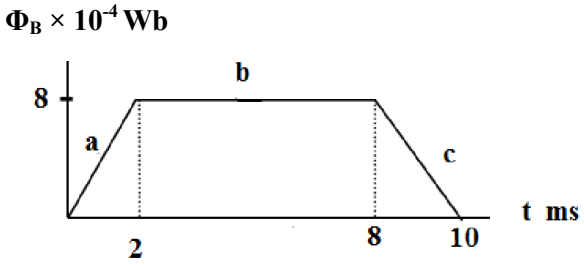
$$\varepsilon` = 3\ V$$

T.Saed Assaf

**مثال (8) :** ملف عدد لفاته (100) لفة ومساحته ($20\ cm^2$) ، يتعرض لمجال شدته (0.2 T) عمودي على الملف
احسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة في الحالات التالية :
1) إذا زادت المساحة بمقدار ($10\ cm^2$) في زمن قدره (0.1 s) .
2) إذا نقصت المساحة بمقدار ($10\ cm^2$) في زمن قدره (0.1 s) .
3) إذا اصبحت المساحة ($50\ cm^2$) في زمن قدره (0.1 s).

**1) $\varepsilon = -0.2$ V . 2) $\varepsilon = 0.2$ V . 3) $\varepsilon = -0.6$ V**

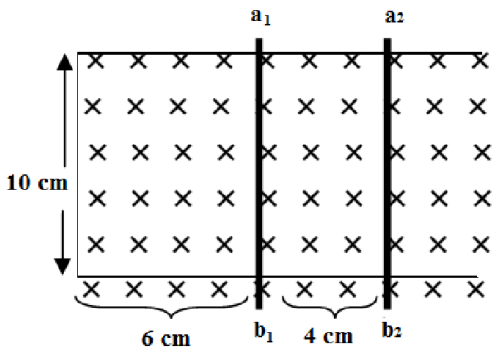
**مثال (9) :** يتغير التدفق المغناطيسي خلال ملف عدد لفاته (1000) لفة
حسب المنحنى البياني الموضح في الشكل مستعيناً بالرسم ،
احسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة في كل مرحلة
من مراحل تغير التدفق المغناطيسي a , b , c .




الحل :

**$\grave{\varepsilon}_a = -400$ V , $\grave{\varepsilon}_b = 0$ , $\grave{\varepsilon}_c = 400$ V**

**مثال (10) :** انزلق سلك ($a_1\ b_1$) إلى الوضع ($a_2\ b_2$) كما في الشكل المجاور خلال (0.1 s) في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.2 T) مستعيناً بالأبعاد الموجودة على الرسم ، احسب :



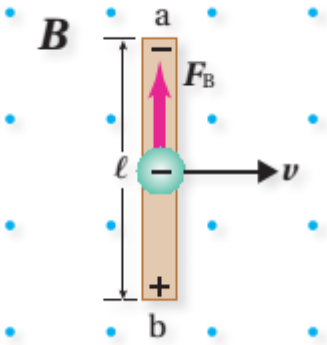

1) التغير في التدفق المغناطيسي الناتج عن الحركة .
2) القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في السلك اثناء الحركة .
3) حدد اتجاه التيار الحثي المتولد في السلك (ab) أثناء الحركة .

**الحل :**

T.Saed Assaf

**1) $\Delta\Phi = 8 \times 10^{-4}$ Wb . 2) $\dot{\varepsilon} = -8 \times 10^{-3}$ V . 3) b → a**

## القوة الدافعة الكهربائية الحثية في موصل متحرك

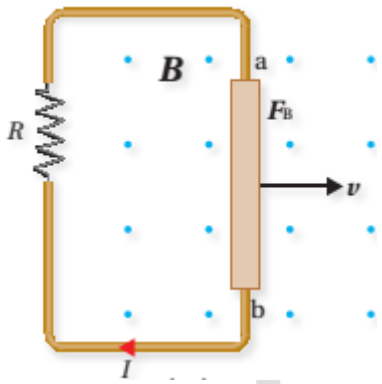



عند تحريك الموصل باتجاه محور (x +) عمودياً على طوله ، وعلى اتجاه مجال مغناطيسي منتظم (باتجاه محور z +) ، تتحرك الإلكترونات الحرة في الموصل معه باتجاه (x +) عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي قاطعه خطوط المجال المغناطيسي ، فتتأثر بقوة مغناطيسية باتجاه محور (y +) بتطبيق قاعدة اليد اليمنى . فتتجمع الشحنات السالبة عند الطرف (a) والشحنات الموجبة عند الطرف (b) ، فيصبح جهد الطرف (b) أكبر من جهد الطرف (a) ، فيتولد فرق جهد كهربائي بين طرفي الموصل يسمى **القوة الدافعة الكهربائية الحثية (ε`)** .

ويعبر عن القوة الدافعة الكهربائية الحثية لموصل بالعلاقة :

$$\varepsilon` = B\,L\,V$$

حيث (B) مقدار المجال المغناطيسي ، (L) مقدار طول الموصل ، (V) مقدار سرعة حركة الموصل .

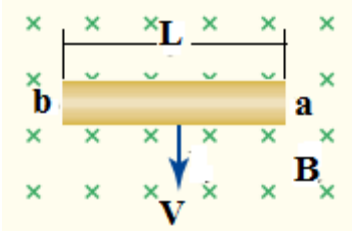



وعليه إذا كان الموصل جزءاً من دارة كهربائية مغلقة كما في الشكل ، فإنه يسري تيار كهربائي حثي ، إذ يعمل الموصل عمل بطارية قطبها الموجب عند الطرف (b) .
ويستمر سريان التيار الكهربائي في الدارة ما دام الموصل متحركاً .

**سؤال** : ما العوامل التي تعتمد عليها القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة بين طرفي موصل مستقيم يتحرك عمودياً على طوله وعلى مجال مغناطيسي ؟

جواب :

1) المجال المغناطيسي (B) .  2) طول الموصل (L) .  3) سرعة الموصل (V) .




**سؤال** : يتحرك موصل مستقيم كما في الشكل ، إذا علمت أن قوة دافعة كهربائية حثية تولدت بين طرفي الموصل ، فأجب عن الأسئلة التالية :

1) حدد أي طرفي الموصل المتحرك (b) أم (a) يكون أعلى جهداً .
2) حدد اتجاه المجال الكهربائي داخل الموصل .

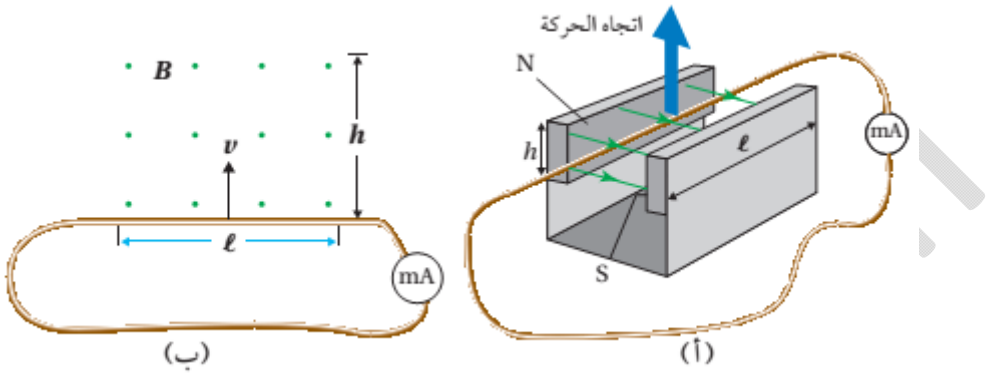
الحل :

1) الطرف (a) قطب موجب فيكون جهده أعلى من الطرف (b) .
2) من الطرف الموجب إلى الطرف السالب أي من (a) إلى (b) .

**مثال (1) :** يتقابل القطبان الشمالي (N) والجنوبي (S) لمغناطيسين طول كل منهما ($\ell = 20$ cm) ، وارتفاعه ($h = 6$ cm) بينهما مجال مغناطيسي منتظم مقداره (54.0 mT) كما في الشكل (أ) . حرك سلك مشدود موصول بملي أميتر من الطرف السفلي للمغناطيسين إلى الطرف العلوي عمودياً على اتجاه خطوط المجال المغناطيسي خلال مدة زمنية مقدارها (0.200 s) على نحو ما هو موضح في الشكل . أحسب ما يأتي :

أ) القوة الدافعة الحثية المتولدة في السلك .

ب) التيار الكهربائي الحثي المار في الملي أميتر إذا علمت أن المقاومة الكهربائية للدارة (2.0 Ω) .




**الحل :**

أ . طول السلك داخل المجال المغناطيسيّ يساوي طول أيٍّ من قطبي المغناطيس. أحسب القوّة الدافعة الكهربائيّة الحثيّة المتولّدة فيه على النحو الآتي ، علمًا بأنّ $\left(v = \frac{\Delta y}{\Delta t}\right)$، و $\Delta y = h$.

$$\mathcal{E} = B\ell v$$

$$= 54.0 \times 10^{-3} \times 20.0 \times 10^{-2} \times \frac{h}{\Delta t}$$

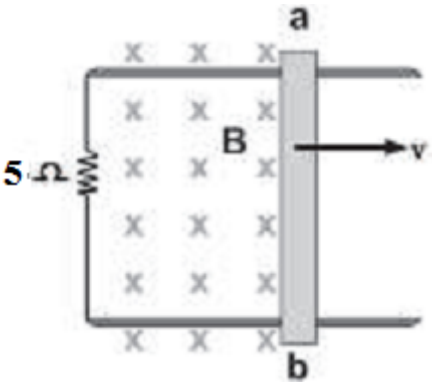
$$= 108 \times 10^{-4} \times \frac{6.00 \times 10^{-2}}{0.200}$$

$$= 3.24 \times 10^{-3}\ \text{V}$$

ب. أحسب التيار الكهربائيّ الحثّي المارّ في الدارة على النحو الآتي:

$$I = \left|\frac{\mathcal{E}}{R}\right| = \left|\frac{3.24 \times 10^{-3}}{2.0}\right|$$

$$= 1.62 \times 10^{-3}\ \text{A} = 1.62\ \text{mA}$$




**مثال (2) :** موصل (ab) طوله (40 cm) متصل على التوالي مع مقاومة (5.0 Ω) موضوع في مجال مغناطيسي منتظم (0.3 T) إذا تحرك الموصل لليمين بسرعة (3.0 m/s) كما في الشكل ، جد :

1) القوة الدافعة الحثية المتولدة في السلك .
2) التيار الكهربائي الحثي المار في الموصل .
3) القوة الخارجية اللازمة حتى يتحرك الموصل بسرعة ثابتة .

**الحل :**

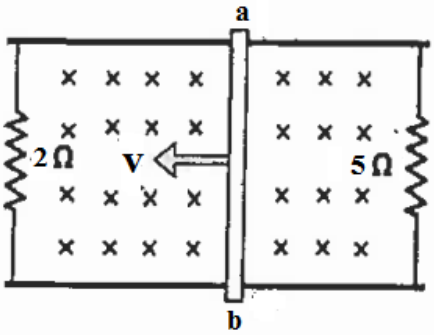
$$1)\ \grave{\varepsilon} = B\,LV = 0.3 \times 0.4 \times 3 = 0.36\ V$$

$$2)\ I = \frac{\grave{\varepsilon}}{R} = \frac{0.36}{5} = 0.072\ A$$

$$3)\ F_{ext} = F_B = ILB = 0.072 \times 0.4 \times 0.3 = 0.00864\ N$$

**مثال (3) :** أثرت قوة على موصل (ab) ، طوله (20 cm) ينزلق على موصلين متوازيين فحركته بسرعة ثابتة قدرها (8 m/s) باتجاه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم مقداره (2.5 T) ، كما في الشكل . أحسب :

1) التيار الحثي المتولد في المقاومتين (5 Ω) ، (2 Ω) .
2) مقدار القوة الخارجية المؤثرة في الموصل (ab) .




**الحل :**

T.Saed Assaf

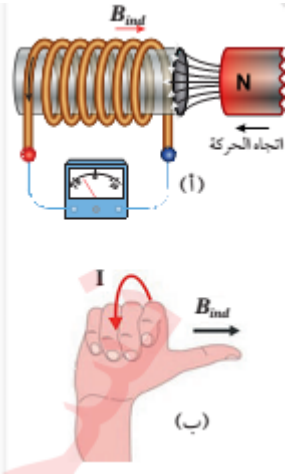
**1) $I'_{5\Omega} = 0.8\ A$ , $I'_{2\Omega} = 2\ A$ . 2) $F_{ext} = 1.4\ N$**

# قانون لنز

**وينص قانون لنز على أن :** " اتجاه القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة تكون في الاتجاه الذي يقاوم التغير في التدفق المغناطيسي الذي يؤدي إلى توليدها "

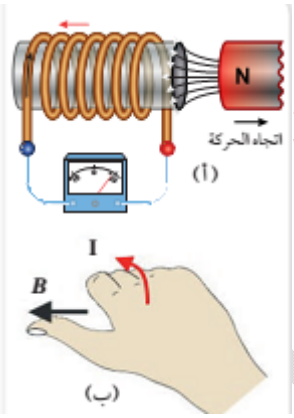
* **ملاحظات :** 1) نص قانون لنز يفسر معنى الإشارة السالبة في قانون فارادي .
2) وتكمن أهمية قانون لنز في تحديد اتجاه التيار الحثي .
3) لتحديد اتجاه التيار الحثي نستخدم قاعدة اليد اليمنى .

**مثال (1) :** من الشكل حدد اتجاه التيار الحثي مع التعليل عند تقريب المغناطيس من الملف .



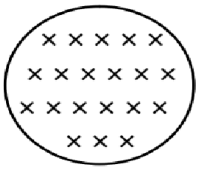

**الحل :**
عند تقريب المغناطيس من الملف (الشكل أ) يحدث زيادة في التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف ، فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية بين طرفي الملف تؤدي إلى مرور تيار كهربائي حثي في الاتجاه الذي يولد مجالاً مغناطيسياً يقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي . أي يصبح الطرف القريب من الملف قطباً مغناطيسياً شمالياً ، فيتنافر مع القطب الشمالي للمغناطيس .
وحسب قاعدة اليد اليمنى (الشكل ب) يشير الإبهام إلى اتجاه القطب الشمالي فتشير بقية الأصابع إلى اتجاه التيار الحثي .

**مثال (2) :** من الشكل حدد اتجاه التيار الحثي مع التعليل عند ابعاد المغناطيس من الملف .




**الحل :**
عند ابعاد المغناطيس من الملف (الشكل أ) يحدث نقص في التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف ، فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية بين طرفي الملف تؤدي إلى مرور تيار كهربائي حثي في الاتجاه الذي يولد مجالاً مغناطيسياً يقاوم النقص في التدفق المغناطيسي . أي يصبح الطرف القريب من الملف قطباً مغناطيسياً جنوبياً ، فيتجاذب مع القطب الشمالي للمغناطيس .
وحسب قاعدة اليد اليمنى (الشكل ب) يشير الإبهام إلى اتجاه القطب الشمالي فتشير بقية الأصابع إلى اتجاه التيار الحثي .

**مثال (3)** : في الملف المجاور حدد اتجاه التيار الحثي المار في الحلقة في الحالتين مع التفسير :



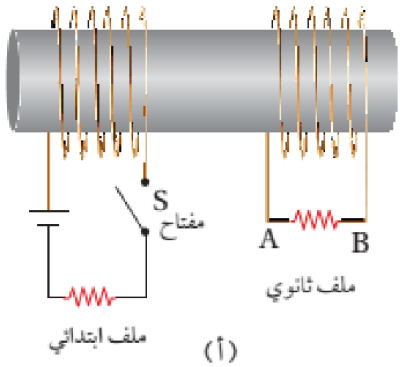
1) عند زيادة المجال المغناطيسي في الملف .
2) عند نقصان المجال المغناطيسي في الملف .

**الحل :**

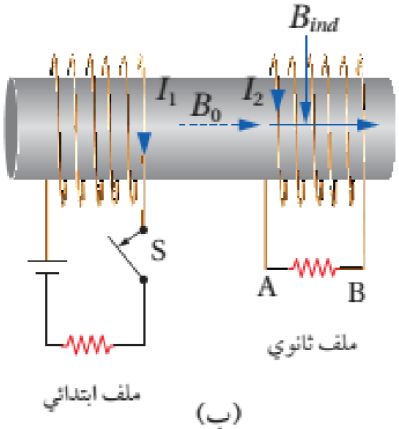
1) يحدث زيادة في التدفق المغناطيسي فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية في الحلقة تؤدي إلى مرور تيار كهربائي حثي في الاتجاه الذي يولد مجالاً مغناطيسياً يقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي . وحسب قاعدة اليد اليمنى يتولد تيار حثي عكس عقارب الساعة .

2) يحدث نقص في التدفق المغناطيسي فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية في الحلقة تؤدي إلى مرور تيار كهربائي حثي في الاتجاه الذي يولد مجالاً مغناطيسياً يقاوم النقص في التدفق المغناطيسي . وحسب قاعدة اليد اليمنى يتولد تيار حثي باتجاه عقارب الساعة .

**مثال (4)** : لف ملفان عدد لفات كل منهما (100) لفة ، ومساحة المقطع العرضي لكل منهما ($3 \times 10^{-4}\ m^2$) ، على قلب حديدي على نحو ما هو موضح الشكل (أ) . عند إغلاق مفتاح دارة الملف الإبتدائي يتولد مجال مغناطيسي داخله مقداره ($B_\circ = 180\ mT$) ينتقل عبر القلب الحديدي ، كما موضح في الشكل (ب) ، وعند فتح الدارة الكهربائية يتلاشى هذا المجال المغناطيسي خلال ($0.10\ s$) . أجب عما يلي :



(أ)



(ب)

أ) أحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في الملف الثانوي لحظة فتح المفتاح .

ب) أحدد سريان التيار الكهربائي الحثي في المقاومة الكهربائية في الملف الثانوي لحظة فتح المفتاح .

**الحل :**

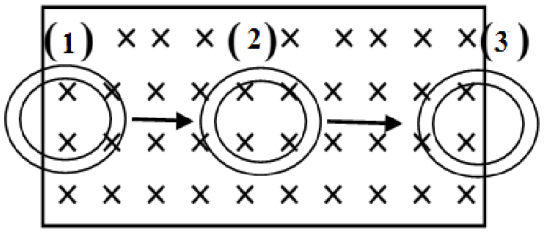
أ)

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -N\left(\frac{\Phi_{B,f} - \Phi_{B,i}}{\Delta t}\right)$$

$$= -N\left(\frac{B_f A\cos 0.0^\circ - B_i A\cos 0.0^\circ}{\Delta t}\right) = -NA\left(\frac{B_f - B_i}{\Delta t}\right)$$

$$= -100 \times 3.0 \times 10^{-4} \times \left(\frac{0 - 180\times 10^{-3}}{0.10}\right) = 5.4 \times 10^{-2}\ V$$

ب) المجال المغناطيسي الناتج عن الملف الابتدائي يكون نحو اليمين وينتقل عبر القلب الحديدي، وعند فتح دارة الملف الابتدائي، يقلّ التدفّق المغناطيسي الذي يخترق الملفّ الثانوي، فتتولّد قوة دافعة كهربائية حثّية بين طرفيه تؤدّي إلى مرور تيار كهربائي حثّي في الملف في الاتجاه الذي تجعله يُقاوم النقص في التدفّق المغناطيسي؛ أيّ يكون المجال المغناطيسيّ الحثّي باتجاه المجال المغناطيسيّ نفسه. وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى نجد أن اتّجاه التيار الكهربائيّ الحثّي المارّ في المقاومة يكون من B إلى A عبر المقاومة.

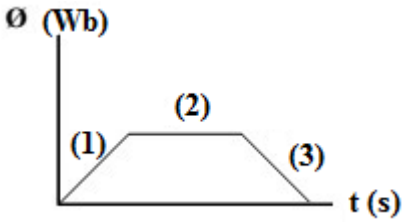


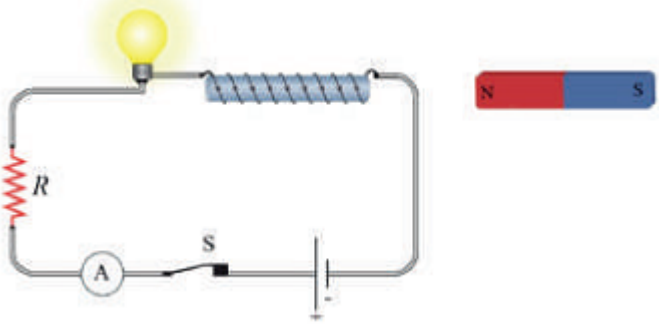

**مثال (5) : حدد اتجاه التيار الحثي في الملف مع التعليل في الحالات التالية :**

1) عند دخول الحلقة في المجال - الشكل (1) - .
2) عند بقاء الحلقة في المجال - الشكل (2) - .
3) عند خروج الحلقة من المجال – الشكل (3) - .
4) ارسم العلاقة البيانية بين التدفق المغناطيسي والزمن في المراحل الثلاث .

**الحل :**

1) يحدث زيادة في التدفق المغناطيسي فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية في الحلقة تؤدي إلى مرور تيار كهربائي حثي في الاتجاه الذي يولد مجالاً مغناطيسياً يقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي . وحسب قاعدة اليد اليمنى يتولد تيار حثي عكس عقارب الساعة .
2) لا يتولد تيار حثي ، لأن التدفق ثابت لم يتغير .
3) يحدث نقص في التدفق المغناطيسي فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية في الحلقة تؤدي إلى مرور تيار كهربائي حثي في الاتجاه الذي يولد مجالاً مغناطيسياً يقاوم النقص في التدفق المغناطيسي . وحسب قاعدة اليد اليمنى يتولد تيار حثي باتجاه عقارب الساعة .
4)



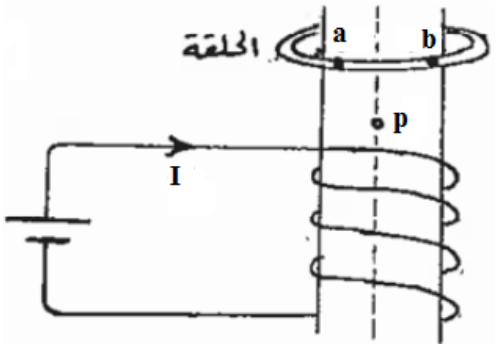

**مثال (6) : بين ماذا يحدث لإضاءة المصباح في الحالات التالية :**

1) تقريب المغناطيس من الملف .
2) ابعاد المغناطيس عن الملف .

**الحل :**

1) يحدث زيادة في التدفق المغناطيسي فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية بين طرفي الملف تؤدي إلى مرور تيار كهربائي حثي في الاتجاه الذي يولد مجالاً مغناطيسياً يقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي . أي يصبح الطرف القريب من الملف قطباً مغناطيسياً شمالياً ، فيكون اتجاه التيار الكهربائي حثي مع اتجاه التيار الأصلي فتزداد اضاءة المصباح .
2) يحدث نقص في التدفق المغناطيسي فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية بين طرفي الملف تؤدي إلى مرور تيار كهربائي حثي في الاتجاه الذي يولد مجالاً مغناطيسياً يقاوم النقص في التدفق المغناطيسي . أي يصبح الطرف القريب من الملف قطباً مغناطيسياً جنوبياً ، فيكون اتجاه التيار الكهربائي حثي عكس اتجاه التيار الأصلي فتقل اضاءة المصباح .

**مثال (7) :** اسقطت حلقة فلزية وهي في وضع أفقي باتجاه محور ملف لولبي كما هو مبين في الشكل ، أجب عما يأتي :

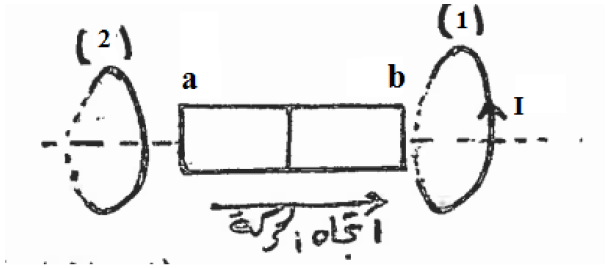



1) ما القطب المغناطيسي الذي يمثله الرمز (p) .
2) كيف يتغير التدفق المغناطيسي المتولد في الحلقة عبر الجزء القريب من الناظر (a b) ؟
3) حدد اتجاه التيار الحثي المتولد في الحلقة عبر الجزء القريب من الناظر (a b) ؟

**الحل :**

1) (p) يمثل قطب شمالي .
2) يزداد التدفق .
3) من (b) إلى (a) .

**مثال (8) :** يبين الشكل المجاور مغناطيس (ab) يتحرك نحو اليمين بين حلقتين فلزيتين (1) ، (2) متوازيتين وعلى الخط الواصل بين مركزيهما ، اعتمادَ على اتجاه التيار الكهربائي الحثي المتولد في الحلقة (1) ، أجب عما يأتي :

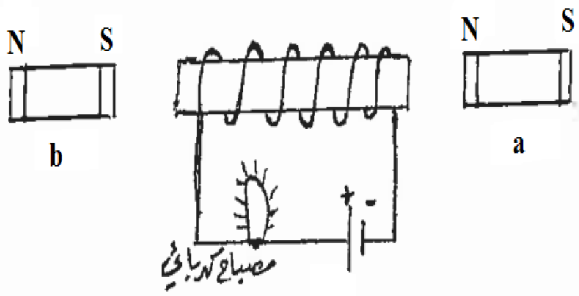



1) حدد الأقطاب للمغناطيس ( a ، b ) .
2) حدد اتجاه التيار الكهربائي الحثي المتولد في الحلقة (2) بالنسبة لاتجاه التيار الحثي في الحلقة (1) ، مع التفسير .

**الحل :**

1) (a) قطب جنوبي ، (b) قطب شمالي .
2) بعكس اتجاه التيار الحثي في الحلقة (1) . عند ابتعاد القطب الجنوبي (أ) عن الحلقة (2) يحدث فيها نقص في التدفق المغناطيسي فيتولد فيها مجال مغناطيسي باتجاه المجال الأصلي ( لنز) وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه التيار الحثي في الحلقة (2) نحو الأسفل في اللفة القريبة ( عكس الاتجاه في الحلقة (1) ) .

**مثال (9) :** يبين الشكل المجاور ملف لولبي موصول ببطارية ومصباح كهربائي ، ويوجد على جانبيه وبنفس البعد عنه مغناطيسين متماثلين ( a ، b ) ، بين مع التفسير ماذا يحدث لإضاءة المصباح في الحالات التالية :

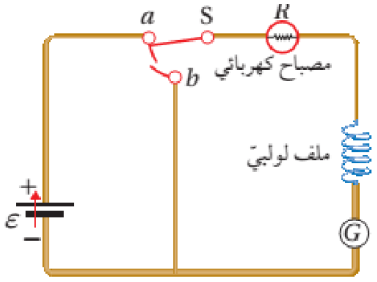



1) إذا تحرك المغناطيسين بنفس اللحظة والسرعة نحو الملف .
2) إذا تحرك المغناطيسين بنفس اللحظة والسرعة بعيداً عن الملف
3) إذا تحرك المغناطيسين بنفس اللحظة والسرعة (a) مقترباً و (b) مبتعداً عن الملف .

**الحل :**

1) تقل اضاءة المصباح ، يصبح طرف الملف القريب من (a) قطب شمالي ومن (b) قطب جنوبي (لنز) وحسب قاعدة اليد اليمنى يكون التيار الحثي عكس التيار الأصلي في المصباح .
2) تزداد اضاءة المصباح ، يصبح طرف الملف القريب من (a) قطب جنوبي ومن (b) قطب شمالي (لنز) وحسب قاعدة اليد اليمنى يكون التيار الحثي باتجاه التيار الأصلي في المصباح .
3) لن تتأثر الإضاءة ، يصبح طرف الملف القريب من (a) قطب شمالي ومن (b) قطب شمالي (لنز) فيلغيان تأثير بعضهما لأنهما متماثلان .

## الحث الذاتي




في الشكل المجاور دارة تحتوي على (مصباح مثلاً) وملفاً لولبياً وغلفانومتر ومفتاح (S) وعند إغلاق المفتاح تزداد شدة إضاءة المصباح تدريجياً حتى تثبت ، ما يعني أن التيار لا يصل قيمته العظمى لحظياً ، بل ينمو تدريجياً من الصفر إلى قيمته العظمى .

**تعرف ظاهرة الحث الذاتي بأنها :** تولد قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية في دارة كهربائية مغلقة نتيجة تغير التدفق المغناطيسي بسبب تغير تيار الدارة نفسها .

**سؤال :** ماسبب تولد القوة الدافعة الحثية الذاتية في الدارة ؟

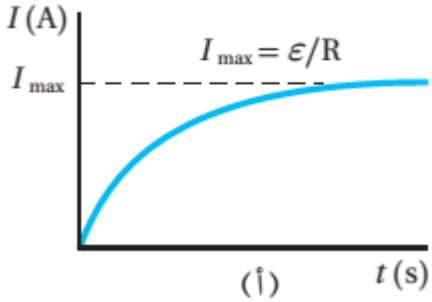
جواب : نتيجة تغير التيار المار في الدارة يتغير التدفق المغناطيسي فيها وحسب قانون فارادي ولنز تتولد قوة دافعة حثية ذاتية في الدارة تقاوم هذا التغير .

**ملاحظات :**

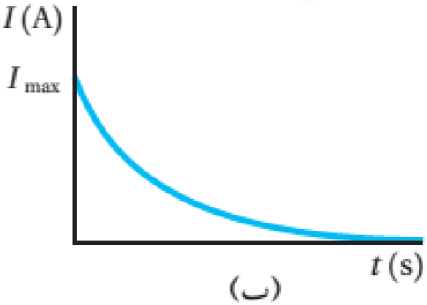
1) عند زيادة التيار في الدارة تنشأ قوة دافعة كهربائية حثية (ὲ) تعاكس القوة الدافعة الكهربائية للبطارية (ε) لتقاوم الزيادة في التدفق ويطلق عليها " القوة الدافعة الحثية الذاتية العكسية " .
2) عندما يقل التيار تنشأ قوة دافعة كهربائية حثية (ὲ) بنفس اتجاه القوة الدافعة الكهربائية للبطارية (ε) لتقاوم النقص في التدفق ويطلق عليها " القوة الدافعة الحثية الذاتية الطردية " .
3) يطلق على الملف اللولبي إسم محثاً ويطلق على هذا التأثير إسم الحث الذاتي .

**سؤال :** وضح بالرسم العلاقة بين التيار الكهربائي والزمن في الملف اللولبي عند إغلاق وفتح الدارة ( فسر ) .

جواب :




* لحظة غلق الدارة يقوم المجال المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي الذي يمر في الملف اللولبي بزيادة التدفق المغناطيسي عبر المحث فتنشأ قوة دافعة حثية ذاتية عكسية في الملف تقاوم الزيادة في التيار .




* لحظة فتح الدارة يتناقص المجال المغناطيسي الناتج عن التيار الكهربائي تدريجياً فيسبب تناقصاً في التدفق المغناطيسي عبر المحث ، فتنشأ قوة دافعة حثية ذاتية طردية في الملف تقاوم النقص في التدفق المغناطيسي الناشيء عن تناقص التيار فيه .

* ونظراً لأن التدفق المغناطيسي يتناسب طردياً مع مقدار المجال المغناطيسي ، الذي بدوره يتناسب طردياً مع مقدار التيار الكهربائي المار في الملف ، فإن القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية ($\grave{\varepsilon}_L$) تتناسب طردياً مع المعدل الزمني للتغير في مقدار التيار الكهربائي ، ويعبر عن ذلك رياضياً بالعلاقة :

$$\grave{\varepsilon}_L = - L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

حيث (L) ثابت التناسب ويسمى معامل الحث الذاتي للمحث أو محاثة المحث .

* وتعرف محاثة المحث بأنها " النسبة بين القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية المتولدة بين طرفي المحث والمعدل الزمنيل لتغير في التيار الكهربائي المار فيه " .

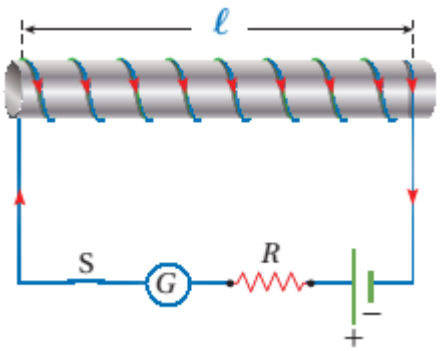
سؤال : العمل الذي تقوم بها المحاثة ؟
جواب : تعمل المحاثة على ابطاء نمو التيار وابطاء تلاشيه في الدارة ، وهو مقياس لممانعة المحث للتغير في مقدار التيار الكهربائي المار فيه .

* تقاس المحاثة بوحدة (V.s/A) وتسمى هنري (H) .

* يعرف الهنري بأنه " محاثة محث تتولد بين طرفيه قوة دافعة كهربائية حثية قدرها (1 V) عندما يكون المعدل الزمني للتغير في مقدار التيار الكهربائي المار فيه (1 A/s) "

سؤال : ماذا نعني بقولنا أن محاثة المحث تساوي (2 H) ؟
جواب : تتولد قوة دافعة كهربائية حثية قدرها (2 V) عندما يتغير التيار الكهربائي المار بالملف بمعدل (1 A/s) .

# محاثة ملف لولبي




* من الشكل الذي يوضح محثاً طوله (L) ، ومساحة مقطعه العرضي (A) ، وعدد لفاته (N) في دارة كهربائية . لحظة غلق المفتاح يتزايد التيار الكهربائي تدريجياً من الصفر إلى (I) خلال مدة زمنية ($\Delta t$) ، ويتزايد التدفق المغناطيسي من الصفر إلى ($\Delta \Phi_B$) خلال المدة الزمنية نفسها . فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية بين طرفي المحث ، ويعبر عنها حسب قانون فارادي :

$$\grave{\varepsilon}_L = - N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$

ويعبر عنها أيضاً بالعلاقة :

$$\grave{\varepsilon}_L = - L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

وبمساواة العلاقتين وتعويض ($\Phi_{Bi} = 0$) عندما ($I = 0$) نحصل على العلاقة :

$$L\, I = N\, \Phi_B$$

ولأن التدفق المغناطيسي الذي يخترقه يعطى بالعلاقة ($\Phi_B = BA$) وبالتعويض عن مقدار المجال المغناطيسي ($B = \frac{\mu I N}{\ell}$) ، يمكن كتابة العلاقة السابقة على النحو الآتي :

$$L\, I = N\, B\, A = N\, A \frac{\mu I N}{\ell}$$

ومنها نجد أن معامل الحث الذاتي يعطى بالعلاقة :

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

**سؤال** : ما العوامل التي يعتمد عليها معامل الحث الذاتي ؟

جواب : 1) مساحة الملف (A) . طردي
2) طول الملف ($\ell$) . عكسي
3) عدد لفات الملف (N) . طردي
4) النفاذية المغناطيسية لمادة قلب المحث ($\mu$) . طردي

T.Saed Assaf

**مثال (1) : إذا علمت أن طول المحث (20.0 cm) ، ومساحة مقطعه العرضي ($2.5 \times 10^{-5}\ m^2$) ، وعدد لفاته (200) لفة والمحث ملفوف حول أنبوب كرتوني يملؤه الهواء ، ويسري فيه تيار كهربائي (5.0 A) ، أحسب ما يأتي :**

**أ) معامل الحث الذاتي .**

**ب) التدفق المغناطيسي الذي يخترق المحث .**

**جـ) القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية المتوسطة المتولدة في المحث إذا عكست اتجاه التيار الكهربائي المار فيه خلال (0.10 s) .**

**الحل :**

أ . أستخدم العلاقة الآتية لحساب معامل الحثّ الذاتيّ للمحثّ مع استخدام النفاذيّة المغناطيسيّة للهواء:

$$L = \frac{\mu_o N^2 A}{\ell} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times (200)^2 \times 2.5 \times 10^{-5}}{20.0 \times 10^{-2}}$$

$$= 6.28 \times 10^{-6}\ H \approx 6.3 \times 10^{-6}\ H$$

ب. أحسب التدفّق المغناطيسيّ باستخدام العلاقة الآتية:

$$LI = N\,\Phi_B$$

أُعيد ترتيبها بجعل ($\Phi_B$) موضوع القانون على النحو الآتي:

$$\Phi_B = \frac{LI}{N}$$

$$= \frac{6.3 \times 10^{-6} \times 5.0}{200} = 1.58 \times 10^{-7}\ Wb$$

جـ. أستخدم العلاقة الآتية لحساب القوة الدافعة الكهربائيّة الحثّية الذاتيّة المتوسطة المتولّدة في المحثّ.

$$\varepsilon_L = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} = -6.3 \times 10^{-6} \times \frac{(-5.0 - 5.0)}{0.10}$$

$$= 6.3 \times 10^{-4}\ V$$

**مثال (2) : محث محاثته (5 H) يتغير التيار فيه من (8 A) إلى (2 A) خلال زمن (0.20 s) ، جد القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية المتوسطة الناتجة .**

**الحل :**

**$\varepsilon_L$ = 150 V**

**مثال (3) :** ملف حلزوني طوله ($20\ cm$) وعدد لفاته ($10^3$) لفة ومساحة مقطعه العرضي ($30\ cm^2$) ، فإذا أدخلت في الملف مادة نفاذيتها المغناطيسية ($4\pi \times 10^{-6}\ Wb/A.m$) احسب محاثة الملف .

الحل :

$$L = \frac{\mu N^2 A}{\ell} = \frac{4\pi \times 10^{-6} \times 10^6 \times 30 \times 10^{-4}}{20 \times 10^{-2}}$$

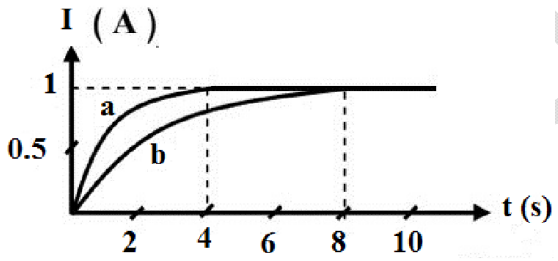
$$= 18.8 \times 10^{-2}\ H$$

**مثال (4) :** ملف دائري عدد لفاته (100) لفة ، يتغير التدفق المغناطيسي خلاله بمقدار ($2\times10^{-4}\ Wb$) في زمن قدره ($5 \times 10^{-4}\ s$) احسب معامل الحث الذاتي للملف إذا تغير مقدار التيار بمعدل ($2\ A/s$) .

الحل :

$$L = 20\ H$$

**مثال (5) :** في تجربة لقياس معدل نمو التيار في دارة مقاومة ومحث رسمت العلاقة بين التيار المار في المحث والزمن فتم الحصول على المنحنى (a) ، وعند تغيير المحاثة تم الحصول على المنحنى (b) ، معتمداً على الرسم أجب عما يلي :




1) أي المنحنيين يمثل المحاثة الأكبر ، ولماذا ؟
2) أذكر طريقتين لزيادة محاثة المحث .

الحل :

T. Saed Assaf

**مثال (6) :** ملف لولبي عدد لفاته (100) لفة ومساحة مقطعه ($2 \times 10^{-4}\ m^2$) وطوله ($4\pi \times 10^{-2}\ m$) م يمر به تيار مقداره (0.2 A) فإذا تلاشى التيار خلال زمن (0.1 s) . احسب :

1) محاثة الملف . ( اعتبر $\mu_\circ = 4\pi \times 10^{-7}\ Wb/A.m$ )

2) القوة الدافعة الحثية المتولدة في الملف . 3) معدل التغير في التدفق المغناطيسي .

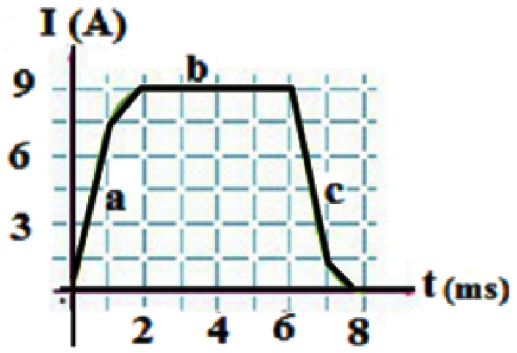
الحل :

$$1)\ L = \frac{\mu_\circ N^2 A}{\ell} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10^4 \times 2 \times 10^{-4}}{4\pi \times 10^{-2}} = = 2 \times 10^{-5}\ H$$

$$2)\ \grave{\varepsilon}_L = - L \frac{\Delta I}{\Delta t} = - 2 \times 10^{-5} \times \frac{(0 - 0.2)}{0.1} = 4 \times 10^{-5}\ V$$

$$3)\ \grave{\varepsilon}_L = - N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \Rightarrow 4 \times 10^{-5} = - 100 \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = - 4 \times 10^{-7}\ Wb/s$$

**مثال (7) :** يتغير التيار في دارة محث محاثته (0.2 H) من لحظة غلق دارته حتى تلاشي التيار فيها بعد فتح المفتاح حسب المنحنى في الشكل أجب عما يلي :




1) ماذا تمثل كل فترة من الفترات ( a ، b ، c ) .

2) احسب القوة الدافعة الحثية الذاتية المتولدة في كل فترة .

الحل :

T.Saed Assaf

1) (a) نمو التيار , (b) ثبوت التيار , (c) تلاشي التيار . 2) $\grave{\varepsilon}_{La} = -900\ V$ , $\grave{\varepsilon}_{Lb} = 0$ , $\grave{\varepsilon}_{Lc} = 900\ V$

**مثال (8) :** ملف حلزوني طوله ($8\pi$ cm) وعدد لفاته (100) لفة ومساحة مقطعه ($6\ cm^2$) ، وينشأ فيه تيار كهربائي مقداره (0.25 A) ، ولوحظ أنه عند فتح دارة الملف اللولبي يصبح التيار فيه صفراً خلال (0.05 s) أوجد متوسط القوة الدافعة الحثية المتولدة في الملف .

**الحل :**

$\grave{\varepsilon}_L = 15 \times 10^{-5}\ V$

**سؤال :** يبين الشكل دارتين كهربائيتين ، اعتماداً على مكونات كل دارة ، صف إضاءة المصباح في كل من الدارتين مفسراً إجابتك ، في الحالات :

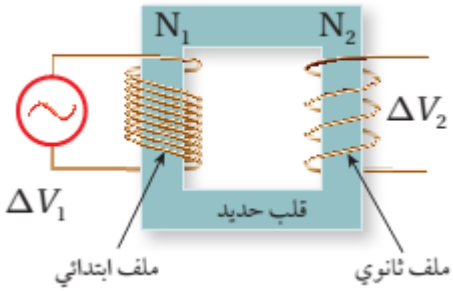
أ) لحظة إغلاق الدارتين .

ب) بعد مرور فترة زمنية كافية على إغلاق الدارتين .

**جواب :**

T. Saed Assaf

## المحول الكهربائي ونقل الطاقة




* يستخدم المحول الكهربائي للتقليل من الطاقة الكهربائية المفقودة في أثناء عملية نقل التيار الكهربائي عبر الأسلاك لمسافات طويلة بسبب وجود المقاومة الكهربائية للأسلاك الناقلة .

* يعتبر المحول الكهربائي من التطبيقات العملية للحث الكهرومغناطيسي ، ويتكون من ملفين من الأسلاك الموصلة ملفوفين على قلب حديدي مشترك ، على نحو ما هو مبين في الشكل يسمى الملف الأول بالملف الإبتدائي ، ويتكون من ($N_1$) لفة ويتصل بمصدر فرق جهد متغير مقداراً واتجاهاً يسمى فرق الجهد المتردد ، ورمزه ( ~ ) ، في حين يسمى الملف الثاني بالملف الثانوي ، ويتكون من ($N_2$) لفة ، ويتصل بجهاز مستهلك للطاقة ، مثل مصباح أو مقاومة .

* يولد مصدر فرق الجهد المتردد تياراً كهربائياً متردداً ، أي متغير في المقدار والإتجاه فيتولد في الملف الإبتدائي مجال مغناطيسي متغير مع الزمن داخل الملف ، مما يؤدي إلى تغير في التدفق المغناطيسي ومن قانون فارادي فإن فرق الجهد :

$$\Delta V_1 = - N_1 \frac{d\Phi_B}{dt}$$

يعمل القلب الحديدي على زيادة المجال المغناطيسي داخل الملف الإبتدائي ، وتدفق عدد أكبر من خطوط المجال المغناطيسي إلى الملف الثانوي ، مما يولد فرق جهد كهربائي في الملف الثانوي (على فرض عدم وجود طاقة مفقودة أي المحول مثالي)

$$\Delta V_2 = - N_2 \frac{d\Phi_B}{dt}$$

وبتعويض التغير في التدفق من العلاقة الأولى في العلاقة الثانية ينتج :

$$\frac{\Delta V_1}{\Delta V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

## أنواع المحولات :

1) محول رافع للجهد ( محول أعلى ) إذا كان $N_1 < N_2$ أي $\Delta V_1 < \Delta V_2$ ويكون خافضاً للتيار حيث $I_1 > I_2$ .

2) محول خافض للجهد ( محول أدنى ) إذا كان $N_1 > N_2$ أي $\Delta V_1 > \Delta V_2$ ويكون رافعاً للتيار حيث $I_1 < I_2$ .

3) المحول المثالي : هو المحول الذي تكون القدرة الكهربائية الداخلة في الملف الإبتدائي مساوية للقدرة الكهربائية الناتجة عن الملف الثانوي ويكون :

$$P_1 = P_2 \rightarrow I_1 \Delta V_1 = I_2 \Delta V_2$$

T.Saed Assaf

**سؤال :** يعمل المحول على تيار متناوب ؟
جواب : للحصول على تغير في التدفق المغناطيسي بشكل دائم .

**سؤال (علل) :** تستخدم شركة الكهرباء محولات رافعة للجهد ومحولات خافضة للجهد ؟
جواب : عند نقل الطاقة مسافات كبيرة تستخدم شركة الكهرباء أسلاك توصيل ذات مقطع عرضي صغير نسبياً لتقليل التكلفة المالية ، لكن هذا يؤدي إلى مقاومة كبيرة ، لذلك يجب خفض قيمة التيار الكهربائي لتقليل الطاقة المفقودة ، ولذلك يستخدم محول رافع للجهد في محطات توليد الطاقة لرفع الجهد إلى (230 kV) مع ثبات قيمة القدرة ؛ ما يؤدي لخفض قيمة التيار الكهربائي في خطوط نقل الطاقة ، ثم تستخدم محولات خافضة للجهد حتى تصل قيمة فرق الجهد في الأحياء السكنية إلى (230 V) . والمحولات المستخدمة عملياً لا تكون مثالية .

**سؤال :** علام تعتمد النسبة بين القوة الدافعة الكهربائية في كل من دارتي الملفين الابتدائي والثانوي للمحول نفسه ؟
جواب : تعتمد القوة الدافعة الكهربائية على نسبة عدد لفات السلك في الملف الابتدائي إلى عدد لفات السلك في الملف الثانوي .

**مثال (1) :** محّول كهربائي عدد لفات ملفه الابتدائي (500) لفة ، وعدد لفات ملفه الثانوي (200) لفة وصل طرفا ملفه الابتدائي بمصدر كهربائي (5 V) فولت جد :
1) جهد الملف الثانوي .
2) ما نوع المحول المستخدم .

الحل :

$$1)\ \frac{\Delta V_1}{\Delta V_2} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow \frac{5}{\Delta V_2} = \frac{500}{200} \rightarrow \Delta V_2 = 2\ V$$

2) محول خافض للجهد

**مثال (2) :** محول كهربائي مثالي خافض للجهد يتصل ملفه الإبتدائي بمصدر فرق جهد (240 V) ، ويتصل ملفه الثانوي بمصباح كهربائي مقاومته (2 Ω) ، وعدد لفات ملفه الإبتدائي (1200) لفة ، ولفات الملف الثانوي (30) لفة .
1) أحسب فرق الجهد بين طرفي الملف الثانوي .
2) أحسب تيار الملف الإبتدائي .

الحل :

$$1)\ \frac{\Delta V_1}{\Delta V_2} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow \frac{240}{\Delta V_2} = \frac{1200}{30} \rightarrow \Delta V_2 = 6\ V$$

$$2)\ I_2 = \frac{\Delta V_2}{R_2} = \frac{6}{2} = 3\ A$$

$$I_1 \Delta V_1 = I_2 \Delta V_2 \rightarrow I_1 \times 240 = 3 \times 6 \rightarrow I_1 = 0.075\ A$$

**مثال (3) : إذا كان عدد لفات الملف الابتدائي لمحول كهربائي (500) لفة ، وعدد لفات ملفة الثانوي (50) لفة .**
**ما مقدار فرق الجهد الناتج في الملف الثانوي عند وصل المحول بمصدر جهد يعطي (250) فولت .**

**الحل :**

$\Delta V_2 = 25\ V$

**مثال (4) : محول مثالي نسبة عدد لفات ملفه الإبتدائي إلى عدد لفات ملفه الثانوي كنسبة (1 : 5 ) وكان فرق الجهد بين طرفي الملف الإبتدائي (100 V) ، ومقدار التيار فيه (0.025 A) ، احسب :**

**1) فرق الجهد بين طرفي الملف الثانوي .** **2) مقدار التيار في الملف الثانوي .**
**3) ما نوع المحول .**

**الحل :**

**1)** $\frac{\Delta V_1}{\Delta V_2} = \frac{N_1}{N_2} \rightarrow \frac{100}{\Delta V_2} = \frac{1}{5} \rightarrow \Delta V_2 = 500\ V$

**2)** $I_1 \Delta V_1 = I_2 \Delta V_2 \rightarrow 0.025 \times 100 = I_2 \times 500 \rightarrow I_2 = 0.005\ A$

**3) محول رافع للجهد**

**مثال (5) : محول كهربائي مثالي نسبة عدد لفات ملفه الثانوي إلى الإبتدائي كنسبة ( 1 : 10 ) فإذا علمت أن القدرة الكهربائية المدخلة في الملف الإبتدائي (150 W) ، وفرق الجهد بين طرفيه (200 V) ، احسب ما يأتي :**

**1) تيار الملف الإبتدائي .**
**2) فرق الجهد بين طرفي الثانوي .**
**3) تيار الملف الثانوي .**
**4) قدرة الملف الثانوي .**

**الحل :**

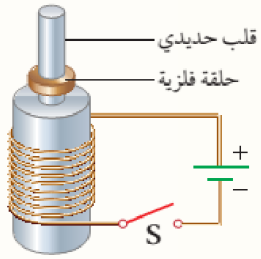
**1)** $I_1 = 0.75\ A$ **. 2)** $V_2 = 20\ V$ **. 3)** $I_2 = 7.5\ A$ **. 4)** $P_2 = 150\ W$

# مراجعة الدرس

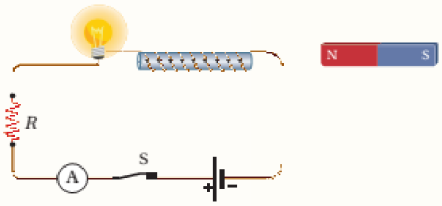
1. **الفكرة الرئيسة:** ما المقصود بالتدفّق المغناطيسيّ؟ ومتى يتولّد تيار كهربائيّ حثّي وقوة دافعة كهربائيّة حثيّة في دارة كهربائيّة؟

2. **أُحلّل وأستنتج:** يستخدم النيوديميوم لصنع مغانط قويّة. لديّ قطعتا نيوديميوم متماثلتان، إحداهما ممغنطة والأخرى غير ممغنطة، وأُنبوب نحاسيّ طوله ($\ell$). عندما أُمسك بالقطعة الممغنطة على ارتفاع معيّن فوق الأنبوب النحاسيّ، ثم أُسقطها بداخله فإنّها تستغرق زمنًا ($t$) لتخرج من فوّهته المقابلة. إذا أسقطت قطعة النيوديميوم غير الممغنطة خلال الأنبوب نفسه من الارتفاع نفسه، فهل تستغرق زمنًا أكبر من الزمن ($t$) أم أقلّ منه لتخرج من فوّهته المقابلة؟ أُفسّر إجابتي.

3. **أُحلّل وأستنتج:** ملفّ لولبيّ ملفوف على قلب حديديّ، وفوقه حلقة فلزيّة حرّة الحركة، على نحو ما هو موضّح في الشكل المجاور. عند إغلاق المفتاح (S) تقفز الحلقة الفلزيّة إلى أعلى. أُفسّر هذا السلوك للحلقة.



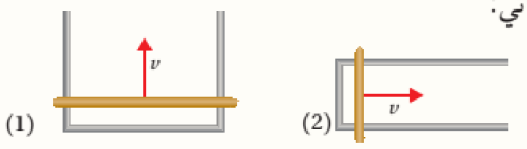

4. **أتوقّع:** يوضّح الشكل المجاور دارة كهربائيّة مغلقة. أتوقّع ما يحدث لإضاءة المصباح في أثناء:




أ. تقريب القطب الشمالي للمغناطيس من المحثّ.

ب. تقريب القطب الجنوبي للمغناطيس من المحثّ.

5. **أحلل وأستنتج:** يبيّن الشكل المجاور دارتين موضوعتين في مجال مغناطيسي منتظم مقداره ($B$)، الموصل المستقيم في الدارة (1) طوله ($2l$) وفي الدارة (2) طوله ($l$). الموصلان المستقيمان تحرّكا بمقدار السرعة نفسه ($v$)، فتولّد في الدارة (1) تيار كهربائي حثّي باتجاه حركة عقارب الساعة. أُجيب عمّا يأتي:




أ . ما اتجاه المجال المغناطيسي ($B$)؟

ب. ما اتجاه التيار الكهربائي الحثّي في الدارة (2)؟

جـ. هل مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثّيّة المتولِّدة في الدارة (1)، أكبر أم أقل أم مساويًا لمقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثّيّة المتولِّدة في الدارة (2)؟ أفسر إجابتي.

6. **أحسب:** محثّ معامل حثّه الذاتيّ ($4.0 \times 10^{-4}$ H)، موصول بدارة كهربائيّة. إذا تغيّر مقدار التيار الكهربائيّ المارّ فيها من (0.0 A) إلى (8.0 A) خلال (0.10 s)، أحسب القوة الدافعة الكهربائيّة الحثّيّة الذاتيّة المتوسطة المتولّدة في المحثّ.

7. **أستخدم المتغيّرات:** يُستخدم في شبكات توزيع الكهرباء محوّل خافض للجهد، عدد لفات ملفّه الابتدائي (6900) والثانوي (600)، فما مقدار فرق الجهد بين طرفي ملفّه الثانوي، إذا كان فرق الجهد بين طرفي الملف الابتدائي (230 kV)؟

مراجعة الدرس 1

1. التدفق المغناطيسي يُعبّر عنه رياضيًّا بأنّه ناتج الضرب القياسي لمتجه المجال المغناطيسي $(B)$ ومتجه المساحة $(A)$، رمزه $(\Phi)$. ويتولّد تيار كهربائي حثّي وقوة دافعة كهربائية حثية في دارة كهربائية مغلقة عندما يتغير التدفق المغناطيسي الذي يخترقها.

2. تستغرق قطعة النيوديميوم غير الممغنطة زمنًا أقلّ من الزمن $(t)$ لتخرج من فوهته المقابلة، وأُفسّر ذلك كما يأتي: تسقط قطعة النيوديميوم غير الممغنطة سقوطًا حرًّا تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية فقط، وبتسارع السقوط الحر. بينما في أثناء سقوط قطعة النيوديميوم الممغنطة نحو الأنبوب النحاسي يحدث تغيّر في التدفق المغناطيسي الذي يخترقه، فتتولّد قوة دافعة كهربائية حثية في الأنبوب تسبّب مرور تيار كهربائي حثّي في الاتجاه الذي ينشأ عنه مجال مغناطيسي معاكس لاتجاه المجال المغناطيسي لقطعة النيوديميوم، فتتأثر قطعة النيوديميوم بقوة تنافر مغناطيسية نحو الأعلى تُقلل من مقدار القوة المحصلة المؤثرة فيها نحو الأسفل، فتسقط بسرعة أقل مقارنة بالقطعة غير الممغنطة.

3. عند إغلاق المفتاح S يسري تيار كهربائي في الملف اللولبي، ويصبح مغناطيسًا كهربائيًّا، فيخترق مجاله المغناطيسي الحلقة الفلزية، فينشأ فيها تيار كهربائي حثّي يولّد مجالًا مغناطيسيًّا يُقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي، حيث يكون مجاله المغناطيسي معاكس للمجال المغناطيسي الخاص بالملف، فتنشأ قوة تنافر مغناطيسي تدفع الحلقة الحرّة الحركة لأعلى.

---

4. أ. في أثناء تقريب القطب الشمالي للمغناطيس من المحث يزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترقه فيتولد فيه تيار كهربائي حثي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يجعل طرف المحث القريب من المغناطيس قطبًا شماليًّا لمقاومة الزيادة في التدفق المغناطيسي، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى أجد أن اتجاه التيار الكهربائي الحثّي في المحث يكون باتجاه التيار الأصلي المار فيه، فتزداد شدة إضاءة المصباح.

ب. في أثناء تقريب القطب الجنوبي للمغناطيس من المحث يزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترقه فيتولد فيه تيار حثي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يجعل طرف المحث القريب من المغناطيس قطبًا جنوبيًّا لمقاومة الزيادة في التدفق المغناطيسي، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى أجد أن اتجاه التيار الكهربائي الحثّي في المحث يكون بعكس اتجاه التيار الكهربائي الأصلي المار فيه، فتقل شدة إضاءة المصباح.

---

5. أ. نتيجة لحركة الموصل إلى أعلى يزداد التدفق المغناطيسي عبر الدارة التي يُعدّ الموصل جزءًا منها، فيتولد في الدارة قوة دافعة كهربائية حثية تؤدي إلى سريان تيار كهربائي حثّي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يعاكس المجال المغناطيسي (B) كي يُقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي. وبما أن التيار المتولد في الدارة باتجاه حركة عقارب الساعة فإن المجال المغناطيسي الناتج عنه يكون باتجاه $(-z)$، لذلك يكون المجال (B) باتجاه $(+z)$

ب. يكون اتجاه التيار الكهربائي الحثّي في الدارة (2) باتجاه حركة عقارب الساعة؛ لكي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يُعاكس المجال المغناطيسي الأصلي ويقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي.

ج. مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الدارة (1) أكبر منها في الدارة (2)؛ إذ أنّ: $(\dot{\varepsilon} = B\ell v)$، ومقدار المجال المغناطيسي ومقدار السرعة في الشكلين متساوٍ، ولكن طول الموصل في الشكل (1) أكبر، لذا القوة الدافعة الكهربائية الحثية فيها أكبر.

6. أستخدم العلاقة الآتية لحساب القوة الدافعة الكهربائية الحثية الذاتية المتوسطة المتولدة في المحث.

$$\dot{\varepsilon} = -L\,\frac{\Delta I}{\Delta t} = -4.0 \times 10^{-4} \times \frac{(8.0 - 0.0)}{0.10} = -3.2 \times 10^{-2}\ \text{V}$$

7. أستخدم العلاقة الآتية لحساب فرق الجهد بين طرفي الملف الثانوي.

$$\frac{\Delta V_1}{\mathrm{N}_1} = \frac{\Delta V_2}{\mathrm{N}_2}$$

$$\Delta V_2 = \mathrm{N}_2\,\frac{\Delta V_1}{\mathrm{N}_1} = 600 \times \frac{2.30 \times 10^5}{6900} = 2.0 \times 10^4\ \text{V}$$

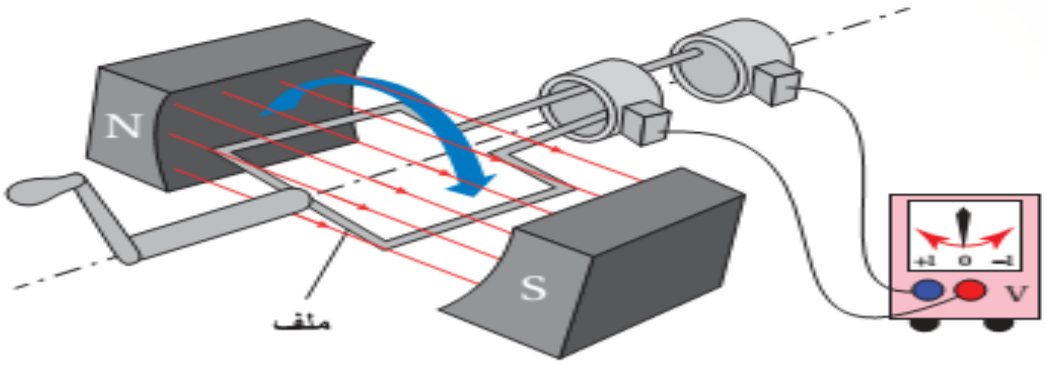
## الدرس الثاني / دارات التيار الكهربائي المتردد

## التيار الكهربائي المتردد

تعمل أغلب الأجهزة الكهربائيّة التي نستخدمها؛ مثل الثلاجة والمكيّف والمدفأة الكهربائيّة بالتيار المتردّد الذي تزوّدنا به محطات توليد الطاقة الكهربائيّة.

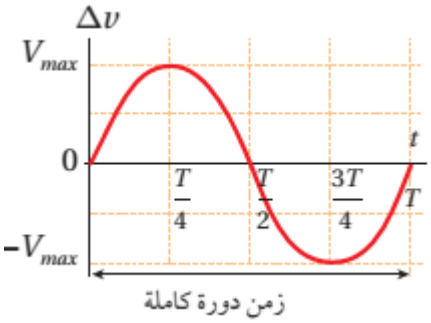
ونحصل على التيار المتردّد من المولّد الكهربائيّ الذي يتكوّن في أبسط أشكاله من ملفّ أحاديّ مصنوع من سلك فلزّي معزول، يدور داخل مجال مغناطيسي. وعندما يدور الملف تتغير الزاوية المحصورة بين متّجه مساحته واتّجاه المجال المغناطيسي، ما يؤدّي إلى تغيّر في التدفّق المغناطيسيّ خلال الملفّ، فتتولّد قوة دافعة كهربائيّة حثيّة بين طرفيه الموصولين بفولتميتر، على نحو ما هو موضّح في الشكل(26).

عند دوران الملفّ يتذبذب مؤشّر الفولتميتر يمينًا ويسارًا على جانبي الصفر، ما يعني أن القوة الدافعة الكهربائيّة الحثّية المتولّدة في الملف تغيّر مقدارها واتجاهها باستمرار، فيكون أحد طرفي الملف موجبًا، والآخر سالبًا خلال نصف الدورة الأول، ثم تنعكس قطبيته خلال النصف الثاني من الدورة.




الشكل (26): مولّد كهربائيّ يتصل طرفا ملفّه بفولتميتر.

## فرق الجهد المتردد




* أثناء دوران ملف في مجال مغناطيسي منتظم تتغير الزاوية بين متجهي المجال المغناطيسي والمساحة ، مما يجعل التدفق المغناطيسي عبر الملف يتغير باستمرار . وبتطبيق قانون فارادي في الحث على الملف في أثناء دورانه ، أجد أن القوة الدافعة الكهربائية الحثية تتغير وفق علاقة جيبية ، لذا فإن فرق الجهد بين طرفي الملف يتغير مع الزمن ، ويسمى فرق جهد متردد ، يعبر عنه بالعلاقة :

$$\Delta V = V_{max} \sin \omega t$$

** حيث $V_{max}$ هي القيمة العظمى لفرق الجهد وتسمى **السعة** .

**سؤال :** على ماذا يعتمد مقدار فرق الجهد ؟

جواب : 1) مقدار المجال المغناطيسي . 2) مساحة مقطع الملف . 3) عدد لفات الملف . 4) التردد الزاوي ($\omega$) .

* عند دوران ملف بتردد (f) وزمن دوري (T) ، فإن :

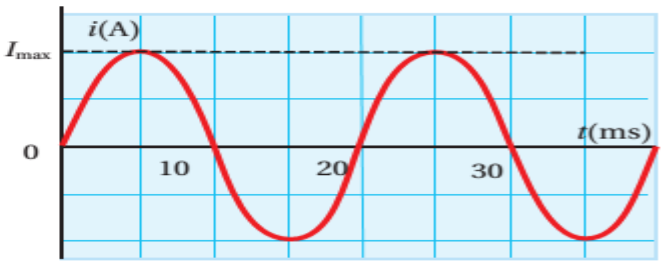
$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

لاحظ أن :

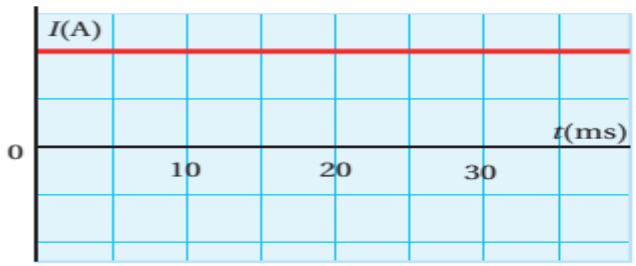
$$f = \frac{1}{T}$$

## المقارنة بين التيار الكهربائي المتردد و التيار الكهربائي المستمر

* يزودنا المولد الكهربائي بتيار متردد وتزودنا البطاريات بمختلف أنواعها بتيار كهربائي مستمر



( أ ) : علاقة التيار المتردّد بالزمن.



(ب): علاقة التيار المستمر بالزمن.

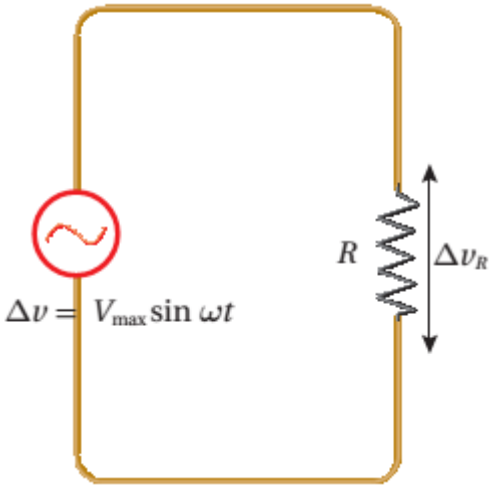
* نلاحظ من الشكل السابق (أ) أن مقدار التيار المتردد يتغير باستمرار مع الزمن ، **ويتغير اتجاه سريانه كل نصف دورة (180°)** بسبب تغير اتجاه القوة الدافعة الكهربائية الحثية المسببة له ، ونلاحظ من الشكل (ب) أن التيار المستمر ثابت في المقدار وفي الإتجاه .

**سؤال :** ما نوع التيار الذي تزوده شركة الكهرباء للمنازل والمباني ؟
جواب : تيار متردد .

**سؤال :** ما نوع التيار المستخدم لتشغيل الأجهزة التالية : الحاسوب ، التلفاز ، الهاتف ، المدفأة ، الغسالة ؟
جواب : الحاسوب و التلفاز و الهاتف تيار مستمر ، المدفأة و الغسالة تيار متردد

**سؤال :** تيار القابس في المنازل هو تيار متردد فكيف تعمل الأجهزة التي تحتاج تيار مستمر ؟
جواب : تكون مزودة بدارة تحول التيار الكهربائي من متردد إلى مستمر .

## دارات التيار الكهربائي المتردد البسيطة




*** مقاومة في دارة تيار كهربائي متردد :**

تتكون دارة التيار المتردد في أبسط أشكالها من مصدر فرق جهد متردد ومقاومة (R) ، وحسب قاعدة كيرشوف بأن المجموع الجبري للتغيرات في الجهود في دارة مغلقة عند أي لحظة زمنية صفراً ، وعليه نتوصل إلى أن فرق الجهد بين طرفي المقاومة ($\Delta V_R$) يساوي فرق الجهد للمصدر ويعبر عنه بالعلاقة :

$$\Delta V_R = \Delta V = V_{max} \sin \omega t$$

** حيث ($\Delta V_R$) : فرق الجهد بين طرفي المقاومة عند لحظة ما .

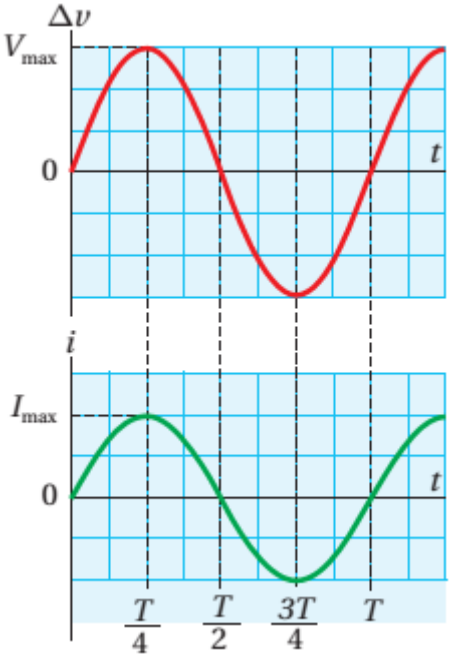
* ونظراً إلى أن التيار المتردد (i) يساوي ($i = \frac{\Delta V}{R}$) ، لذا يكون التيار الكهربائي المار عند لحظة ما هو :

$$i_R = \frac{\Delta V_R}{R} = \frac{V_{max}}{R} \sin \omega t = I_{max} \sin \omega t$$

** حيث ($I_{max}$) القيمة العظمى للتيار ؛ ($I_{max} = \frac{V_{max}}{R}$)

وبتعويض قيمة ($V_{max} = I_{max} R$) فإنه يمكن التعبير عن فرق الجهد بين طرفي المقاومة بالعلاقة :

$$\Delta V_R = I_{max} R \sin \omega t$$




* يوضح الشكل المجاور العلاقة بين التغير في فرق الجهد بين طرفي المقاومة والتغير في التيار المار فيها بالنسبة إلى الزمن في دارة تيار متردد يحوي مقاومة فقط .

## القدرة المستهلكة في المقاومة

* لحساب القدرة المتوسطة ( $\overline{P}$ ) المستهلكة في المقاومة عند سريان تيار متردد فيها ، نستخدم العلاقة ($P = I^2 R$) كما مر سابقاً ، لكننا نحتاج إلى قيمة ثابتة للتيار تكافيء (I) ؛ هذه القيمة يرمز لها بالرمز ($I_{rms}$) ، وتقرأ (root - mean - square) وتعني الجذر التربيعي للقيمة المتوسطة لمربع التيار ، ووسنطلق عليه اسم القيمة الفعالة وتحسب قيمته من العلاقة :

$$I_{rms} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 0.71\ I_{max}$$

* أي أن القدرة المتوسطة المستهلكة في مقاومة عند سريان تيار متردد فيها ، هي القدرة المستهلكة نفسها الناتجة عن سريان تيار ثابت في المقاومة نفسها وبذلك فإن القدرة المتوسطة المستهلكة في المقاومة عند سريان تيار متردد فيها تحسب باستخدام العلاقة :

$$\overline{P} = I^2_{rms}\ R$$

* وبالمثل يمكن حساب قيمة ثابتة لفرق الجهد المتردد يرمز إليها بـِ ($V_{rms}$) ويعبر عنها بالعلاقة :

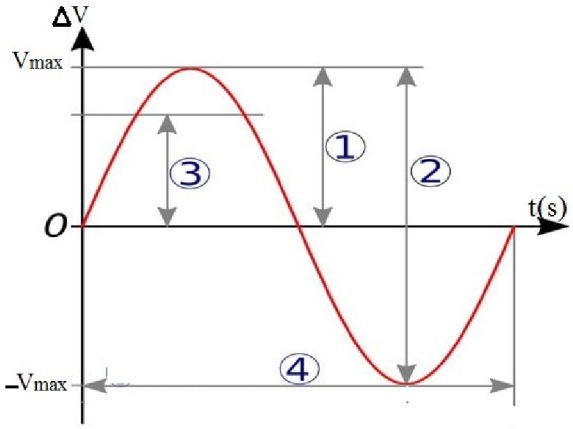
$$V_{rms} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} = 0.71\ V_{max}$$

T.saed Assaf

**سؤال :** كيف نحصل على منحنى (فرق الجهد المتردد - الزمن ) ؟
جواب : باستخدام جهاز راسم الذبذبات .

**سؤال :** لماذا تكون القيمة الفعالة للتيار المتناوب أقل من القيمة العظمى له ؟
جواب : لوحظ أن مقدار القدرة التي ينتجها التيار المستمر لا تساوي القدرة التي ينتجها التيار المتردد عند نفس قيمة التيار المستمر . والتيار الفعال أو القيمة الفعالة للتيار هي قيمة التيار التي تعطي نفس القدرة المتوسطة التي ينتجها التيار المستمر في المقاومة .

**سؤال :** من الشكل المجاور ما دلالة الأرقام 1 ، 2 ، 3 ، 4 ؟
جواب :




1) القيمة العظمى لفرق الجهد .
2) الإزاحة بين القيمة العظمى والقيمة الصغرى .
3) القيمة الفعالة لفرق الجهد ($V_{rms}$) .
4) زمن الدورة الواحدة .

**مثال (1) :** يزودنا مولد كهربائي بفرق جهد متردد قيمته العظمى تساوي (310 V) وتردده (50 Hz) . أكتب معادلة فرق الجهد المتردد ، ثم أجد مقدار فرق الجهد عند اللحظة ($t = \frac{1}{600}$ s) .

الحل : أحسب ($\omega$) باستخدام العلاقة :

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50 = 100\pi \text{ rad/s}$$

ثمّ أكتب معادلة فرق الجهد :

$$\Delta v = V_{max} \sin \omega t = 310 \sin 100\pi t$$

أجد مقدار فرق الجهد عند اللحظة ($t = \frac{1}{600}$ s).

$$\Delta v = 310 \sin (100\pi \times \frac{1}{600}) = 155 \text{ V}$$

**مثال (2) :** القيمة العظمى لمصدر فرق الجهد المتردد في دارة كهربائية (56 V) ، والقيمة العظمى للتيار المتردد (2.8 A) أحسب القيمتين الفعالتين ($V_{rms}$ ، $I_{rms}$) للجهد والتيار في الدارة ، وما المقدار المتوقع لمقاومة الدارة ؟
الحل :

$$V_{rms} = 0.71\ V_{max} = 0.71 \times 56 = 40 \text{ V}$$

$$I_{rms} = 0.71\ I_{max} = 0.71 \times 2.8 = 2 \text{ A}$$

$$R = \frac{V_{max}}{I_{max}} = \frac{V_{rms}}{I_{rms}} = \frac{40}{2} = 20\ \Omega$$

**مثال (3) : جهاز كهربائي مقاومته (65 Ω) ، وصل بمصدر فرق جهد متردد ، إذا علمت أن القيمة العظمى لفرق الجهد المتردد بين طرفيه (325 V) ، وتردده (60 Hz) ، أحدد :**

**أ) الزمن الدوري لفرق الجهد المتردد .**

**ب) القيمة العظمى للتيار المتردد الذي يسري في الجهاز .**

**جـ) الإقتران الذي يعبر عن التيار المتردد بدلالة الزمن (t) .**

**الحل :**

أ.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{60.0} = 0.017\ \text{s}$$

ب.

$$I_{max} = \frac{V_{max}}{R} = \frac{325}{65} = 5\ \text{A}$$

جـ.

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 60 = 120\pi$$

$$i_R = I_{max} \sin(\omega t) = 5 \sin(120\pi t)$$

**مثال (4) : مدفأة كهربائية مقاومتها (40 Ω) تعمل على فرق جهد متردد بوحدة الفولت معبر عنه بالعلاقة (310 sinωt) حيث (t) بوحدة الثانية ، أحسب :**

**أ) مقدار القيمة الفعالة للتيار الذي يسري في المدفأة .**

**ب) القدرة الكهربائية المتوسطة المستهلكة في مقاومة المدفأة .**

**الحل :**

أ. مقارنةً بالمعادلة $\Delta v = V_{max} \sin \omega t$، أجد أنّ:

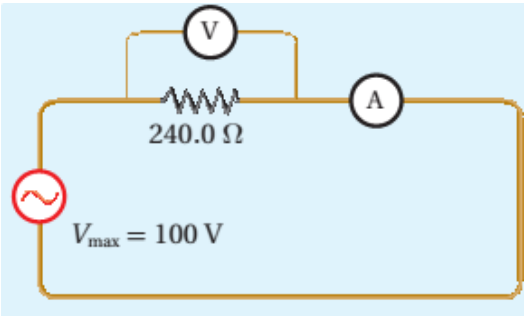
$$V_{max} = 310\ \text{V}$$

$$I_{max} = \frac{V_{max}}{R} = \frac{310}{40} = 7.75\ \text{A}$$

$$I_{rms} = 0.71\ I_{max} = 0.71 \times 7.75 \approx 5.5\ \text{A}$$

ب.

$$\overline{P} = I_{rms}^2 R = 5.5^2 \times 40 = 1210\ \text{W}$$




**مثال (5) :** من الشكل دارة كهربائية تتكون من مقاومة مقدارها (240 Ω) وصلت بمصدر فرق جهد متردد ، حيث القيمة العظمى لفرق الجهد بين طرفيه (100 V) . استخدم أميتر وفولتميتر مثاليين لقياس التيار وفرق الجهد بين طرفي المقاومة . أحسب قراءة كل من الأميتر والفولتميتر .

**الحل :**

$V_{rms} = 71$ V , $I_{rms} = 0.3$ A

**مثال (6) :** مكواة ملابس تعمل على مصدر جهد متردد حيث أن قيمة التيار العظمى ($5\sqrt{2}$ A) . أحسب الطاقة الحرارية الناتجة عن تشغيل المكواة لمدة ساعة ، علماً أن مقاومة المكواة الأومية تساوي (1000 Ω) .

**الحل :**

$E = 9 \times 10^7$ J

**مثال (7) :** يتصل فرن كهربائي بمصدر تيار متناوب AC ، القيمة الفعالة لجهد الفرن (240 V) :

1) أحسب القيمة العظمى للجهد خلال أحد أجزاء الفرن عند تشغيله .

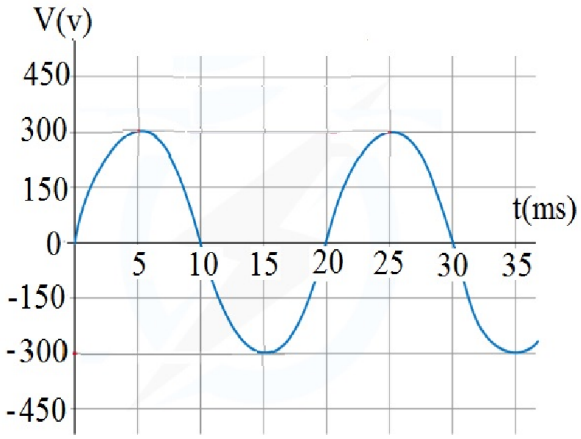
2) إذا كانت مقاومة عنصر التشغيل (11 Ω) فما مقدار القيمة الفعالة للتيار الكهربائي للفرن .

**الحل :**

1) $V_{max} = \frac{V_{rms}}{0.71} = \frac{240}{0.71} = 338$ V

2) $I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{240}{11} = 21.8$ A

**مثال (8) :** يمثل الرسم البياني المجاور منحنى فرق الجهد الكهربائي المتردد الناشيء عن دوران ملف مولد كهربائي حول محور متعامد مع مجال مغناطيسي منتظم . اعتماداً على البيانات الواردة في الرسم أجب عما يأتي :




1) ما القيمة العظمى لفرق الجهد المتردد .
2) ما الزمن الدوري لدوران الملف .
3) أحسب تردد فرق الجهد الناتج عن المولد .
4) أجد السرعة الزاوية لدوران الملف .
5) أكتب المعادلة الجيبية لفرق الجهد الناتج عن المولد .

**الحل :**

1) $V_{max} = 300\ V$

2) $T = 20\ ms$

3) $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \times 10^{-3}} = 50\ Hz$

4) السرعة الزاوية = التردد الزاوي

$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50 = 100\pi$

5) $\Delta V = V_{max} \sin(\omega t)$

$\Delta V = 300 \sin(100\pi t)$

**مثال (9) :** مولد كهربائي AC يولد فولتية عظمى مقدارها (150 V) ، ويزود دارة خارجية بتيار كهربائي قيمته العظمى (30.0 A) ، احسب :

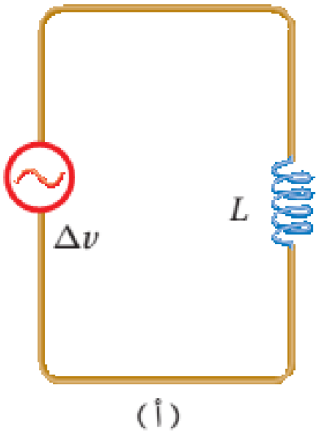
1) القيمة الفعالة للجهد الكهربائي للمولد .
2) التيار الفعال الذي يزود به المولد الدارة الخارجية .
3) القدرة الفعالة المستهلكة في الدارة .

**1) $V_{rms} = 106.5\ V$ . 2) $I_{rms} = 21.3\ A$ . 3) $P = 2.27\ KW$**

# المعـــاوقـــة Reactance

**سؤال :** وضح المقصود بالمعاوقة ؟

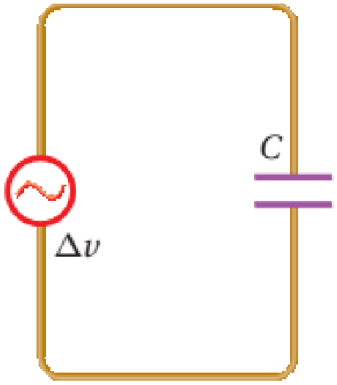
جواب : هي خاصية للمادة وهي الممانعة التي تبديها عناصر الدارة (محث أو مواسع) لمرور التيار الكهربائي فيها ويرمز لها بالرمز (X) وتقاس بوحدة المقاومة نفسها وهي الأوم (Ω) .



(أ)

* الشكل (أ) يبين دارة مصدر تيار كهربائي متردد ومحث عديم المقاومة ومنه نستنتج أن الكمية (ωL) في دارة المحث تؤدي دور المقاومة (R) في دارة المقاومة وتسمى **المعاوقة الحثية ورمزها ($X_L$)** وتتناسب طردياً مع تردد المصدر حسب العلاقة :

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$



(ب)

* الشكل (ب) يبين دارة مصدر تيار كهربائي متردد ومواسع مواسعته (C) ومنه نستنتج أن الكمية ($\frac{1}{\omega C}$) في دارة المواسع تؤدي دور المقاومة (R) في دارة المقاومة وتسمى **المعاوقة المواسعية ورمزها ($X_C$)** وتتناسب عكسياً مع تردد المصدر حسب العلاقة :

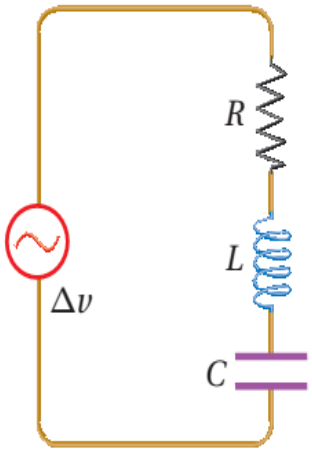
$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

* الجدول التالي يوضح العلاقات المكافئة بين المقاومة في دارة مقاومة وبين المعاوقة في دارة محث ودارة مواسع :

| عناصر الدارة | المقاومة/ المعاوقة | $I_{max}$ | $I_{rms}$ |
|---|---|---|---|
| مقاومة | $R$ | $I_{max} = \frac{V_{max}}{R}$ | $I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R}$ |
| محثّ | $X_L = \omega L$ | $I_{max} = \frac{V_{max}}{X_L}$ | $I_{rms} = \frac{V_{rms}}{X_L}$ |
| مواسع | $X_C = \frac{1}{\omega C}$ | $I_{max} = \frac{V_{max}}{X_C}$ | $I_{rms} = \frac{V_{rms}}{X_C}$ |

T.Saed Assaf

## مقاومة ومحث ومواسع (RLC) على التوالي في دارة تيار كهربائي متردد




* تجمع هذه الدارة جميع العناصر ، مقاومة (R) ومحث (L) ومواسع (C) ، وسيرمز إلى المعاوقة الكلية بالرمز (Z) ويعبر عنها بالعلاقة :

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

وبصورة مماثلة لدارات التيار المستمر يمكن استخدام القيمة الفعالة للتيار المتردد :

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z}$$

وبتعويض قيمة المعاوقة الكلية (Z) تصبح العلاقة :

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

* يمكن الحصول على تيار فعال له أكبر قيمة ممكنة عندما تكون قيمة المقام أصغر ما يمكن وهنا تكون الدارة في حالة تسمى الرنين ويتحقق ذلك عندما يكون :

$$X_L - X_C = 0 \rightarrow X_L = X_C$$

وبتعويض قيمة معاوقة المحث والمواسع نتوصل إلى أن :

$$\omega_\circ L = \frac{1}{\omega_\circ C} \rightarrow (\omega_\circ)^2 = \frac{1}{LC}$$

$$\omega_\circ = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

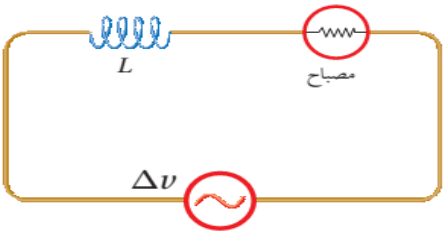
حيث ($\omega_\circ$) يسمى تردد الرنين وهو تردد مصدر فرق الجهد في دارة (RLC) الذي يحدث عنده الرنين ، وتكون قيمة التيار الفعال عنده أكبر ما يمكن .

**سؤال :** على ماذا يعتمد تحديد مقدار تردد الرنين للمصدر ($\omega_\circ$) ؟

جواب : يتحدد بناء على التردد الطبيعي للدارة الذي يعتمد على قيمة كل من مواسعة المواسع ومحاثة المحث (L , C)

T.Saed Assaf

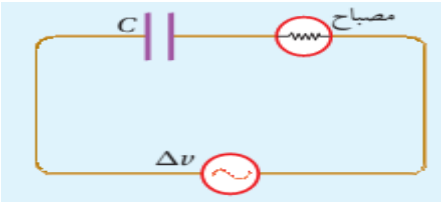
**مثال (1) :** يمثل الشكل دارة يتصل فيها محث ومصباح فرق جهد متردد ، ماذا يحدث لإضاءة المصباح عند نقصان تردد المصدر مع بقاء القيمة العظمى لفرق الجهد ثابتة .




**الحل :**

وفقًا للعلاقة ($X_L = \omega L$)، فإنّ نقصان تردّد المصدر يؤدّي إلى نقصان معاوقة المحثّ؛ فتقلّ الممانعة التي يبديها المحثّ لمرور التيار. ما يعني زيادة مقدار التيار المارّ في الدارة، ومن ثمّ زيادة القدرة المستهلكة في المصباح فتزداد الإضاءة.

**مثال (2) :** يمثل الشكل دارة يتصل فيها مواسع ومصباح فرق جهد متردد ، ماذا يحدث لإضاءة المصباح عند نقصان تردد المصدر مع بقاء القيمة العظمى لفرق الجهد ثابتة .




**الحل :**

وفقاً للعلاقة ($X_C = 1/\omega C$) فإن نقصان تردد المصدر يؤدي إلى زيادة معاوقة المواسع ؛ فتزداد الممانعة التي يبديها المواسع لمرور التيار . ما يعني نقصان التيار المار في الدارة ؛ ومن ثم نقصان القدرة المستهلكة في المصباح فتقل الإضاءة .

**مثال (3) :** دارة (AC) تحتوي على مصدر فرق جهد متردد قيمته الفعالة (150 V) وتردده (60 Hz) ، يتصل على التوالي بمقاومة (420 Ω) ومحث محاثته (1.8 H) ، ومواسع مواسعته (7 μF) ، أجد كلاً من :

أ) المعاوقة المحثية ، والمعاوقة المواسعية ، والمعاوقة الكلية للدارة .

ب) القيمة الفعالة للتيار المتردد .

**الحل :**

أ .

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 60 = 377 \text{ rad/s}$$

$$X_L = \omega L = 377 \times 1.8 = 679\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{377 \times 7 \times 10^{-6}} = 379\ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$Z = \sqrt{(420)^2 + (679 - 379)^2}$$

$$Z = \sqrt{176400 + 90000} = 516\ \Omega$$

ب . القيمة الفعّالة للتيار المتردّد:

$$V_{rms} = I_{rms} Z$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z} = \frac{150}{516} = 0.29 \text{ A}$$

**مثال (4) : في دارة (AC) تحتوي على محث معاوقته المحثية ($X_L = 16\ \Omega$) ، ومواسع معاوقته المواسعية ($X_C = 6\ \Omega$) ، ومقاومة أومية ($R = 10\ \Omega$) ، ومتصلة مع مصدر تيار متردد . أحسب :**
**1) المعاوقة الكلية للدارة .**
**2) القيمة العظمى للتيار المتردد إذا كانت ($V_{max} = 10\ V$) .**

**الحل :**

**1) $Z = 14.14\ \Omega$ . 2) $I_{max} = 0.7\ A$**

**مثال (5) : تتكون دارة استقبال (RLC) في جهاز مذياع من مقاومة ومحث محاثته (1.4 mH) ومواسع . أجد مواسعة المواسع المستخدم لضبط المذياع على استقبال موجات محطة إذاعة عمان (FM) وترددها (99 MHz) .**

**الحل :**

$$\omega_0 = 2\pi f_o = 2 \times 3.14 \times 9.9 \times 10^7 = 6.2 \times 10^8\ \text{rad/s}$$

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \rightarrow C = \frac{1}{L\omega_0^2}$$

$$C = \frac{1}{1.4 \times 10^{-3} \times 3.8 \times 10^{17}} = 1.88 \times 10^{-15}\ \text{F}$$

**مثال (6) : تتكون دارة (RLC) من مواسع ، محث ومقاومة موصولة على التوالي مع بطارية فرق الجهد الفعال بين طرفيها (200 V) وكانت ($R = 40\ \Omega$ ، $X_L = 120\ \Omega$ ، $X_C = 90\ \Omega$) . أحسب مقدار :**
**1) المعاوقة الكلية للدارة (Z) . 2) القيمة الفعالة للتيار المتردد . 3 ) القدرة الفعالة المستهلكة في الدارة .**

**الحل :**

**1) $Z = 50\ \Omega$ . 2) $I_{rms} = 4\ A$ . 3) $P = 800\ W$**

**مثال (7) : تتكون دارة استقبال (RLC) من مواسع مواسعته ($C = 1\ \mu f$) ، ومحث محاثته ($L = 90\ mH$) ، ومقاومة ($R = 110\ \Omega$) ، متصلة بمصدر جهد متردد قيمة جهده الفعال ($220\ V$) . أحسب :**

**1) مقدار تردد الموجات ($f_\circ$) الذي نحصل عنده على رنين كهربائي .**

**2) القيمة الفعالة للتيار في حالة الرنين .**

**الحل :**

**1) $f_\circ = 530.8\ Hz$ . 2) $I_{rms} = 2\ A$**

**مثال (8) : تتكون دائرة الرنين في جهاز استقبال إذاعي من ملف حثه ( $10\ mH$ ) ، ومواسع ، ومقاومة مقدارها ( $25\ \Omega$ ) ، وعند اصطدام موجات لا سلكية ترددها ( $10^6\ Hz$ ) يتولد على الدارة فرق في الجهد يساوي ($10^{-4}\ V$) ، احسب ما يلي :**

**1) سعة المكثف في حالة الرنين .**

**2) القيمة الفعالة للتيار في حالة الرنين .**

**الحل :**

**1) $C = 2.53 \times 10^{-12}\ F$ . 2) $I_{rms} = 4\ \mu A$**

## تطبيقات تكنولوجيّة

### جهاز كشف الفلزّات

تُستخدم في المطارات بوابات للكشف عن الفلزّات، عندما يمرّ المسافر خلالها فإنّها تُصدر إشارة إذا كان المسافر يخفي أداة فلزّيّة. ويحتوي إطار الباب المبيَّن في الشكل (36) على ملفٍّ من سلكٍ نحاسيّ يمثّل محثًّا في دارة (*RLC*)، وتكون الدارة متّصلة بمصدر فرق جهدٍ متردّد، قد ضُبط تردُّده لإحداث حالة الرنين، وعند اقتراب جسم فلزّي من المحثّ، فإنّه يؤدّي إلى زيادة في محاثّته، فينعدم الرنين في الدارة، وينخفض التيار الفعّال فيها عن أكبر قيمة له، ثم تحوِّل دارة إلكترونيّة ذلك التغيير في التيار إلى إشارة تحذيريّة مسموعة وأخرى مرئيّة.

الشكل (36): بوابة أمنية لكشف الفلزات في الجسم.

### أجهزة المذياع والاتصال اللاسلكي

دارات الاستقبال في أجهزة المذياع وأجهزة الاتصال اللاسلكي، تُعدّ مثالاً مهمًّا على دارة الرنين، فمحطات الإذاعة تبثّ برامجها على شكل موجات كهرمغناطيسية، ولكلّ إذاعة تردّدات محدّدة. عندما يضبط أحدُنا مفتاح الموجة في المذياع على إذاعة معينة، فإنّه يغيّر من مواسعة المواسع في دارة الرنين داخل المذياع، ما يغيّر من تردّد الرنين لدارة الاستقبال ليصبح مطابقًا لتردّد موجات الإذاعة، ثم تُمرّر هذه الموجات بعد تكبيرها إلى مكبّر الصوت في المذياع فنسمعها بوضوح، في حين تتلاشى موجات الإذاعات الأخرى التي يختلف تردّدها عن تردّد الرنين.

وبالطريقة نفسها تعمل أجهزة الاتصال اللاسلكيّة التي تتكوّن من دارتيّ إرسال واستقبال، على نحو ما هو مبيَّن في الشكل (37)، تُستخدم في مجالات كثيرة، مثل التواصل بين دوريات السير، واتصال الطائرات والسفن بالمراكز الأرضيّة، وغير ذلك الكثير من الاستخدامات.

الشكل (37): أجهزة الاتصال اللاسلكي، كلّ جهاز يحتوي دارة إرسال ودارة استقبال.

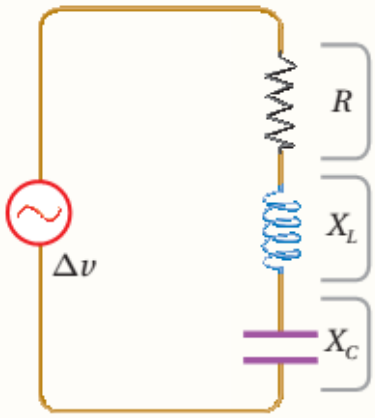
# مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أوضح المقصود بكلٍّ من؛ المعاوقة المحثّية والمعاوقة المواسعية، وأبيّن العوامل التي تؤثر في كلٍّ منهما.

2. أوضّح المقصود بالقيمة العظمى والقيمة الفعّالة لفرق الجهد المتردّد.

3. **تفكير ناقد:** أوضّح لماذا ينعدم التيار المتردّد في دارة (AC) تحتوي على مواسع فقط عند التردّدات المنخفضة جدًّا. وأوضّح لماذا ينعدم التيار في دارة (AC) تحتوي على محثّ فقط عند التردّدات العالية جدًّا.

4. **أفسّر:** عند مضاعفة تردّد مصدر فرق الجهد إلى مثليه، في دارة تيار متردّد تحتوي (*RLC*)، على نحو ما هو مبيَّن في الشكل، ماذا يحدث لكلٍّ من: $R, X_L, X_C$؟




5. **أستخدم المتغيّرات:** ما القيمة العظمى للتيار المتردّد في دارة (AC) تحتوي على مواسع مواسعته (5 μF)، ومصدر فرق جهد قيمته العظمى (111 V) وتردّده (86 Hz)؟

6. **أحسب:** عند أيّ تردّد زاويّ تتساوى المعاوقة المحثّية لمحثّ (57 μH) مع المعاوقة المواسعيّة لمواسع (57 μF) في دارة تيار متردّد؟ وماذا يُسمّى هذا التردّد؟

7. **أستخدم المتغيّرات:** دارة (*RLC*) تتكوّن من مقاومة (80 Ω) ومواسع (5 μF)، ومحث، موصولة على التوالي بمصدر فرق جهد متردّد، جهده الفعّال (12 V)، وتردّده الزاويّ (2000 rad/s). أجد محاثّة المحثّ التي تجعل للتيار الفعّال أكبر قيمة، ثمّ أجد أكبر قيمة للتيار الفعّال.

الصفحة 41

مراجعة الدرس 2

1. **الفكرة الرئيسة:**
   - المعاوقة المحثية: الممانعة التي يبديها المحث الموصول في دارة كهربائية مغلقة لمرور تيار كهربائي متردد فيها. وتعتمد على محاثة المحث (تتناسب طرديًا) وعلى التردد الزاوي لمصدر فرق الجهد في الدارة (تتناسب طرديًا).
   - المعاوقة المواسعية: الممانعة التي يبديها المواسع الموصول في دارة كهربائية لمرور تيار كهربائي متردد فيها. وتعتمد على مواسعة المواسع (تتناسب عكسيًا) وعلى التردد الزاوي لمصدر فرق الجهد في الدارة (تتناسب عكسيًا).
2. **القيمة العظمى لفرق الجهد المتردد:** سعة الاقتران الموجي لفرق الجهد المتردد، وهي أكبر قيمة لفرق الجهد بين طرفي المصدر.

   **القيمة الفعالة لفرق الجهد المتردد:** الجذر التربيعي للقيمة المتوسطة لمربعات قيم الجهد المتردد.
3. **تفكير ناقد:**
   - في دارة التيار المتردد التي تحتوي على مواسع فقط، ينعدم التيار عند الترددات المنخفضة جدًا لفرق الجهد المتردد، لأنه بانخفاض التردد تزداد المعاوقة المواسعية، حيث تتناسب معاوقة المواسع عكسيًا مع تردد فرق الجهد.
   - في دارة التيار المتردد التي تحتوي على محث فقط، ينعدم التيار عند الترددات المرتفعة جدًا لفرق الجهد المتردد، لأنه بارتفاع التردد تزداد المعاوقة المحثية، حيث تتناسب معاوقة المحث طرديًا مع تردد فرق الجهد.
4. عند مضاعفة تردد فرق الجهد إلى مثليه؛ فإن المقاومة $(R)$ لا تتغير، والمعاوقة المواسعية $(X_C)$ تنخفض إلى النصف، والمعاوقة المحثية $(X_L)$ تتضاعف إلى مثليها.

5. أستخدم المتغيرات:

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 86 = 540 \text{ rad/s}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{540 \times 5 \times 10^{-6}} = 370\ \Omega$$

$$I_{\max} = \frac{V_{\max}}{X_C} = \frac{111}{370} = 0.3 \text{ A}$$

6. أحسب:

$$X_C = X_L$$

$$\frac{1}{\omega C} = \omega L$$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} = \frac{1}{57 \times 10^{-6} \times 57 \times 10^{-6}} = 3.1 \times 10^8$$

$$\omega = 1.75 \times 10^4 \text{ Hz}$$

يسمى هذا التردد بتردد الرنين.

7. أستخدم المتغيرات:

$$\omega^2 = \frac{1}{LC}$$

$$L = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{(2000)^2 \times 5 \times 10^{-6}} = 0.05 \text{ H}$$

$$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{Z} = \frac{12}{80} = 0.15 \text{ A}$$

## الدرس الثالث / أشباه الموصلات

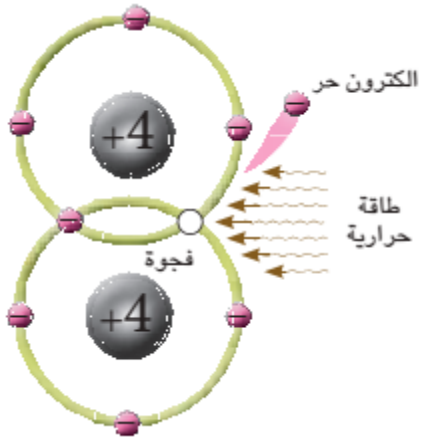
### * المواد الموصلة والعازلة وشبه الموصلة :

**سؤال : وضح المقصود بـ الكترونات التكافؤ ؟ وما الخصائص التي تحددها ؟**
**جواب : هي الإلكترونات التي تكون موجودة في آخر مستوى للطاقة . وتحدد بعض خصائص المادة مثل التوصيل الكهربائي والتوصيل الحراري .**

**سؤال : وضح كيف تصنف المواد من حيث التوصيل الكهربائي ؟ وأذكر خصائص كل نوع .**
**جواب : 1) مواد عازلة : عدد إلكترونات التكافؤ لها أكثر من أربعة . مثل الزجاج ، المطاط**
**خصائصها : أ) ترتبط بذرات المادة بقوى كهربائية كبيرة .**
**ب) عدد إلكتروناتها الحرة قليلة .**
**جـ) عادة توجد على شكل مركبات .**

**2) مواد موصلة : عدد إلكترونات التكافؤ لها أقل من أربعة . مثل الحديد ، النحاس ، الفضة .**
**خصائصها : أ) ترتبط بذرات المادة بقوى كهربائية ضعيفة .**
**ب) عدد إلكتروناتها الحرة كثيرة .**
**جـ) عادة توجد على شكل عناصر منفردة .**

**3) مواد شبه موصلة : عدد إلكترونات التكافؤ لها أربعة . مثل السليكون ، الجرمانيوم .**
**خصائصها : أ) تقع بين المواد الموصلة للكهرباء والمواد العازلة من حيث قدرتها على توصيل الكهرباء .**
**ب) تستخدم في التطبيقات الإلكترونية .**
**جـ) ترتبط كل ذرة مع أربع ذرات مجاورة لها لتكون روابط تساهمية بين كل ذرتين .**
**د) تكون عازلة تماماً عند درجة الصفر المطلق (الصفر كلفن) نتيجة ارتباطها بالروابط التساهمية .**

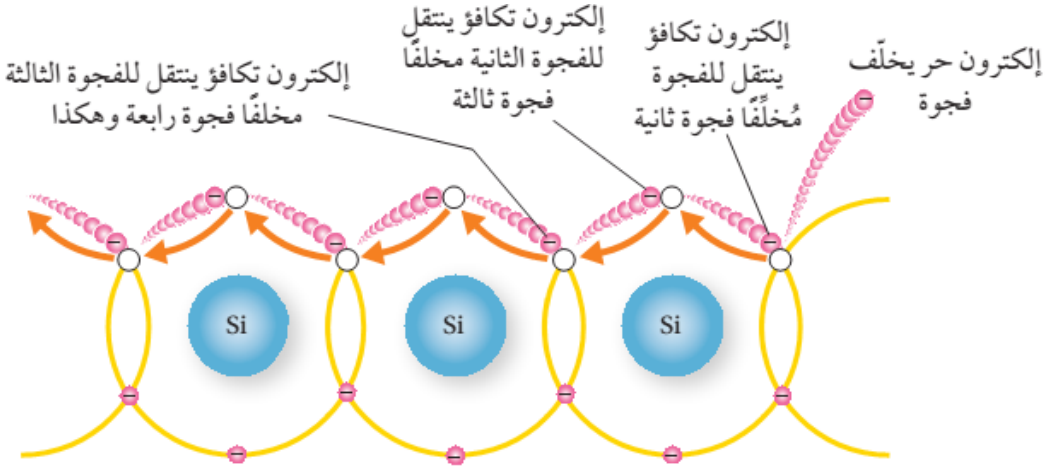



*** عند درجة حرارة الغرفة ($20^{\circ}$ C) ، تمتص بعض الإلكترونات طاقة حرارية تؤدي لكسر الروابط التساهمية وتحرير إلكترونات تسمى إلكترونات التوصيل يغادر الإلكترون الرابطة ويصبح إلكتروناً حراً ، ويترك خلفه فجوة (Hole) .**

*** تبدو الفجوة كأنها شحنة موجبة نتيجة للنقص في الشحنة السالبة الكلية على الذرة . وبذلك يكون عدد الفجوات يساوي عدد إلكترونات التوصيل في بلورة السليكون النقية ، وهو ما يسمى بـ زوج إلكترون - فجوة .**

*** تسهم الفجوات في التوصيل الكهربائي ، فحين تتكون فجوة يصبح من السهل لإلكترون ذرة مجاورة الإنتقال إلى تلك الفجوة تاركاً خلفه فجوة جديدة ينتقل إليها إلكترون من ذرة أخرى مجاورة وهكذا .**

* يمكن افتراض أن الفجوات عبارة عن تيار كهربائي يسري باتجاه المجال الكهربائي أي بعكس اتجاه حركة الإلكترونات . كما يوضح الشكل :




## أشباه الموصلات من النوع n والنوع p

**سؤال :** أشباه الموصلات في حالتها النقية لا توصل الكهرباء ، كيف يمكن زيادة موصليتها الكهربائية ؟

جواب : 1) التأثير الحراري : ذكرت سابقاً .

2) عملية الإشابة : إضافة بعض المواد لأشباه الموصلات تسمى شوائب .

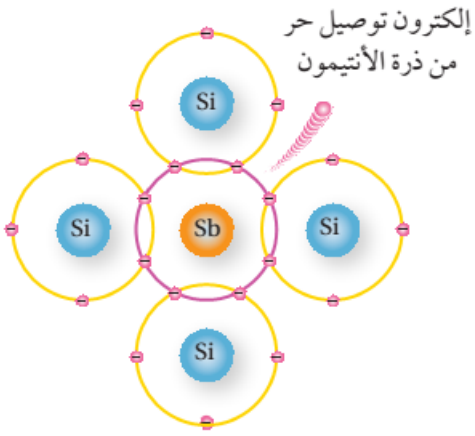
**سؤال :** كيف تتم عملية الإشابة ؟

جواب : 1) إضافة مادة إلى بلورة السليكون النقي تزيد من عدد الإلكترونات الحرة فينتج من ذلك بلورة سالبة نوع (n) .

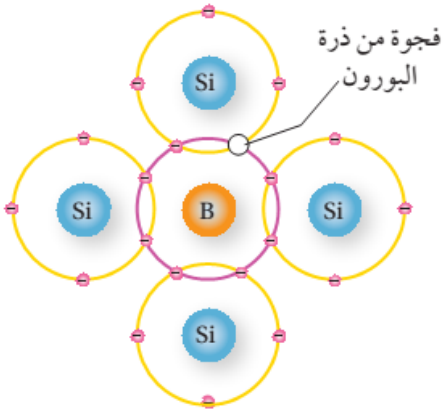
2) إضافة مادة إلى بلورة السليكون النقي تزيد من عدد الفجوات فينتج من ذلك بلورة موجبة نوع (p) .

**سؤال :** في عملية الإشابة كيف تتم زيادة عدد الإلكترونات الحرة في المواد شبه الموصلة ؟

جواب : يضاف إليها عنصر خماسي التكافؤ مثل الأنتيمون أو الفسفور أو الزرنيخ لتحل ذرة أنتيمون محل ذرة سليكون مركزية ، وتكون أربع روابط تساهمية مع أربع ذرات سليكون مجاورة لها ، ويبقى إلكترون التكافؤ الخامس حراً ولذلك يزداد عدد إلكترونات التوصيل في بلورة السيليكون وتصبح أكثر من عدد الفجوات ، وتسمى البلورة عندها بالبلورة السالبة أو البلورة من نوع (n) .



**سؤال :** في عملية الإشابة كيف تتم زيادة عدد الفجوات في المواد شبه الموصلة ؟




**جواب :** يضاف إليها عنصر ثلاثي التكافؤ مثل الغاليوم أو البورون لتحل ذرة البورون محل ذرة سليكون مركزية ، وتكون أربع روابط تساهمية مع أربع ذرات سليكون مجاورة لها ، وتشاركها إلكتروناتها الثلاثة وتشكل ثلاث روابط تساهمية مع ثلاث ذرات سليكون ، أما الرابطة الرابعة ينقصها إلكترون واحد ، فتشكل فجوة ولذلك يزداد عدد الفجوات في بلورة السيليكون ، وتصبح أكثر من عدد إلكترونات التوصيل ، وتسمى البلورة عندها بالبلورة الموجبة أو البلورة من نوع (p) .

**سؤال :** ماذا يحصل عند توصيل البلورة الموجبة (p) أو السالبة (n) بفرق جهد كهربائي ؟
**جواب :** يسري فيها تياراً كهربائياً ينتج عن حركة الفجوات والإلكترونات .

**سؤال :** ماذا تسمى الفجوات والإلكترونات عند التوصيل في السؤال السابق ؟
**جواب :** ناقلات التيار .

**سؤال :** ما المقصود بناقلات التيار الأغلبية وناقلات التيار الأقلية في البلورة الموجبة والبلورة السالبة ؟
**جواب :** في البلورة الموجبة يكون عدد الفجوات هو الأكبر لذلك تسمى ناقلات التيار الأغلبية والإلكترونات ناقلات التيار الأقلية وفي البلورة السالبة يكون عدد الإلكترونات هو الأكبر لذلك تسمى ناقلات التيار الأغلبية والفجوات ناقلات التيار الأقلية .

**ملاحظة :** البلورة الموجبة أو البلورة السالبة متعادلة كهربائياً (شحنتها صفراً) ، لأن عدد الشحنات الموجبة فيها يساوي عدد الشحنات السالبة .

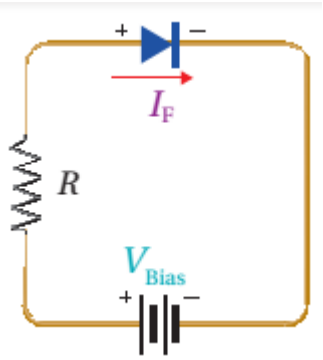
## الثنائي البلوري (Diode)

**سؤال :** ما المقصود بـ الثنائي البلوري (الثنائي Diode) ؟
**جواب :** التركيب الناتج من تلامس البلورتين السالبة (n) والموجبة (p) .

**سؤال :** ماذا تسمى أطراف الثنائي في التوصيلات الكهربائية ؟
**جواب :** يسمى طرفه السالب من النوع (n) بالمهبط Cathode (K) ، والطرف الموجب من النوع (p) بالمصعد (A) Anode .

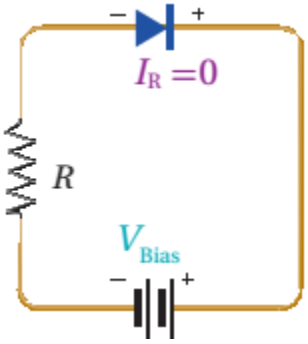
**سؤال :** كيف يرمز للثنائي البلوري في الدارات الكهربائية ؟
**جواب :**

**سؤال :** ماذا يسمى توصيل الثنائي بمصدر جهد ثابت ؟
**جواب :** يسمى الإنحياز .




**سؤال :** أذكر حالات الإنحياز ، مع الشرح ؟

جواب : 1) انحياز أمامي : حيث يوصل الثنائي بمصدر فرق جهد ، على أن يوصل القطب الموجب للبطارية بمصعد الثنائي ويوصل القطب السالب للبطارية بمهبط الثنائي فينشأ تيار كهربائي ($I_F$) عندما يكون فرق جهد المصدر ($V_{Bias}$) أكبر من فرق جهد معين يسمى حاجز الجهد للثنائي .




2) انحياز عكسي : على أن يوصل القطب الموجب للبطارية بمهبط الثنائي ويوصل القطب السالب للبطارية بمصعد الثنائي ، فتصبح مقاومة الثنائي كبيرة جداً ، ولا يسمح بعبور تيار كهربائي ($I_R = 0$) ، وإذا زاد فرق جهد المصدر عن قيمة معينة ، تسمى جهد الإنهيار ($V_{BR}$) فإن مقاومة الثنائي تنهار ويسري فيه تيار كبير يؤدي إلى تلف الثنائي البلوري .

**سؤال :** على ماذا تعتمد قيمة حاجز الجهد للثنائي ؟ مع الشرح .

جواب : تعتمد على مادة البلورة ، فعند درجة حرارة ($25^\circ C$) ، يكون (0.7 V) في بلورة السليكون ، في حين يساوي (0.3 V) في بلورة الجرمانيوم .

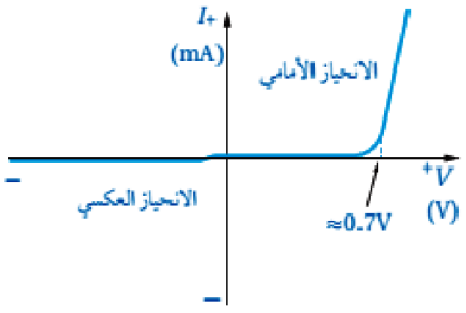
**سؤال (علل) :** يجب توصيل الثنائي بمقاومة ؟

جواب : لمنع سريان تيار كبير فيه ما يؤدي إلى تلفه .

**سؤال (علل) :** إن حاجز الجهد للثنائي المصنوع من السليكون أكبر منه للثنائي المصنوع من الجرمانيوم ؟

جواب : تحتوي ذرة الجرمانيوم المتعادلة على عدد أكبر من الإلكترونات من ذرة السليكون المتعادلة ؛ لذا فإن إلكترونات التكافؤ في ذرة الجرمانيوم تكون أبعد عن النواة ويسهل انتزاعها من الذرة ، لذلك فحاجز الجهد للجرمانيوم أقل من حاجز الجهد للسليكون .

**سؤال :** مثل العلاقة بين التيار الكهربائي وفرق الجهد على طرفي ثنائي السيليكون ؟ مع الشرح .



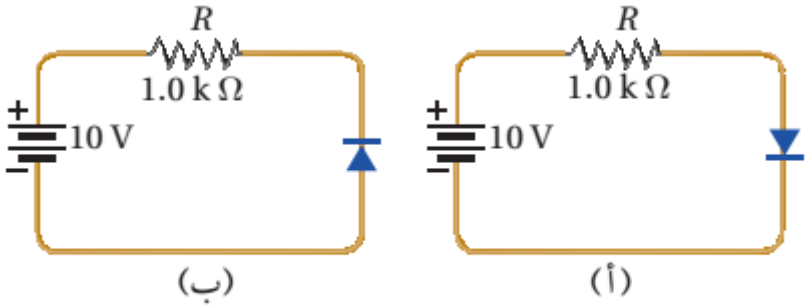

جواب : يكون التيار الكهربائي صغيراً عندما يكون فرق الجهد على طرفي الثنائي أقل من حاجز الجهد وهو (0.7 V) للثنائي المصنوع من السليكون وبزيادة فرق جهد المصدر إلى قيمة أعلى من حاجز الجهد ، فإن زيادة قليلة في فرق الجهد تؤدي إلى زيادة كبيرة في التيار الكهربائي .

**سؤال :** ما العلاقة بين مقاومة الثنائي وطريقة توصيله في الدارة ؟

جواب : عند توصيل الثنائي في حالة انحياز أمامي تكون المقاومة صغيرة جداً وقيمة التيار الكهربائي كبيرة جداً ، وعند توصيله في حالة انحياز عكسي تكون المقاومة كبيرة جداً والتيار الكهربائي صغير جداً (ميكروأمبير) .

Saed Assaf

**مثال (1) :** اعتماداً على الدارة ، علماً أن الثنائي مصنوع من مادة السليكون ، والمقاومة الداخلية لمصدر فرق الجهد مهملة أجد لكل من الشكلين فرق الجهد على طرفي الثنائي ، وفرق الجهد على طرفي المقاومة ($\Delta V_R$) والتيار الكهربائي المار في المقاومة .




الشكل (46): مثال (17)

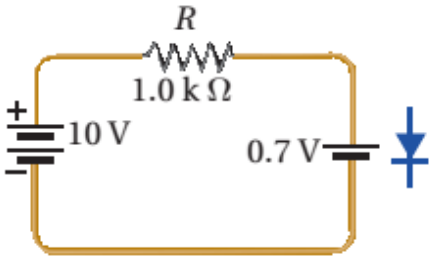
**الحل :**

الشكل (46/أ). نظرًا إلى أنّ مهبط الثنائي متّصل بالقطب السالب للبطارية، وجهد البطارية أكبر من حاجز الجهد للثنائي، فإنّ الثنائي في حالة انحياز أمامي، ويكون فرق الجهد على طرفيه ($\Delta V_D = 0.7\ \text{V}$) على نحو ما هو موضّح في الشكل (47)؛ لأنّ الثنائي مصنوع من السليكون.

باستخدام قاعدة كيرتشوف الثانية أجد أنّ

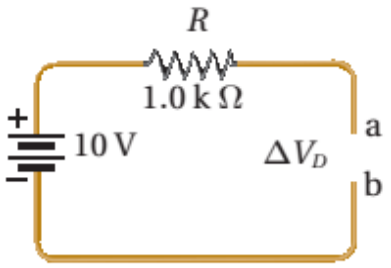
$$\Delta V_R = 10 - 0.7 = 9.3\ \text{V}$$

$$I = \frac{10 - 0.7}{R} = \frac{9.3}{1.0 \times 10^3} = 9.3\ \text{mA}$$




الشكل (47): تمثيل الثنائي في حالة الانحياز الأمامي.

الشكل (46/ب)، ونظرًا إلى أنّ مصعد الثنائي متصل بالقطب السالب للبطارية، فإنّ الثنائي في حالة انحياز عكسي، ويعمل عمل مفتاح مفتوح (وكأنّه مقاومة لانهائيّة)؛ كونه لا يمرّر تيارًا كهربائيًّا، وأمثّل الدارة على نحو ما هو موضّح في الشكل (48).




الشكل (48): تمثيل الثنائي في حالة الانحياز العكسي.

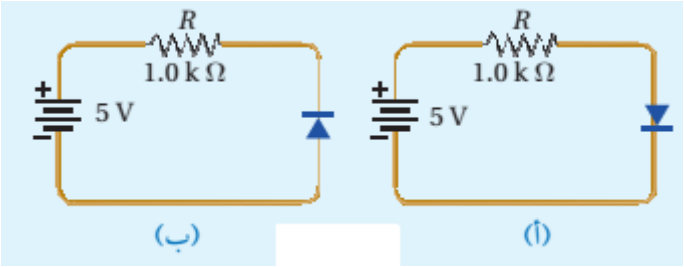
$$\Delta V_D = V_a - V_b = 10\ \text{V}$$

$$\Delta V_R = 0$$

$$I = 0$$

**مثال (2) :** اعتماداً على الدارة ، علماً أن الثنائي مصنوع من مادة الجرمانيوم ، والمقاومة الداخلية لمصدر فرق الجهد مهملة أجد لكل من الشكلين :

1) فرق الجهد على طرفي الثنائي .
2) وفرق الجهد على طرفي المقاومة ($\Delta V_R$) .
3) والتيار الكهربائي المار في المقاومة .




**الحل :**

1) في الشكل (أ) الثنائي موصول بحالة انحياز أمامي، وحاجز الجهد له (0.3 V) لأنه من الجرمانيوم. لذلك؛ فإن فرق الجهد على طرفي الثنائي (0.3 V). وفي الشكل (ب) الثنائي موصول بحالة انحياز عكسي؛ لذلك فإن فرق الجهد على طرفي الثنائي يساوي فرق جهد المصدر ($\Delta V_{rev} = 5$ V).

2) الشكل (أ) انحياز أمامي

فرق الجهد على طرفي المقاومة $\Delta V_R = 5 - 0.3 = 4.7$ V

الشكل (ب) ، الثنائي موصول بحالة انحياز عكسي ولا يمرر تيار؛ لذلك $\Delta V_R = 0$

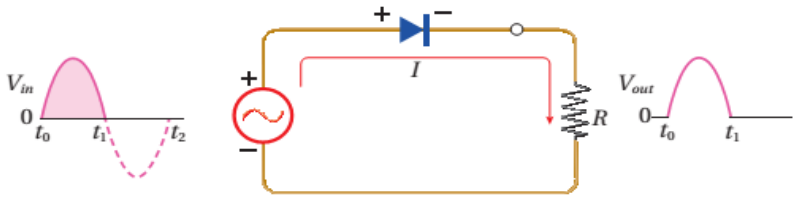
3) الشكل (أ) الثنائي موصول بحالة انحياز أمامي وأحسب التيار المار في المقاومة كما يأتي:

$$I = \frac{\Delta V_R}{R} = \frac{4.7}{1 \times 10^3} = 4.7 \times 10^{-3}\ \text{A} = 4.7\ \text{mA}$$

الشكل (ب) انحياز عكسي ويعتبر كمفتاح مفتوح لا يمرر تيار كهربائي $I = 0$.

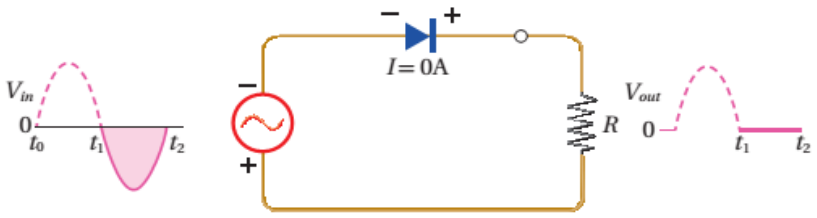
## الثنائي بوصفه مقوماً للتيار المتردد

**سؤال :** كيف يتم تحويل التيار المتناوب في المنازل إلى تيار مستمر في بعض الأجهزة الكهربائية ؟
جواب : وذلك بتوصيل الثنائي بمصدر التيار المتناوب فإنه يسمح لنصف الموجة التي تمثل جهداً موجباً بالعبور ، لأن وصلة الثنائي في حالة انحياز أمامي لاحظ الشكل (أ) :

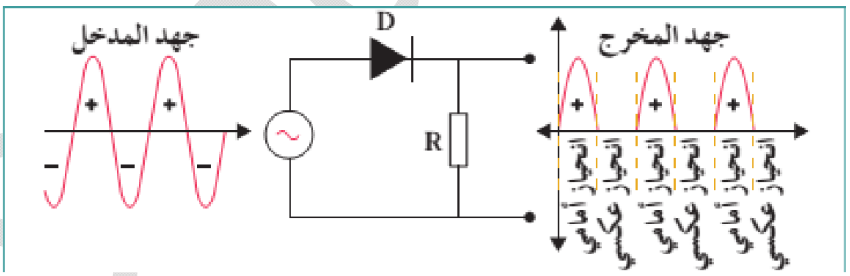



أ) خلال الجزء الموجب من الإشارة المدخلة، يكون الثنائي في حالة انحياز أمامي ويمرّر الموجة كما هي.

أما النصف الثاني من الموجة فيمثل جهداً سالباً وتكون وصلة الثنائي في حالة انحياز عكسي ، والثنائي لا يسمح للنصف السالب من الموجة بالعبور لاحظ الشكل (ب) :




ب) خلال الجزء السالب من الإشارة المدخلة، يكون الثاني في حالة انحياز عكسي ولا يمرّر الإشارة.



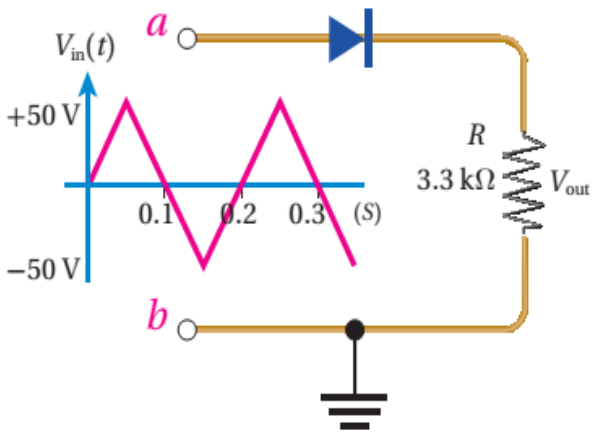

**سؤال :** مثل العلاقة البيانية النهائية لـ دارة تقويم نصف الموجة ؟
جواب :

**سؤال :** هل يختلف تردد الموجة الداخلة وتردد الموجة الخارجة في دارة تقويم نصف الموجة ؟
جواب : لا ، يكون تردد الموجة الخارجة نفس تردد الموجة الداخلة .

**مثال (1) :** يمثّل الشكل (51) دارة مقوِّم نصف موجة، إذا كانت الموجة الكهربائية الداخلة مثلثّة الشكل على نحو ما هو موضّح في الشكل، بإهمال فرق الجهد على الثنائي أجيب عمّا يأتي:

أ . في أيّ الفترات الزمنيّة يكون الثنائي في حالة انحياز أماميّ؟ وفي أيّها يكون في حالة انحياز عكسيّ؟

ب. أرسم شكل الموجة الناتجة على المقاومة (R).




الشكل (51)

**المُعطيات:** الشكل (51).

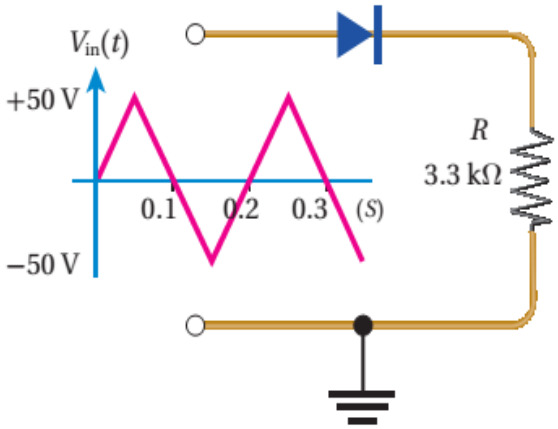
**المطلوب:** شكل الموجة الخارجة.

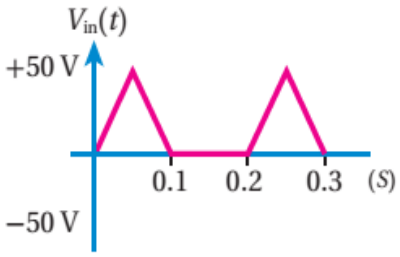
**الحلّ:**

أ . في الفترة الزمنيّة (0–0.1 s) والفترة (0.2–0.3 s) يكون جهد النقطة (a) أكبر من جهد النقطة (b)، أيْ إنّ جهد مصعد الثنائي أكبر من جهد مهبطه، لذلك يكون الثنائي في حالة انحياز أمامي.

أمّا في الفترة الزمنيّة (0.1–0.2 s) فيكون جهد النقطة (a) أقلّ من جهد النقطة (b)، أيْ إنّ جهد مصعد الثنائي أقلّ من جهد مهبطه، لذلك يكون الثنائي في حالة انحياز عكسي.

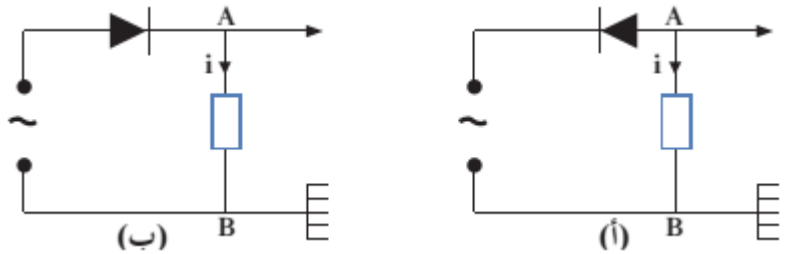
ب . في الفترة التي يكون فيها الثنائي في حالة انحياز أمامي يمرِّر الموجة الكهربائيّة، وأمّا في الفترة التي يكون فيها الثنائي في حالة انحياز عكسي فلا يمرِّر الموجة الكهربائية، ويكون شكل الموجة الخارجة على نحو ما هو موضَّح في الشكل (52).



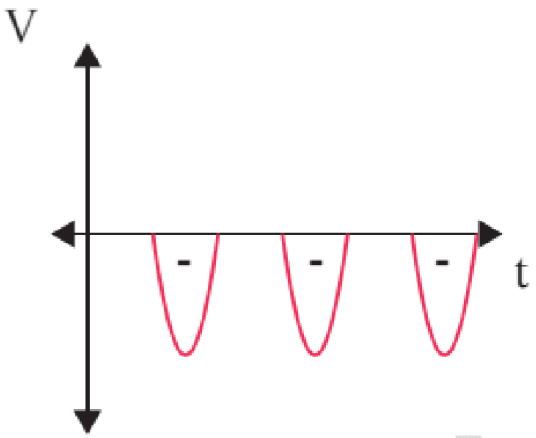




الشكل (52)

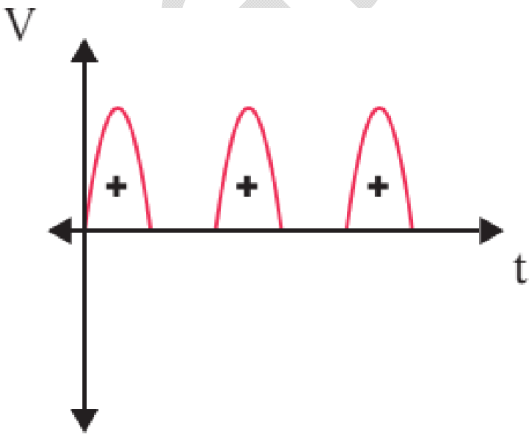
**مثال (2) : تم تطبيق فرق جهد متردد له تردد (20 Hz) على وصلة ثنائية ومقاومة كما في الشكلين (أ ، ب) ، أرسم صورة الشكل الذي يخرج على جهاز راسم الذبذبات في كل من الحالتين .**




**الحل : الشكل (أ) نحصل على جهاز راسم الذبذبات على نصف الموجة الموجب ، والشكل (ب) نحصل على جهاز راسم الذبذبات على نصف الموجة السالب .**




الشكل (ب)




الشكل (أ)

T.Saed Assaf

## الترانزستور

**سؤال :** وضح المقصود بالـ ترانزستور ؟
جواب : أحد أهم عناصر الدارات الإلكترونية ، ويصنع من مواد شبه موصلة مثل السليكون والجرمانيوم .

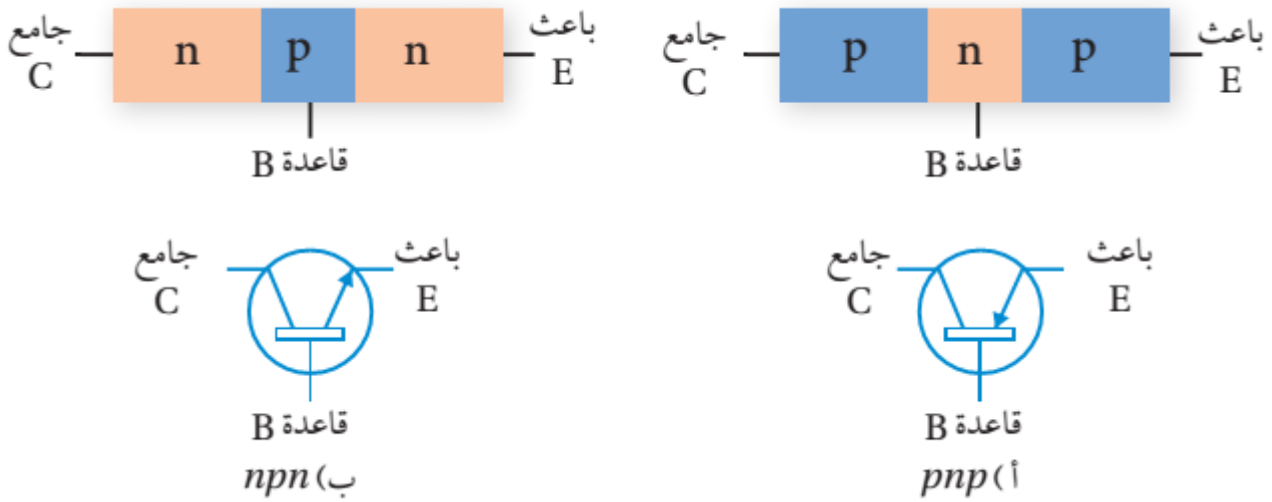
**سؤال :** أذكر أهم استخدامات الترانزستور ؟
جواب : 1) مضخم للتيار الكهربائي أو الجهد الكهربائي أو القدرة الكهربائية .
2) مفتاح سريع الفتح والإغلاق .

**سؤال :** أذكر أنواع الترانزستور ؟

جواب : 1) الترانزستور ثنائي القطبية (BJT) .
2) ترانزستور تأثير المجال (FET) .

**سؤال :** مم يتكون الترانزستور ثنائي القطبية ؟

جواب : يتكون من ثلاث طبقات شبه موصلة ، الطبقة الوسطى تختلف عن الطبقتين الأخريين ويسمى حسب ترتيب طبقاته (pnp) أو (npn) .




* لاحظ من الشكل السابق أن :

1) اتجاه التيار الإصطلاحي الموجب يكون دائماً من البلورة (p) باتجاه البلورة (n) .

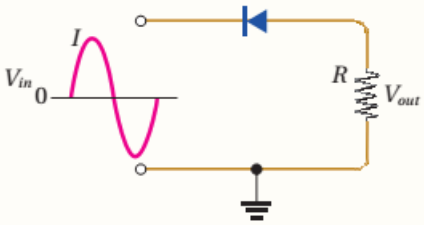
2) الطبقة الوسطى تسمى القاعدة (Base) ويرمز لها بالرمز (B) ، وتسمى الطبقتان الأخريان بالجامع (Collector) ورمزه (C) ، والباعث (Emitter) ورمزه (E) .

3) يتكون الترانزستور من ثنائيين حيث البلورة الوسطى (القاعدة) من النوع (P) تكون رقيقة وتركيز الفجوات فيها قليل .

## مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أوضّح المقصود بكلٍّ من: الموادّ شبه الموصِلة، والإشابة، والثنائي البلوري.

2. **أحلّل:** اعتمادًا على الدارة الموضّحة في الشكل، أرسم شكل الموجة الناتجة. هل سيتغير شكل الموجة الناتجة إذا عُكس الثنائي؟ أفسّر إجابتي.

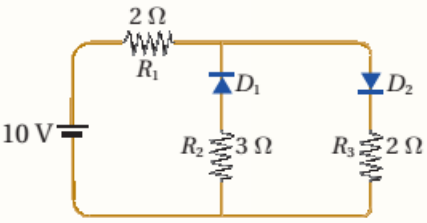



3. **أحلّل:** اعتماداً على الشكل، وبإهمال فرق الجهد على طرفي الثنائي في حالة الانحياز الأمامي:

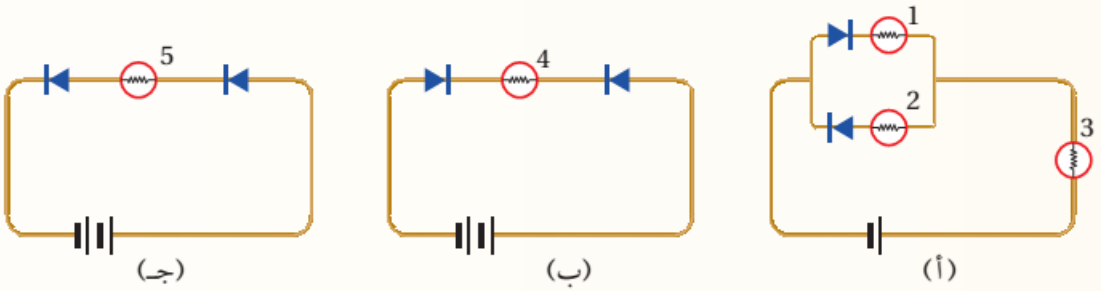
أ. أيّ الثنائيّين في حالة انحياز أمامي؟ وأيّهما في حالة انحياز عكسي؟

ب. أجد التيار المارّ في كلّ مقاومة.

جـ. إذا عُكست أقطاب البطارية أجد التيار المارّ في كلّ مقاومة.




4. **أحلّل:** اعتماداً على الشكل المجاور أيُّ المصابيح يضيء، وأيُّها لا يضيء؟




5. **التفكير الناقد:** أرادت الطالبة سماح تصميم دارة تحوي مصباحين صغيرين على أن يُضيئا ويُطفِئا على التناوب، وكان من ضمن القطع الإلكترونية التي تحتاج إليها ترانزستوران، فهل يجب استخدام الترانزستورين بوصفهما مُضخِّمين أم بوصفهما مفتاحين، ولماذا؟

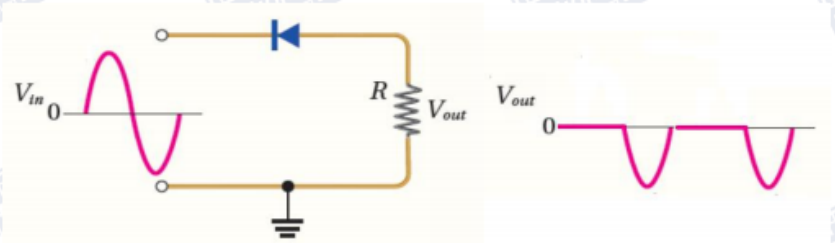
مراجعة الدرس 3

1. المواد شبه الموصلة: مواد تقع بين المواد الموصلة والمواد العازلة من حيث توصيلها للكهرباء.

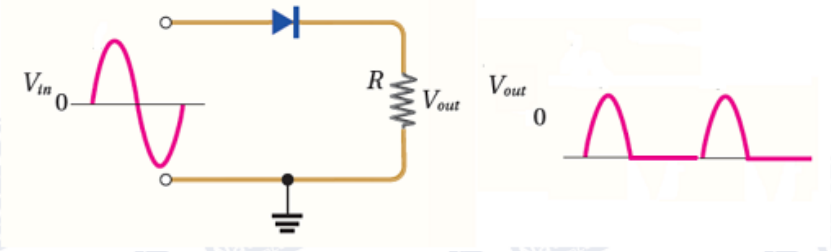
الإشابة: إضافة مواد إلى أشباه الموصلات تسمى شوائب، من أجل زيادة الموصلية الكهربائية لأشباه الموصلات.

الثنائي البلوري: التركيب الناتج من تلامس البلورتين الموجبة والسالبة.

2. في طور الجزء الموجب من إشارة الجهد الداخلة $(V_{in})$ يكون الثنائي في حالة انحياز عكسي وبذلك لا يمرر الإشارة، وعندما تنعكس إشارة الجهد الداخل يصبح الثنائي في حالة انحياز أمامي ويمررها فيكون شكل الإشارة الناتجة كما يلي:



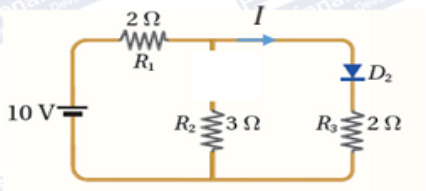

وعند عكس الثنائي ينعكس الوضع؛ ونحصل على الإشارة المبينة أدناه:




3.

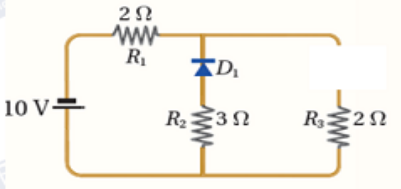
أ. الثنائي $(D_2)$ في حالة انحياز أمامي. الثنائي $(D_1)$ في حالة انحياز عكسي لذلك يعمل وكأنه مفتاحًا مفتوحًا، فلا يمرر تيار كهربائي.

ب. تصبح الدارة على نحو ما هو موضح في الشكل المجاور؛ وأحسب التيار كما يلي:




$$I = \frac{10}{2+2} = 2.5\ \text{A}$$

ج. عند عكس أقطاب البطارية يصبح الثنائي $(D_1)$ في حالة انحياز أمامي بينما الثنائي $(D_2)$ في حالة انحياز عكسي لذلك يعمل وكأنه مفتاحًا مفتوحًا لا يمرر تيار كهربائي، فتصبح الدارة على نحو ما هو موضح في الشكل. وأحسب التيار كما يلي:




$$I = \frac{10}{2+3} = 2\ A$$

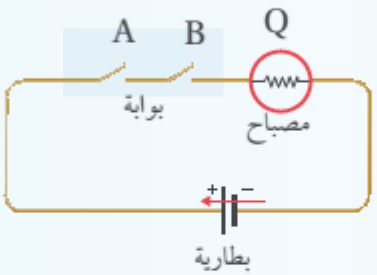
4. المصابيح التي تضيء هي ( 2, 3, 5)

5. نستخدم الترانزستورين بوصفهما مفتاحين لفتح وغلق الدارة حتى يضيء ويطفئ المصباحان.

## الإثراء والتوسّع

# البوابات المنطقية
# Logic Gates

البوابات المنطقية عبارة عن دارات إلكترونية يستخدم فيها الترانزستور بوصفه مفتاحًا سريع الفتح والإغلاق. ولتبسيط مبدأ عملها سندرس الدارة الموضَّحة في الشكل المجاور، وسنرمز إلى المفتاح المفتوح بالرمز (0)، وإلى المفتاح المغلق بالرمز (1)، وإضاءة المصباح (Q) بالرمز (1)، وعدم إضاءة المصباح بالرمز (0). ويمكن أن نعدّ المفتاحين (A) و (B) معاً بوابة منطقية. لن يضيء المصباح إلا إذا أُغلق المفتاحان معاً، ويمكن تلخيص ذلك في الجدول المجاور، ويُسمّى مثل هذا الجدول بجدول الحقيقة Truth table. وهذا السلوك للدارة السابقة يوصف بالسلوك المنطقي Logic، حيث يُعبَّر عن المدخلات والمخرجات بالرقمين (1) و (0).




تمثيل بسيط لبوابة رقمية.

جدول الحقيقة للدارة السابقة.

| Input | | Output |
|---|---|---|
| A | B | Q |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

صُمّم العديد من الدارات الإلكترونية التي يُستخدم فيها ترانزستور أو أكثر بالإضافة إلى عناصر إلكترونية أخرى(مثل، المواسعات والمقاومات) لتتصرّف تصرّفًا منطقيًّا على نحو ما في الدارة السابقة التي تُعدّ تبسيطاً لبوابة منطقية تُسمّى بوابة (AND)، ويرمز إليها بالرمز الموضَّح في الشكل المجاور. ومن الأمثلة الأخرى **البوابة العاكسة (NOT)** Inverter gate، (A) ومخرج واحد (Q). ومن الأمثلة الأخرى على البوابات المنطقية الأساسية بوابة (OR). يتضح مما سبق أنّ البوابة المنطقية Logic gate عبارة عن مجموعة ترانزستورات ومقاومات وعناصر إلكترونية أخرى تقوم بعملية منطقية على مدخل واحد أو أكثر، وتخرج مخرجًا منطقيًّا واحدًا.

| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

بوابة AND رمزها وجدول الحقيقة لها.

الأجهزة الإلكترونية المعتمدة في تصميمها على البوابات المنطقية تُسمّى إلكترونيات رقمية، حيث تأخذ القيم (1) أو (0) لمدخلاتها ومخرجاتها. وتمتاز أنظمة الإلكترونيات الرقمية كونها أسهل نسبيًّا في التصميم وإمكانية برمجتها، ومناعتها ضد الضوضاء والتشويش، وسهولة تخزينها للبيانات، وسهولة تصنيعها على شكل **دارة متكاملة** Integrated circuit (IC)، ما يؤدي إلى تصميم دارات تقوم بوظائف أكثر تعقيدًا وبحجم أصغر.

سؤال (علل) ما يلي :

1- المكثف لا يمرر التيار المستمر

لأن تردد التيار المستمر يساوي صفر فتكون الممانعة السعوية لا نهائية القيمة $X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{0} = \infty$

2- تنعدم الممانعة الحثية للملف في دوائر التيار المستمر

لأن تردد التيار المستمر يساوي صفر ( f = 0 ) وتصبح الممانعة الحثية تساوي صفر $X_L = 2\pi fL = 0$

3- يسمح المكثف بمرور التيار المتردد

لأن التيار المتردد يحدث له عمليتي شحن وتفريغ في الدورة الواحدة وبسبب تعاقبهما يمر التيار بالدائرة

4- تستطيع دائرة الرنين أن تميز بين ترددات الموجات المستقبلة

لأن دائرة الرنين تحتوي علي مكثف وملف حثي وكلاً منهما يستخدم في فصل التيارات المختلفة التردد

5- يستخدم الملف الحثي في فصل التيارات العالية التردد والمنخفضة

الملفات تسمح بمرور التيارات المنخفضة التردد ( منخفضة $X_L$ ) وتقاوم مرور التيارات عالية التردد ( عالية $X_L$ )

6- يستخدم المكثف في فصل التيارات العالية التردد والمنخفضة

المكثفات تسمح بمرور التيارات عالية التردد ( منخفضة $X_C$ ) وتقاوم التيارات المنخفضة التردد ( عالية $X_C$ )

7- بلورة شبه الموصل من النوع السالب متعادلة كهربيا

لان عدد الشحنات الموجبة ( البروتونات ) يساوي عدد الشحنات السالبة ( الالكترونات ) في كل ذرة من ذرات البلورة

8 - تزداد مقاومة الوصلة الثنائية بشكل كبير عند توصيلها بالدائرة الكهربائية بطريقة الاتجاه العكسي

لان المجال الكهربائي الخارجي باتجاه المجال الداخلي مما يؤدي إلي اتساع منطقة النضوب ومنع مرور التيار الكهربي

9 - تسمى الذرة المضافة في شبه الموصل النقي الموجب بذرة متقبلة

لان تنتج عند إضافة ذراتها إلى البلورة النقية إلي ظهور ثقب أو فجوة

10 - تزداد التوصيلية الكهربية لبلورة السليكون عند تطعيمها بذرات الأنتيمون خماسي التكافؤ

بسبب زيادة عدد الالكترونات الحرة في البلورة

11 - تسمح الوصلة الثنائية بمرور التيار في حالة التوصيل الأمامي

في حالة التوصيل الأمامي يكون اتجاه المجال الخارجي عكس المجال الداخلي ويحدث اندفاع الكترونات في البلورة السالبة والثقوب في البلورة الموجبة في اتجاه منطقة الاستنزاف وتقل منطقة الاستنزاف وتقل المقاومة ويمر التيار

12 - لا تسمح الوصلة الثنائية بمروره في حالة التوصيل العكسي

في حالة التوصيل العكسي يكون اتجاه المجال الخارجي مع المجال الداخلي ويحدث اندفاع الكترونات في البلورة السالبة والثقوب في البلورة الموجبة بعيد عن منطقة الاستنزاف وتزيد منطقة الاستنزاف وتزيد المقاومة ولا يمر التيار

13 - الوصلة الثنائية تعمل كمفتاح كهربائي

لأن في التوصيل الأمامي يمر التيار ( مفتاح مغلق ) وفي التوصيل العكسي لا يمر التيار ( مفتاح مفتوح )

# ورقة عمل (1)

1) سلك مستقيم طوله (10 cm) ومقاومته (2 Ω) ، يتحرك بسرعة (2 m/s) عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره (0.6 T) يكون مقدار التيار الكهربائي الحثي المتولد في السلك بوحدة (A) يساوي :

أ) 0.12 ب) 0.06 جـ) 0.6 د) 1.2

2) ملف معامل حثه (0.2 H) ، يمر به تيار (12 A) ، تكون القوة الدافعة الكهربائية الحثية إذا انعدم التيار خلال ربع دقيقة بوحدة (V) تساوي :

أ) 0.16 - ب) 9.6 جـ) 9.6 - د) 0.16

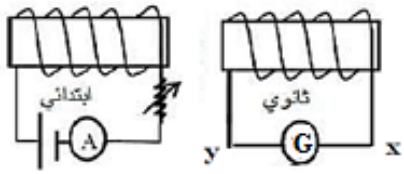
3) ملف عدد لفاته (50) لفة ومساحته ($20\ cm^2$) تولدت بين طرفيه قوة دافعة حثية مقدارها (4 V) ، فإن المعدل الزمني للتغير في المجال المغناطيسي بوحدة (T/s) تساوي :

أ) 40 - ب) 40 جـ) 0.004 - د) 0.004

4) ملف عدد لفاته (400) لفة ، وضع في مجال مغناطيسي عمودي على مستوى اللفات ، فكان التدفق المغناطيسي خلال الملف ($10^{-5}$ Wb) ، إذا تم إخراج الملف من المجال خلال (5 ms) فإن القوة الدافعة الكهربائية الحثية بوحدة (V) تكون :

أ) 0.008 ب) 0 جـ) 0.8 د) 0.08

5) لكي يمر تيار في الملف الثانوي من (y) إلى (x) عبر الغلفانومتر يجب أن نقوم بـ :

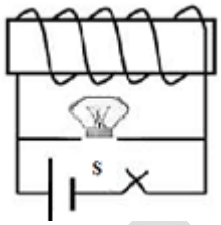



أ) تقريب الملفين من بعضهما ب) إبعاد الملفين عن بعضهما
جـ) إخراج القلب الحديدي من أي من الملفين د) زيادة قيمة المقاومة .

6) سلك مستقيم طوله (10 cm) ، ومقاومته (2 Ω) ، يتحرك بسرعة (2 m/s) عمودياً على مجال مغناطيسي مقداره (0.6 T) ، فإن القوة الدافعة الكهربائية الحثية بالفولت المتولدة في السلك والتيار الحثي بالأمبير المتولد فيه على الترتيب تساوي :

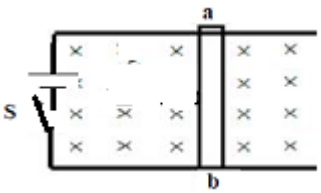
أ) 1.2 ، 6 ب) 0.12 ، 0.06 جـ) 0.12 ، 0.6 د) 0.0012 ، 0.06

7) في الدارة المجاورة لحظة فتح المفتاح ، فإن إضاءة المصباح :



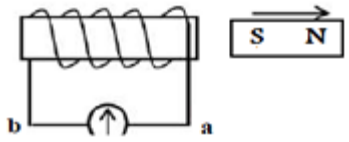

أ) تقل تدريجياً ب) تزداد تدريجياً
جـ) تزداد لحظياً ثم تقل تدريجياً د) تقل لحظياً ثم تزداد تدريجياً

8) في الدارة المجاورة لحظة إغلاق المفتاح فإن الموصل (ab) سيتحرك نحو :



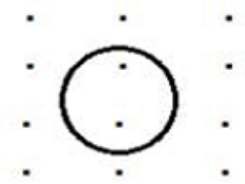

أ) اليمين ب) اليسار جـ) لن يتحرك د) لليمين ثم لليسار

9) من الشكل يكون اتجاه التيار الحثي المتولد بالملف :



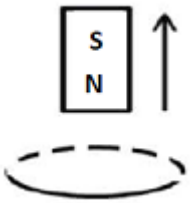

أ) a إلى b ب) b إلى a
جـ) a إلى b ثم من b إلى a د) لا يمر تيار

10) يتولد تيار حثي باتجاه عقارب الساعة في الحلقة التي ينطبق مستواها على مستوى الصفحة إذا :



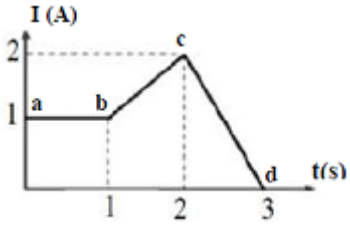
أ) تحركت الحلقة بعيداً عن الناظر ب) تحركت الحلقة باتجاه الناظر
جـ) قلت مساحة الحلقة د) زادت مساحة الحلقة

11) في الشكل المجاور إذا كانت مقاومة الحلقة ($0.1\ \Omega$) ، وتغير التدفق المغناطيسي عبر سطح الحلقة من ($0.01\ Wb$) إلى ($0.004\ Wb$) خلال زمن ($0.3\ s$) ، فإن مقدار واتجاه التيار الحثي في الحلقة عند النظر من الأسفل يكون :




أ) $0.2\ A$ باتجاه عقارب الساعة ب) $0.02\ A$ عكس عقارب الساعة
جـ) $0.02\ A$ باتجاه عقارب الساعة د) $0.2\ A$ عكس عقارب الساعة

12) في الشكل ملف معامل حثه ($80\ mH$) ، فإن القوة الدافعة الكهربائية الحثية في الفترة ($cd$) بوحدة ($V$) يكون :




أ) 0 ب) 0.16 جـ) 1.6 د) - 0.08

13) يصل التدفق المغناطيسي المؤثر على ملف موضوع في مجال مغناطيسي منتظم إلى نصف قيمته العظمى عندما يصنع مستوى الملف زاوية مع متجه المجال المغناطيسي قدرها :

أ) $60^\circ$ ب) $90^\circ$ جـ) $30^\circ$ د) $180^\circ$

14) أفضل خط بياني يمثل العلاقة بين مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في ملف يخترقة مجال مغناطيسي عمودي عليه وعدد اللفات ($N$) هو :

(أ) ب) جـ) د)

15) محّول كهربائي مثالي عدد لفات ملفه الابتدائي (100) لفة ، وعدد لفات ملفه الثانوي (400) لفة إذا كان تيار ملفه الابتدائي ($4\ A$) فإن تيار ملفه الثانوي :

أ) 1 ب) 4 جـ) 8 د) 16

16) التيار المتردد الذي قيمته الفعالة ($7.1\ A$) تكون قيمته العظمى :

أ) 0.71 ب) 7.1 جـ) 10 د) 100

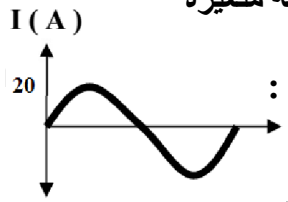
17) تيار متردد قيمته العظمى ($7.04\ A$) ، يمر في مقاومة أومية ($1.2\ \Omega$) ، فإن القدرة الكهربائية المتوسطة المستهلكة بوحدة ($W$) تساوي :

أ) 0 ب) 30 جـ) 6 د) 60

18) دارة تيار متردد ، إذا زاد تردد المصدر فإن قيمة التيار تقل لأن الدارة تحتوي على :

أ) مقاومة خارجية ب) مواسع فقط جـ) محث فقط د) مقاومة متغيرة

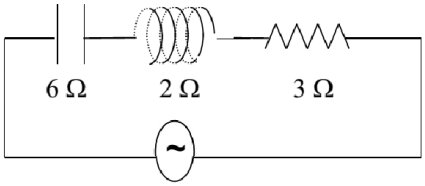
19) دارة تيار متردد ، إذا زاد تردد المصدر فإن قيمة التيار تزدار لأن الدارة تحتوي على :
أ) مقاومة خارجية ب) مواسع فقط جـ) محث فقط د) مقاومة متغيرة




20) من منحنى التيار المتردد الموضح بالشكل تكون القيمة الفعالة للتيار المتردد بوحدة (A) تساوي :
أ) 7.1 ب) 14.2 جـ) 1.42 د) 0.71

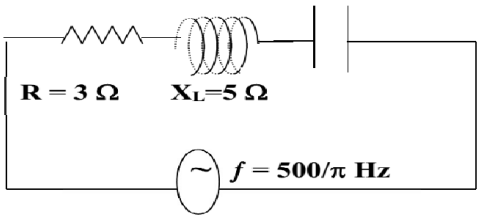
21) دارة تيار متردد تحتوي على مقاومة خارجية فقط ، فإذ زاد تردد المصدر في الدارة فإن المقاومة :
أ) تزداد ب) تقل جـ) لا تتغير د) تتغير بشكل جيبي

22) من الشكل الذي يمثل دارة (RLC) تكون قيمة المقاومة الكلية (Z) تساوي :



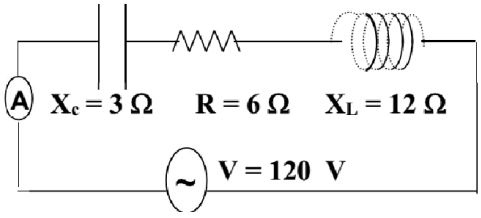

أ) 5 Ω ب) 7 Ω جـ) 13 Ω د) 1 Ω

23) لكي تصبح الدارة المجاورة في حالة رنين يجب أن تكون سعة المواسع بوحدة (μf) تساوي :




أ) 20 ب) 200 جـ) $2 \times 10^{-4}$ د) $2 \times 10^{-6}$

24) عندما تكون الدارة المجاورة في حالة رنين فإن قراءة الأميتر تكون :




أ) 14.2 ب) 12 جـ) 20 د) 8.52

25) دارة رنين تتكون من محث ومواسع ، تردد مصدرها (f) ، فإذا استبدل المحث بمحث آخر معامل حثه الذاتي مثلي قيمة المحث الأول ، كما استبدل المواسع بآخر مواسعته مثلي مواسعة الأول ، فإن تردد الدارة يصبح بدلالة (f) :
أ) 0.75 f ب) 2 f جـ) 4 f د) 0.5 f

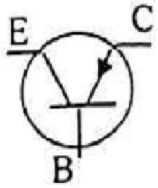
26) إذا طعمت بلورة السيليكون النقية بذرات البورون (ثلاثية التكافؤ) فإننا نحصل على :
أ) شبه موصل من النوع الموجب ب) وصلة ثنائية
جـ) شبه موصل من النوع السالب د) بلورة عازلة تماماً للتيار الكهربائي

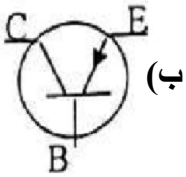
27) ينتقل التيار الكهربائي في أشباه الموصلات السالبة (n) بواسطة :
أ) الفجوات ب) الإلكترونات جـ) الآيونات الموجبة د) البروتونات

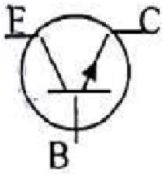
28) مقاومة الثنائي البلوري في حالتي الإنحياز الأمامي والإنحياز العكسي على الترتيب :
أ) كبيرة ، صغيرة ب) كبيرة ، كبيرة جـ) صغيرة ، كبيرة د) صغيرة ، صغيرة

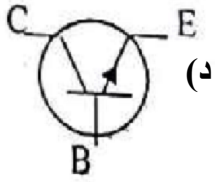
29) عند منطقة التحام البلورة (p) مع البلورة (n) لتكوين الثنائي البلوري ينتقل :
أ) الإلكترونات من البلورة (p) إلى البلورة (n) ب) الفجوات من البلورة (n) إلى البلورة (p)
جـ) الإلكترونات من البلورة (n) إلى البلورة (p) د) الشوائب من البلورة (n) إلى البلورة (p)

30) أحد الأشكال التالية يمثل الترانزستور من النوع (pnp) :

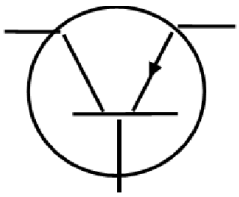
أ) 


ب) 


جـ) 


د) 


31) في الترانزستور الموضح في الشكل يكون :

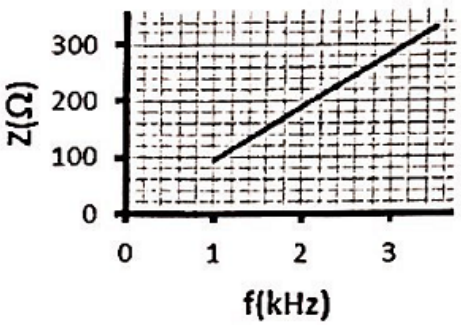


أ) الباعث من النوع الموجب والمجمع من النوع الموجب
ب) الباعث من النوع الموجب والقاعدة من النوع الموجب
جـ) الباعث من النوع السالب والقاعدة من النوع السالب
د) الباعث من النوع السالب والمجمع من النوع الموجب

32) تستخدم الوصلة الثنائية في :

أ) تكبير فرق الجهد الكهربائي
ب) تكبير القدرة الكهربائية
جـ) تكبير التيار المتردد
د) تقويم التيار المتردد

33) الرسم البياني المجاور يوضح تغير المعاوقة بتغير تردد التيار لدارة تيار متردد عناصرها موصولة على التوالي . أي العناصر التالية يوجد في الدارة :




أ) مقاومية أومية فقط
ب) محث فقط
جـ) مقاومة ومحث
د) محث ومواسع فقط

34) تيار متردد جيبي تمثل قيمته اللحظية المعادلة ($i_R = 2.8 \sin(20\ \pi t)$) ، فإن تردد التيار يكون بوحدة (Hz) :

أ) 10
ب) 5
جـ) $5\pi$
د) $20\pi$

35) عند حدوث حالة الرنين في دارة تيار متردد تحوي مقاومة ومواسع ومحث يكون :

أ) معامل الحث الذاتي للمحث مساوياً لمواسعة المواسع .
ب) مقاومة الدارة أقل ما يمكن والتيار أقل ما يمكن .
جـ) الجهد الكلي للدارة يساوي الجهد على المقاومة الخارجية فقط .
د) مقاومة الدارة أكبر ما يمكن والتيار أقل ما يمكن .

T.Saed Assaf

## ورقة عمل (2) التيار المتردد وأشباه الموصلات

**ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة :**

$\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.71$

1) إذا كان فرق الجهد المتردد يعطى بالعلاقة $(\Delta v = 12 \sin 6\pi t)$ ، إن الزمن الدوري (s) يساوي :

أ) $\frac{1}{3\pi}$ ب) $\frac{1}{3}$ جـ) 3 د) $3\pi$

2) في السؤال السابق ، إذا كان مصدر الجهد المتردد متصل مع جهاز مقاومته $(3\ \Omega)$ ، فإن القيمة العظمى للتيار (A) تساوي :

أ) 4 ب) 36 جـ) $\frac{1}{4}$ د) $18\pi$

3) في السؤال الأول ، إذا اتصل مع مصدر الجهد في الدارة أميتر، فإن قرأته تساوي :

أ) 16.9 ب) 8.52 جـ) 5.63 د) 2.84

4) جهاز كهربائي مقاومته ( $100\ \Omega$ ) ، وصل بمصدر فرق جهد متردد ، فكانت القيمة الفعالة لفرق الجهد تساوي(142 V) ، وتردده ( 30 Hz) ، إن معادلة التيار الكهربائي المتردد هي :

أ) $i = 200 \sin 30t$ ب) $i = 200 \sin 60\pi t$

جـ) $i = 2 \sin 60\pi t$ د) $i = 2 \sin 30t$

5) جهاز كهربائي مقاومته $20\ \Omega$ متصل مع مصدر تيار متردد قيمته العظمى 4 A ، إن متوسط القدرة الكهربائية (W) المستهلكة في المقاومة تساوي :

أ) 225.35 ب) 80 جـ) 320 د) 160

6) محث محاثته 4 H ، متصل بمصدر جهد متردد قيمته العظمى $160\pi$ V وتردده 10Hz ، إن قيمة التيار الكهربائي العظمى المار في الدارة يساوي :

أ) $4\pi$ ب) 2 جـ) 0.5 د) 4

7) دارة RLC تحتوي مقاومة مقدارها $6k\Omega$ ومحث محاثته 225 H ومواسع مواسعته $4\ \mu F$ ، والتردد الزاوي لمصدر الجهد يساوي $20\ rad/s$ ، إن المعاوقة الكلية (kΩ) تساوي :

أ) 4.5 ب) 12.5 جـ) 100 د) 10

8) دارة تحتوي على مواسع ومصدر جهد متردد ، عند مضاعفة التردد الزاوي لمصدر الجهد ضعفين ، فإن قيمة التيار الكهربائي العظمى سوف :

أ) تتضاعف مرتين ب) تتضاعف أربعة أضعاف جـ) تقل إلى النصف د) تقل إلى الربع

9) تعد عملية استقبال تردد زاوي محدد في أجهزة الاستقبال كالراديو من التطبيقات على :

أ) المعاوقة المواسعية ب) المعاوقة المحثية جـ) المعاوقة الكلية د) دارة الرنين

T.Saed Assaf

10) يحتوي جهاز الاتصالات اللاسلكية على دارة RLC ، حيث $R = 2.25\ k\Omega$ ، $L = 8\ \mu H$ ، $C = 2\ \mu F$ ، متصلة مع مصدر جهد متردد تردده الزاوي $2 \times 10^4\ rad/s$ ، إن تردد مصدر الجهد :

أ) يساوي تردد الرنين ب) أقل من تردد الرنين جـ) أكبر من تردد الرنين د) ضعف تردد الرنين

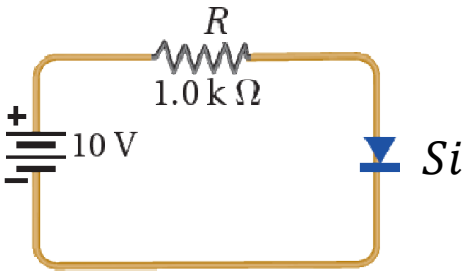
11) تمتاز أشباه الموصلات بأنها :

أ) من عناصر المجموعة الثالثة في الجدول الدوري .
ب) لا يمكن تحسين توصيلها من خلال الإشابة .
جـ) يعتبر توصيلها أضعف من توصيل المطاط .
د) تدخل في صناعة القطع الإلكترونية مثل الترانزستور .

12) عندما يكون الثنائي في حالة انحياز عكسي ، فإنه :

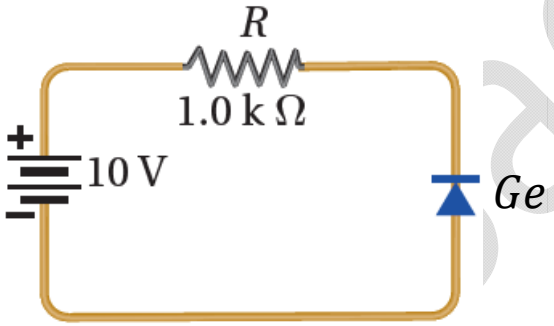
أ) يتصل طرفه الموجب مع القطب الموجب للبطارية . ب) لا يمرر التيار الكهربائي .
جـ) يسمح بمرور التيار الكهربائي إذا كان أقل من $0.5\ A$ . د) له مقاومة صغيرة .

13) اعتمادًا على الشكل المجاور ، فإن فرق الجهد بين طرفي الثنائي والتيار المار في المقاومة يساويان :



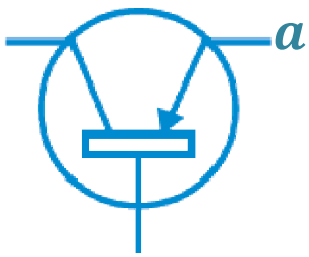

أ) $0.3\ V - 0.0097\ A$
ب) $0.3\ V - 0.01\ A$
جـ) $0.7\ V - 0.0093\ A$
د) $0.7\ V - 0.01\ A$

14) اعتمادًا على الشكل المجاور ، فإن فرق الجهد بين طرفي الثنائي والتيار المار في المقاومة يساويان :



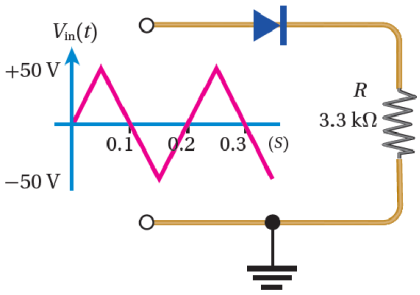

أ) $0.3\ V - 0.01\ A$
ب) $0.7\ V - 0.01\ A$
جـ) $10\ V - 0\ A$
د) $0\ V - 0\ A$

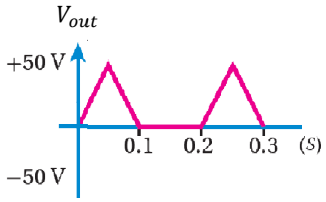
15) اعتماداً على الشكل المجاور ، والذي يمثل ترانزستور ، إن نوع الترانزستور والطرف (a) هما :

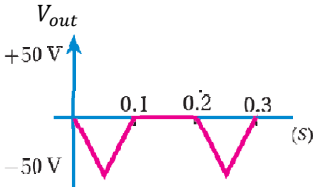


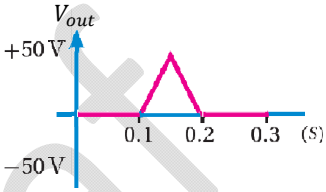

أ) npn الباعث ب) npn الجامع
جـ) pnp الباعث د) pnp الجامع

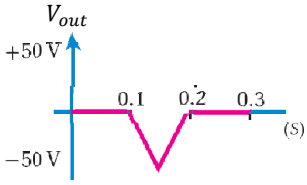
16) اعتمادا على الشكل المجاور ، سيكون شكل الموجة الخارجة :



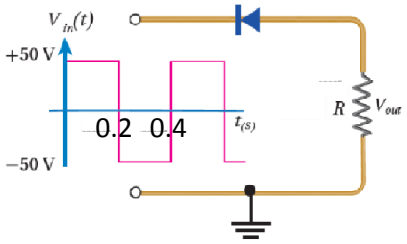

أ)



ب)



جـ)



د)



17) اعتمادا على الشكل المجاور، سيضيئ المصباح في الثانية الواحدة :




أ) 2 ب) 3 جـ) 4 د) 5

18) تقاس المعاوقة المواسعية بوحدة :

أ) F ب) V/A جـ) H د) A/V

19) من استخدامات الثنائي في دارات التيار الكهربائي المتردد :

أ) مفتاح .
ب) مقوم نصف موجة .
جـ) مفتاح سريع الفتح والإغلاق .
د) مضخم للتيار والجهد .

20) من استخدامات الترانزستور :

أ) مفتاح سريع الفتح والإغلاق .
ب) مفتاح بطيء الفتح والإغلاق .
جـ) مضخم للتيار مصغر للجهد .
د) مصغر للتيار مضخم للجهد .

T.Saed Assaf

# إجابة ورقة عمل (1)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ب | د | أ | جـ | أ | ب | جـ | أ | ب | د |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| د | ب | جـ | أ | أ | جـ | ب | جـ | ب | ب |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| جـ | أ | جـ | جـ | د | أ | ب | جـ | جـ | ب |
| 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | | | | | |
| أ | د | ب | أ | جـ | | | | | |

# إجابة ورقة عمل (2)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ب | أ | د | جـ | د | ب | د | أ | د | ب |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| د | ب | جـ | جـ | جـ | أ | أ | ب | ب | أ |

T.Saed Assaf

## مراجعة الوحدة

**1.** أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكلّ جملة ممّا يأتي:

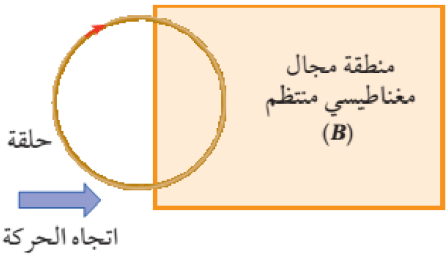
1. وحدة قياس معامل الحثّ الذاتيّ لمحثّ حسب النظام الدوليّ للوحدات، هي:

أ. V.A/s　　ب. A.s/V　　جـ. V.A.s　　د. V.s/A

2. ملف مستطيل الشكل يتكوّن من لفة واحدة ومساحة سطحه $(A)$، مغمور في مجال مغناطيسي $(B)$، بحيث تكون الزاوية بين مستوى الملف وخطوط المجال $(30^\circ)$. إذا تضاعف مقدار المجال المغناطيسي خلال مدّة زمنية مقدارها $(\Delta t)$، فإن التغير في التدفق المغناطيسي الذي يخترق الملف خلال تلك المدّة يساوي:

أ. $BA\cos 30^\circ$　　ب. $2BA\cos 30^\circ$　　جـ. $BA\cos 60^\circ$　　د. $2BA\cos 60^\circ$

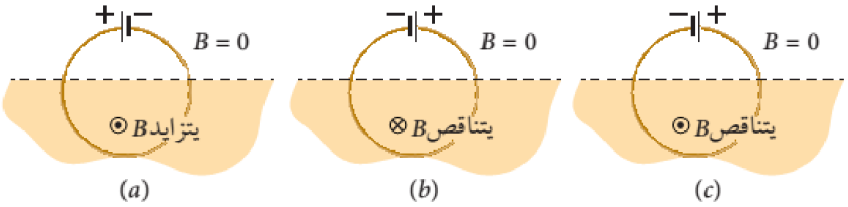
3. في أثناء دخول الحلقة المبينة في الشكل إلى منطقة مجال مغناطيسي منتظم $(B)$ يتولد في الحلقة تيار كهربائي حثّي بالاتجاه المبين في الشكل، فيكون المجال المغناطيسي $(B)$ باتجاه محور:




أ. $+z$　　ب. $-z$

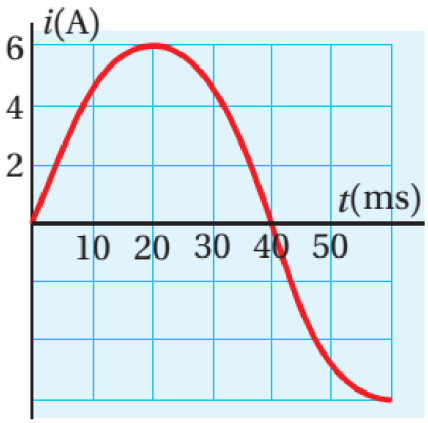
جـ. $+x$　　د. $-x$

4. يبين الشكل المجاور حلقة تتصل ببطاريّة، ونصفها السفلي موضوع في مجال مغناطيسي منتظم؛ اتجاهه قد يكون عموديًّا على الصفحة للداخل أو للخارج، ومقداره قد يتزايد أو يتناقص. في أي الحالات الثلاث يكون اتجاه القوة الدافعة الكهربائية الحثّيّة المتولِّدة في الحلقة باتجاه القوة الدافعة الكهربائية للبطارية؟




أ. $(b)$ فقط　　ب. $(c)$ فقط　　جـ. $(b)$ و $(a)$　　د. $(b)$ و $(c)$

5. الشكل البيانيّ المجاور يمثّل تغيّر التيار المتردّد بالنسبة إلى الزمن، إنّ التيار اللحظي يُعبَّر عنه بالعلاقة الآتية:




أ. $i = 6\sin 40\,t$

ب. $i = 6\sin 40\,\pi t$

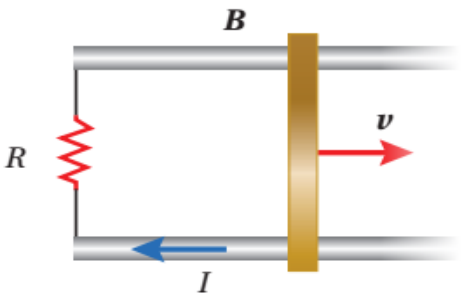
جـ. $i = 6\sin 12.5\,\pi t$

د. $i = 6\sin 25\,\pi t$

6. يُعبَّر عن فرق الجهد المتردّد بالعلاقة $(\Delta v = V_{max} \sin 3\pi t)$. عند أيّ لحظة زمنية تكون القيمة اللحظيّة لفرق الجهد المتردّد مساوية لنصف قيمته العظمى؟

أ. $\frac{1}{18}$ s ب. $\frac{2}{18}$ s جـ. $\frac{3}{18}$ s د. $\frac{6}{18}$ s

7. موصل مستقيم طوله $(\ell)$ مغمور داخل مجال مغناطيسي منتظم. عند سحب الموصل بسرعة ثابتة مقدارها $(v)$ على مجرى فلزّيّ باتجاه محور $(+x)$، يمرّ في المقاومة $(R)$ تيار كهربائي حثّيّ $(I)$ بالاتجاه المبين في الشكل. إنّ مقدار المجال المغناطيسي واتجاهه:




أ. $\frac{\ell v}{IR}$، باتجاه $(+z)$ ب. $\frac{IR}{\ell v}$ باتجاه $(+z)$

جـ. $\frac{\ell v}{IR}$، باتجاه $(-z)$ د. $\frac{IR}{\ell v}$ باتجاه $(-z)$

8. عند توصيل طرفي فولتميتر بطرفي مصدر فرق جهد متردّد قيمته العظمى (310 V)، فإنّ قراءة الفولتميتر تساوي:

أ. 31 V ب. 155 V

جـ. 220 V د. 310 V

9. ما مقدار مقاومة متصلة بمصدر فرق جهد متردّد قيمته العظمى (69 V)، عندما يسري فيها تيار متردّد قيمته الفعّالة (3.5 A)؟

أ. 7 Ω ب. 14 Ω جـ. 20 Ω د. 28 Ω

10. الموادّ النقيّة التي لها العدد الأكبر من الإلكترونات الحرّة هي:

أ. الموادّ العازلة. ب. الموادّ الموصِلة. جـ. الموادّ شبة الموصِلة. د. بلّورة من النوع $(p)$.

11. عند إشابة بلّورة السليكون بعنصر خماسي التكافؤ ينتج:

أ. بلّورة من نوع $(p)$ ب. بلّورة من نوع $(n)$ جـ. ثنائي بلّوري د. ترانزستور.

12. حتى يكون الثنائيّ البلّوري في حالة انحياز أمامي، يجب أن:

أ. يُطبّق فرقُ جهد خارجي موجب على مصعده، وآخرُ سالب على مهبطه.

ب. يُطبّق فرقُ جهد خارجي سالب على مصعده، وآخرُ موجب على مهبطه.

جـ. يكون جهد مصعده أقلّ من جهد مهبطه.

د. يكون جهد مصعده أكبر من جهد مهبطه بما لا يزيد على (0.1 V).

2. **أُفسّر:** حلقة موصلة وضعت بالقرب من سلك موصل مستقيم يسري فيه تيار كهربائي ($I$) لجهة اليسار على نحو ما هو مبين في الشكل المجاور. أُحدّد لكل حالة من الحالات الآتية، هل يمر تيار كهربائي حثّي في الحلقة أم لا ؟ وأحدّد اتجاهه.

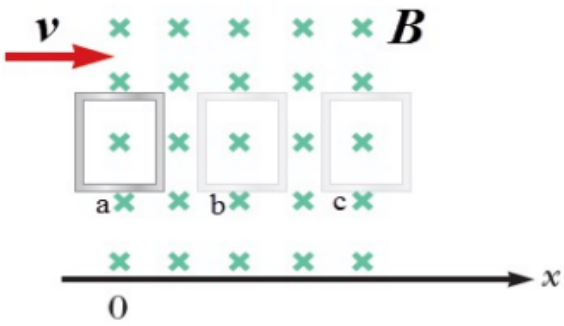
أ. عندما تتحرك الحلقة رأسيًّا إلى الأسفل باتجاه السلك.

ب. أثناء إنقاص التيار الكهربائي المارّ في السلك مع بقاء الحلقة ثابتة.

جـ. عندما تتحرك الحلقة أُفقيًّا بموازاة طول السلك لجهة اليسار .

3. **أحسب:** حلقة دائرية موصلة نصف قطرها (0.10 m)، موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.15 T)، على أن يكون مستواها عموديًّا على اتجاه المجال المغناطيسي. سحبت الحلقة من طرفين متقابلين فيها، فتغيّر شكلها، وأصبحت مساحتها ($3.0 \times 10^{-2}\ m^2$) خلال (0.20 s). أحسب القوة الدافعة الكهربائيّة الحثّية المتوسطة المتولّدة في الحلقة خلال هذه المدّة الزمنية.

4. **أُحلّل وأستنتج:** حلقة فلزّية مستطيلة الشكل تقع في المستوى $xy$، وتتحرك باتجاه محور $x+$ بسرعة متجهة ثابتة، فتدخل منطقة مجال مغناطيسي منتظم باتجاه محور $z-$، على نحو ما هو موضّح في الشكل المجاور. وتُمثّل الرموز a وb وc مرحلة دخول الحلقة منطقة المجال المغناطيسي، ومرحلة حركتها بداخله، ومرحلة خروجها من منطقة المجال المغناطيسي، على الترتيب. أجيب عمّا يأتي:




أ . أيّ المراحل الثلاث يتولّد فيها قوة دافعة كهربائية وتيار كهربائي حثّي في الحلقة؟ أُفسّر إجابتي.

ب. أُحدّد اتجاه التيار الكهربائي الحثّي المتولّد في كل مرحلة إن وُجِد، مفسِّرًا إجابتي.

5. **أستخدم الأرقام:** تُحلّق إحدى طائرات الخطوط الجويّة الملكيّة الأُردنيّة أُفقيًّا بسرعة مقدارها (200 m/s) في منطقة، المُركّبة الرأسيّة للمجال المغناطيسي الأرضي فيها تساوي ($50\ \mu T$). أتأمّل الشكل المجاور. إذا علمت أن طول جناحي الطائرة معًا يساوي (60 m)، فأحسب القوة الدافعة الكهربائيّة الحثّية المتوسطة المتولّدة بين طرفي جناحي الطائرة.

6. **أستخدم الأرقام:** حلقة فلزّية مساحة مقطعها العرضي ($10.0\ cm^2$)، موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم على أن يكون مستواها عموديًّا على اتّجاه المجال المغناطيسي. إذا ازداد مقدار المجال المغناطيسي ازديادًا منتظمًا من (0.50 T) إلى (2.50 T) خلال (1.0 s)، فأحسبُ التيار الكهربائي الحثّي المتولّد في الحلقة إذا علمتُ أنّ مقاومتها ($1.0\ \Omega$).

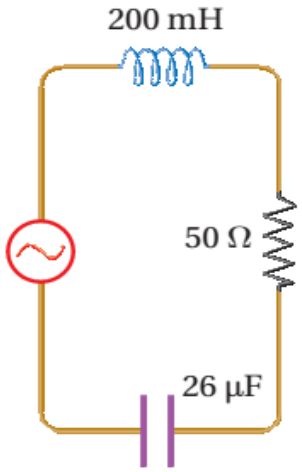
7. **أستخدم المتغيرات** ملفّ من سلك موصِل عدد لفّاته (400)، ومقاومته الكهربائيّة (50.0 Ω)، ومساحة مقطعه العرضي ($0.25\ m^2$). وضع الملف داخل مجال مغناطيسي منتظم مقداره (2.0 T)، حيث مستوى الملف عموديّ على اتجاه المجال المغناطيسي. فإذا تلاشى المجال المغناطيسي خلال (0.50 s)، أحسب ما يأتي:

أ . القوّة الدافعة الكهربائيّة الحثّية المتوسطة المتولّدة في الملف.

ب. التيار الكهربائي الحثّي المتولّد في الملف.

8. **أمثّل البيانات:** القيمة الفعّالة لفرق الجهد الكهربائي المتردّد في الأردن (230 V)، وتردّده (50 Hz). أُمثّل فرق الجهد المتردّد بمنحنى بيانيّ، مبيّنًا عليه تدريج الزمن والقيمة العظمى لفرق الجهد.

9. **أستخدم المتغيّرات:** دارة (*RLC*) تحتوي على مقاومة ومحثّ ومواسع مبيَّنة قيمها في الشكل المجاور، تتصل بمصدر فرق جهد متردّد قيمته العظمى (210 V)، وتردّده (50 Hz). أحسب:




أ . المعاوقة المحثّية والمعاوقة المواسعيّة والمعاوقة الكليّة للدارة.

ب. القيمة العظمى للتيار المتردّد.

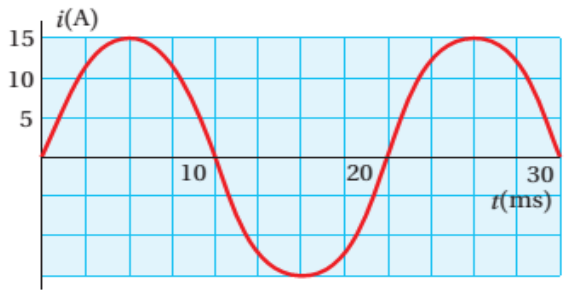
10. **أحلل:** تحتوي دارة استقبال في جهاز مذياع على مقاومة (120 Ω)، ومحثّ محاثّته (0.2 mH)، ومواسع متغيّر المواسعة. يمكن ضبط الدارة لكي تستقبل موجات بتردّدات مختلفة، عن طريق إحداث الرنين. أحدّد مجال القيم التي تتغيّر بينها مواسعة المواسع لاستقبال مدى التردّدات (550 kHz–1650 kHz).

11. **أستخدم الأرقام:** تحتوي دارة (*RLC*) على مقاومة (150 Ω) ومحثّ (460 mH) ومواسع (21 μF) موصولة على التوالي بمصدر فرق جهد متردّد قيمته الفعّالة (120 V)، وتردّده (60 Hz)، أحسب:

أ . مقدار المعاوقة الكليّة للدارة.

ب. التردّد الطبيعي للدارة الذي يحدث عنده الرنين.

12. **أحلّل البيانات:** معتمدًا على العلاقة البيانيّة المجاورة لتغيّر التيار الذي يسري في دارة مقاومة فقط مقدارها (40 Ω)، أجد:



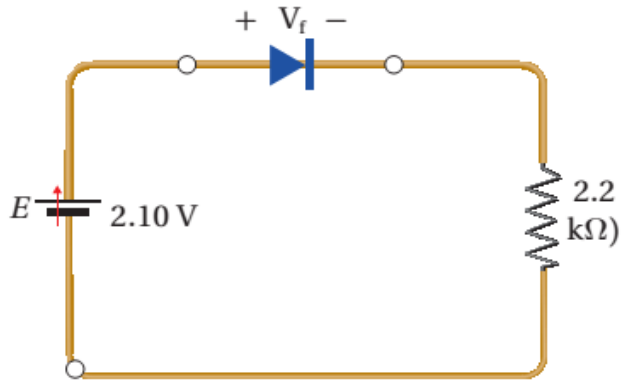

أ . القيمتين العظمى والفعّالة للتيار.

ب. التردّد الزاويّ للتيار.

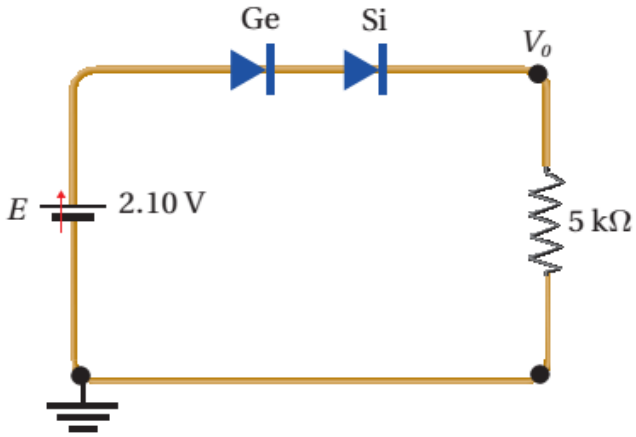
جـ. القيمة الفعّالة لفرق الجهد.

د . القدرة الكهربائية المستهلكة في المقاومة.

**13.** **أحسب:** يسري تيار متردّد في مقاومة (200 Ω)، إذا كانت قيمته العظمى (2.8 A)، فما القدرة المتوسطة المستهلَكة في هذه المقاومة؟

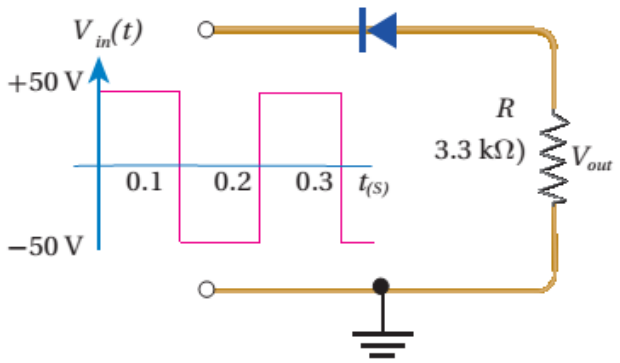



**14.** **أستخدم المتغيرات:** وُصِل ثنائيٌّ من الجرمانيوم على التوالي بمقاومة على نحو ما هو موضّح في الشكل المجاور، اعتمادًا على البيانات المثبتة على الشكل، أجد فرق الجهد على طرفي الثنائي، وفرق الجهد على طرفي المقاومة $\Delta V_R$، والتيار المارّ في المقاومة .




**15.** **أستخدم المتغيرات:** وُصِل ثنائيّان من السليكون (Si) والجرمانيوم (Ge) على التوالي بمقاومة على نحو ما هو مبيَّن في الشكل المجاور، اعتمادًا على البيانات المثبتة على الشكل أجدُ الجهد الناتج ($V_o$).

**16.** **أحلّل:** أحضر باسم دارة متكاملة تستخدم للتوقيت تنتج إشارة مربعة، وقام هو وأفراد مجموعته بتوصيلها بثنائي ومقاومة على نحو ما هو مبيَّن في الشكل المجاور، اعتمادًا على البيانات الموضّحة على الشكل:




أ . أُناقش وأفراد مجموعتي الإشارة الخارجة، وأمثّل بيانيًّا ($V_{out}$) بالنسبة إلى الزمن.

ب. إذا استخدمت بدلاً من المقاومة مصباحًا له نفس مقدار المقاومة، أناقش وأفراد مجموعتي عدد المرات التي سيضيء فيها المصباح في الثانية الواحدة. (على افتراض أنّ المصباح لا يعمل بمجرد انقطاع التيار عنه).

**17.** أذكرُ عدد الطبقات التي يتكوّن منها الترانزستور، واستخداماته في الدارات الكهربائية.

## مراجعة الوحدة الخامسة

1. الاختيار من متعدد:

| الفقرة | الإجابة |
|---|---|
| 1 | د |
| 2 | جـ |
| 3 | أ |
| 4 | أ |
| 5 | د |
| 6 | أ |
| 7 | ب |
| 8 | جـ |
| 9 | ب |
| 10 | ب |
| 11 | ب |
| 12 | أ |

2.

أ. يزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترقها؛ نتيجة ازدياد مقدار المجال المغناطيسي، ويتولّد فيها تيار كهربائي حثّي بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة.

ب. يقل التدفق المغناطيسي الذي يخترقها؛ نتيجة نقصان مقدار المجال المغناطيسي، ويتولّد فيها تيار كهربائي حثّي باتجاه حركة عقارب الساعة.

ج. لا يتغيّر التدفق المغناطيسي الذي يخترقها؛ نتيجة ثبات مقدار المجال المغناطيسي، ولا يتولّد فيها تيار كهربائي حثّي.

3.

$$\dot{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -N\left(\frac{\Phi_{B,f} - \Phi_{B,i}}{\Delta t}\right) = -1 \times \left(\frac{BA_f\cos\theta - BA_i\cos\theta}{\Delta t}\right)$$

$$= -B\cos 0.0^\circ\left(\frac{A_f - A_i}{\Delta t}\right) = -0.15 \times 1 \times \left(\frac{3.0 \times 10^{-2} - \pi r_i^2}{0.20}\right)$$

$$= -0.15 \times \left(\frac{3.0 \times 10^{-2} - \pi\,(0.10)^2}{0.20}\right)$$

$$= 1.05 \times 10^{-3}\ \text{V} \approx 1.1 \times 10^{-3}\ \text{V}$$

4. أ. **المرحلتان a وc**؛ في أثناء دخول الحلقة منطقة المجال المغناطيسي يزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترق الحلقة، وفي أثناء خروجها من منطقة المجال المغناطيسي يقل التدفق المغناطيسي الذي يخترقها، فيحدث تغير في التدفق المغناطيسي، ويتولّد قوة دافعة كهربائية وتيار كهربائي حثّي في هاتين المرحلتين بحسب قانون فارادي في الحث.

ب. **في المرحلة a**، يكون اتجاه التيار الكهربائي الحثّي المتولّد في الحلقة بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة عند النظر إليها عموديًّا؛ لأنه في أثناء دخول الحلقة منطقة المجال المغناطيسي يزداد التدفق المغناطيسي الذي يخترقها، فيتولّد فيها تيار كهربائي حثّي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يُقاوم الزيادة في التدفق المغناطيسي الذي يخترقها.

**في المرحلة b**، لا يتولّد تيار كهربائي حثّي في الحلقة؛ لأنه لا يوجد تغير في التدفق المغناطيسي الذي يخترقها.

**في المرحلة c**، يكون اتجاه التيار الكهربائي الحثّي المتولّد في الحلقة باتجاه حركة عقارب الساعة عند النظر إليها عموديًّا؛ لأنه في أثناء خروج الحلقة من منطقة المجال المغناطيسي يقل التدفق المغناطيسي الذي يخترقها، فيتولّد فيها تيار كهربائي حثّي ينشأ عنه مجال مغناطيسي يُعوّض النقص في التدفق المغناطيسي الذي يخترقها.

5. أحسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولّدة بين طرفي جناحي الطائرة كما يأتي:

$$\dot{\varepsilon} = B\ell v$$

$$= 50 \times 10^{-6} \times 60 \times 200$$

$$= 6 \times 10^{-1}\ \text{V} = 0.6\ \text{V}$$

6. أستخدم الأرقام:

$$\dot{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

$$= -N\left(\frac{\Phi_{B,f} - \Phi_{B,i}}{\Delta t}\right) = -NA\cos 0.0^\circ\left(\frac{B_f - B_i}{\Delta t}\right)$$

$$= -1 \times 10.0 \times 10^{-4} \times 1 \times \left(\frac{2.50 - 0.50}{1.0}\right) = -2.0 \times 10^{-3}\ \text{V}$$

$$I = \left|\frac{\dot{\varepsilon}}{R}\right| = \frac{2.0 \times 10^{-3}}{1.0} = 2.0 \times 10^{-3}\ \text{A}$$

7. الملفّ:

أ. أحسب التدفق المغناطيسي الابتدائي عبر الملف.

$$\Phi_{B,i} = BA\cos\theta = 2.0 \times 0.25 \times \cos 0.0^\circ = 0.50\ \text{Wb}$$

التدفق المغناطيسي النهائي يساوي صفرًا؛ لانعدام المجال المغناطيسي.

أحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولّدة في الملف نتيجة تغير مقدار المجال المغناطيسي كما يأتي:

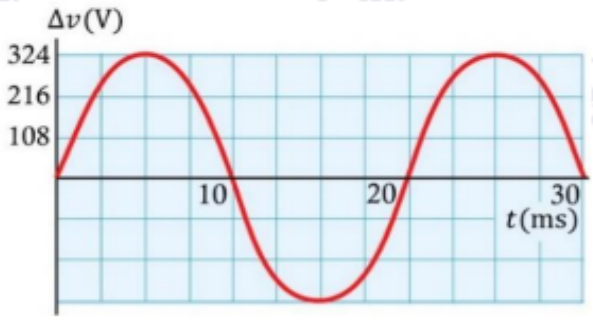
$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -N\left(\frac{\Phi_{B,f} - \Phi_{B,i}}{\Delta t}\right) = -400 \times \left(\frac{0 - 0.50}{0.50}\right)$$

$$= 4 \times 10^2\ \text{V}$$

ب.

$$I = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = \frac{4 \times 10^2}{50.0} = 8\ \text{A}$$

8. أمثل البيانات:




9. أستخدم المتغيرات:

أ. المعاوقة:

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 50 = 314\ \text{rad/s}$$

$$X_L = \omega L = 314 \times 200 \times 10^{-3} = 62.8\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 \times 26 \times 10^{-6}} = 122.5\ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$Z = \sqrt{50^2 + (62.8 - 122.5)^2} = 77.9\ \Omega$$

ب. القيمة العظمى للتيار:

$$I_{max} = \frac{V_{max}}{Z} = \frac{210}{77.9} = 2.7\ A$$

**10. دارة الاستقبال:**

التردد الأدنى: $f_1 = 5.5 \times 10^5$ Hz، والتردد الأعلى: $f_2 = 16.5 \times 10^5$ Hz

$$\omega_1 = 2\pi f_1 = 2 \times 3.14 \times 5.5 \times 10^5 = 3.45 \times 10^6\ rad/s$$

$$C_1 = \frac{1}{{\omega_1}^2 L} = \frac{1}{11.9 \times 10^{12} \times 2 \times 10^{-4}} = 4.2 \times 10^{-10}\ F = 420\ pF$$

$$\omega_2 = 2\pi f_2 = 2 \times 3.14 \times 16.5 \times 10^5 = 10.36 \times 10^6\ rad/s$$

$$C_2 = \frac{1}{{\omega_2}^2 L} = \frac{1}{107.3 \times 10^{12} \times 2 \times 10^{-4}} = 0.466 \times 10^{-10}\ F = 46.6\ pF$$

**11. أستخدم الأرقام:**

أ) المعاوقة:

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 60 = 376.8\ rad/s$$

$$X_L = \omega L = 376.8 \times 460 \times 10^{-3} = 173.3\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{376.8 \times 21 \times 10^{-6}} = 126.4\ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$Z = \sqrt{150^2 + (173.3 - 126.4)^2} = 157\ \Omega$$

ب) تردد الرنين:

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{460 \times 10^{-3} \times 21 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{3.1 \times 10^{-3}}$$

$\omega_o = 322.6\ \text{rad/s}$

**12. أحلل البيانات:**

أ) القيمة العظمى للتيار: $I_{max} = 15\ \text{A}$، القيمة الفعالة للتيار:

$$I_{rms} = I_{max} \times 0.71 = 15 \times 0.71 = 10.65\ \text{A}$$

ب) التردد الزاوي:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.02} = 50\ \text{Hz}$$
$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 50 = 314\ \text{rad/s}$$

ج) القيمة الفعالة لفرق الجهد:

$$V_{rms} = I_{rms} \times R = 10.65 \times 40 = 426\ \text{V}$$

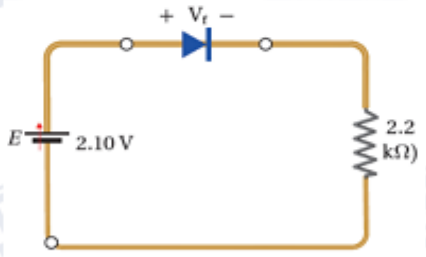
د) القدرة الكهربائية المستهلكة في المقاومة:

$$\bar{P} = {I_{rms}}^2 R = (10.65)^2 \times 40 = 4536.9\ \text{W}$$

**13. أحسب:**

$$I_{rms} = 0.71 \times I_{max} = 0.71 \times 2.8 = 2\ \text{A}$$
$$\bar{P} = {I_{rms}}^2 R = (2)^2 \times 200 = 800\ \text{W}$$

**14.** الثنائي موصول في حالة انحياز أمامي، وحاجز الجهد له (0.3 V) لأنه من الجرمانيوم. لذلك؛ فإن فرق الجهد على طرفي الثنائي (0.3 V)



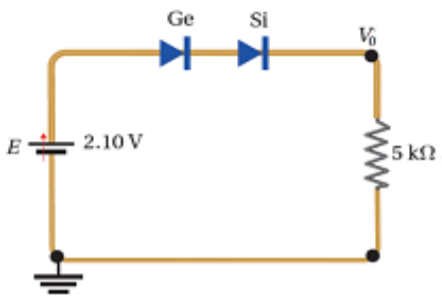

فرق الجهد على طرفي المقاومة:

$$\Delta V_R = 2.1 - 0.3 = 1.8\ \text{V}$$

والتيار المار في المقاومة:

$$I = \frac{\Delta V_R}{R} = \frac{1.8}{2.2 \times 10^3} = 0.82 \times 10^{-3}\ \text{A} = 0.82\ \text{mA}$$

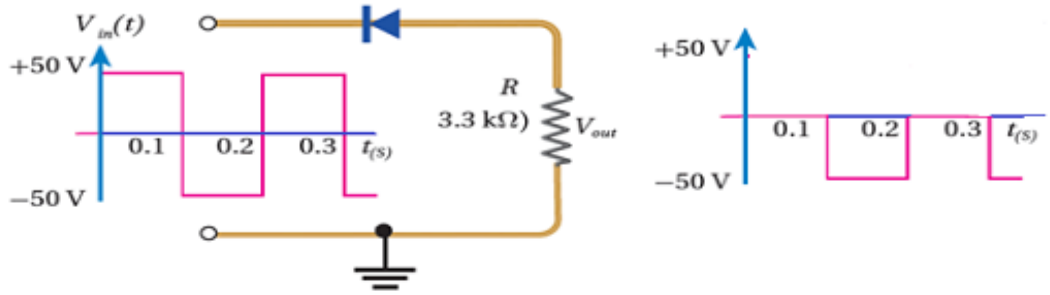
**15.** الثنائيان موصول في حالة انحياز أمامي، وحاجز الجهد (0.3 V) للجرمانيوم و ( 0.7 V) للسيليكون.




فرق الجهد على طرفي المقاومة:

$$\Delta V_R = V_0 = 2.1 - 0.3 - 0.7 = 1.1\ \text{V}$$

**16.** أ. في الفترتين الزمنيتين $(0 - 0.1\ s)$ و $(0.2 - 0.3\ s)$ يكون الثنائي في حالة انحياز عكسي ولا يمرر الإشارة، أما في الفترة الزمنية $(0.1 - 0.2\ s)$ فالثنائي في حالة انحياز أمامي ويمرر الإشارة .




يضيء المصباح مرة واحدة كل $(0.2\ s)$، لذلك يضيء خمس مرات في الثانية الواحدة.

**17.** يتكون الترانستور من ثلاث طبقات، بحيث تختلف الطبقة الوسطى عن الطبقتين الأخريَيْن. ويستخدم في الدارات الكهربائية كمفتاح كهربائي سريع الغلق والفتح، أو كمضخم للجهد أو التيار أو القدرة.

## إجابات أسئلة تفكير في كتاب التجارب والأنشطة العملية/ الصفحات: 15- 13

**1.** الاختيار من متعدّد:

| رقم الفقرة | الإجابة |
|---|---|
| 1 | ب |
| 2 | ب |
| 3 | ب |

**2.**

أ.

$$\Phi_B = BA\cos\theta = (\mu_\circ I n)\ell^2 \cos 0.0^\circ$$
$$= 4\pi \times 10^{-7} \times 2.0 \times \frac{1000}{20.0 \times 10^{-2}} \times 4.0 \times 10^{-4} \times 1$$
$$= 5.02 \times 10^{-6}\ \text{Wb}$$

ب. أحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولّدة في الحلقة نتيجة تغير مقدار تيار دارة الملف اللولبي كما يأتي:

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -N\left(\frac{\Phi_{B,f} - \Phi_{B,i}}{\Delta t}\right) = -1 \times \left(\frac{0 - 5.02 \times 10^{-6}}{2.0}\right)$$
$$= 2.51 \times 10^{-6}\ V$$

3.

أ. سيمر تيار كهربائي حثّي، ويكون بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة؛ لمقاومة الزيادة في التدفق المغناطيسي.

ب. لا يمر تيار كهربائي حثّي،؛ لعدم حدوث تغيّر في التدفق المغناطيسي عبر الحلقة التي يُشكّلها الموصلان مع المجرى.

ج. سيمر تيار كهربائي حثّي، ويكون بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة؛ لمقاومة الزيادة في التدفق المغناطيسي.

4. نحسب أولاً مقاومة السلك كاملةً

$$R = 0.2 \times 30 = 6\ \Omega$$

أ. القدرة الضائعة عند فرق جهد (240 V)، أحسب التيار المار في السلك من القدرة وفرق الجهد

$$I = \frac{\bar{P}}{\Delta V} = \frac{500\times10^6}{240} = 2.1 \times 10^6 A$$

$$\bar{P} = I^2R = 2.1 \times 10^6 \times 6 = 1.27 \times 10^7\ W$$

ب. القدرة الضائعة عند فرق جهد (32000 V).

$$I = \frac{\bar{P}}{\Delta V} = \frac{500\times10^6}{32000} = 15625\ A$$

$$\bar{P} = I^2R = 15625 \times 6 = 93750\ W$$

5. في دارة المحث تزداد المعاوقة بمقدار خمسة أضعاف، لأن معاوقة المحث تتناسب طرديًا مع تردد المصدر، فتقل القيمة الفعالة للتيار إلى الخمس. وفي دارة المواسع تقل المعاوقة إلى الخمس لأنها تتناسب عكسيًا مع تردد المصدر، فتزداد القيمة الفعالة للتيار إلى خمسة أضعاف.

6. أ. حاجز الجهد ما بين $(0.6 - 0.7\ V)$.

ب. الثنائي مصنوع من السليكون.

ج. من الرسم نجد:

$$R = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{0.9 - 0.8}{(35 - 17) \times 10^{-3}} = 5.5\ \Omega$$

د. الثنائي في حالة انحياز أمامي.

هـ . لأن فرق الجهد في هذه الحالة يكون أقل من حاجز الجهد للثنائي.

7. عندما بدّل أحمد المحث في جهاز المذياع تغيّرت المعاوقة المحثية لدارة الاستقبال، فتغيرت حالة الرنين، وبذلك أصبح عند اختياره للتردد (801 kHz) على اللوحة لا يحصل على تردد رنين يوافق تردد إذاعة المملكة الأردنية الهاشمية.

T.Saed Ass