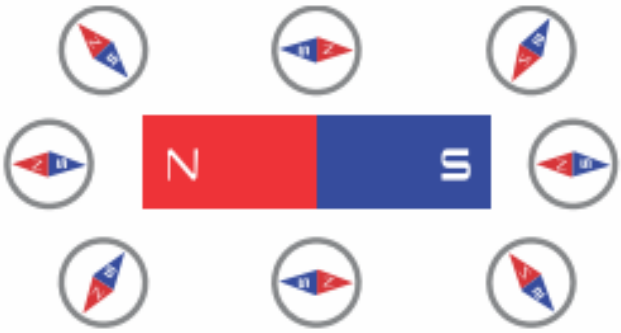
بسم الله الرحمن الرحيم

مادة الفيزياء للصف الثاني ثانوي علمي

الوحدة الخامسة :الحث الكهرومغناطيسي



اعداد الاستاذ : جمعة عليان

ت / 0788243842

المفاتيح العشرة للنجاح

*عزيزي الطالب تأمل النقاط التالية قبل دراسة المادة فهي اختصار لكتاب " المفاتيح العشرة للنجاح "للكاتب والمحاضر العالمي د. ابراهيم الفقي ، وهو مؤسس علم قوة الطاقة البشرية :

1. الدوافع :

ان الرغبة هي اول قاعدة للنجاح ، فالرغبة هي غرس البذور في ارض النجاح ، وسر النجاح هو الرغبة المشتعلة.

2.الطاقة " وقود الحياة " :

تجنب مصاحبة الاشخاص الذين نطلق عليهم لصوص الطاقة وهم دائمي الشكوى لانهم سيهبطون من عزيمتك ويسرقون طاقتك ويشعرونك بالاحباط ، وبالتالي ستجد ان مستواك في هبوط مستمر.

3.المعارة (المعرفة) :

المعرفة هي قوة ، وبمقدار المعرفة التي لديك ستكون مبدعا وستكون لديك فرصا اكبر لتصبح سعيدا وناجحا ..فبالمعرفة ترتفع درجة ذكائك ويتفتح ذهنك لآفاق ومجالات جديدة.

4-التصور:

دع خيالك يبسح ،ان خيالك له القوة التي يمكن ان تساعدك على تغيير حياتك ، ثق بنفسك وكرر كثيرا " باستطاعتي ان انجح..انا واثق من قدرتي على النجاح ، وستصل باذن الله لأعلى الدرجات ".

5-الفعل :

المعرفه وحدها لا تكفي ، لابد أن يصحبه التطبيق ..والاستعداد وحده لايكفي فلا بد من العمل .

6-التوقع :

ابتداء من اليوم ارتفع بتوقاتك وكن دائما متفائلا ..كيف تنسى الحديث الشريف الذي يقول " تفاءلو بالخير تجدوه " ،ونحن الآن حيث احضرتنا افكارنا .... وسنكون غدا حيث تاخذنا افكارنا .

7- الالتزام :

ألزم نفسك ان تكون الافضل في كل شئ ، وان تكون وسط الأشخاص الايجابيين والناجحين ، وان تقوم بعبادة الله ، وبتأدية صلواتك واطلب من الله المساعدة وستكون اسعد الناس .

8-المرونة:

المرونة والتاقلم يقربانك اكثر من تحقيق اهدافك ، فقائد الطائرة يكون دائما مستعدا لتعديل مساره طوال الرحلة الى ان يصل الى غايته في النهاية .

9-الصبر

يقول توماس أديسون (مخترع المصباح) :كثير من حالات الفشل في الحياة كانت لاشخاص لم يدركو كم كانوا قريبين من النجاح عندما اقدموا على الاستسلام .

10- الانضباط

قم بعمل الواجبات المفروضة عليك الان ولا تقم بعمل أي شئ آخر حتى تؤدي هذه الواجبات ، ابدأ بالتدريج بناء عضلة الانضباط الذاتي ، وستجد نفسك متجها لحياة مليئة بالسعادة والصحة والنجاح .

والله ولي التوفيق

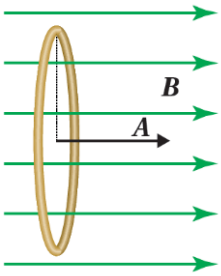
التدفق المغناطيسي

التدفّق المغناطيسي (Φ_B) **Magnetic flux** :

يعبر عنه رياضيًّا بأنّه ناتج الضرب القياسي لمتّجه المجال المغناطيسي (B) ومتّجه المساحة (A)

ويُعبَّر عن مقداره بالعلاقة الآتية:

$$\Phi_B = \boldsymbol{B} \cdot \boldsymbol{A} = BA\cos\theta$$



1.مجال مغناطيسي منتظم يخترق عموديًّا المساحة(A) **المحصورة بالملف.**

حيث :

Φ_B : التدفّق المغناطيسي.

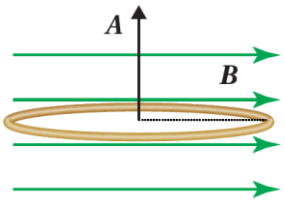
B : المجال المغناطيسي.

A : متّجه المساحة مقداره يساوي مساحة سطح الملفّ، واتّجاهه يكون عموديًّا على السطح. في الشكل (1)

θ : هي الزاوية المحصورة بين متّجَهي المجال المغناطيسي والمساحة عندما يبدأ المتجهان من النقطة نفسها.

التدفّق المغناطيسي كمية قياسيه ناتجه عن ضرب كمية متجهة بكمية متجهة ووحدة قياسه هي ($T.m^2$) وتسمى ويبر (Wb)

$$[\Phi_B] = T.m^2 = Wb$$



2.التدفّق المغناطيسيّ عبر الملفّ يساوي صفرًا؛ لأنّ **($\theta = 90°$، و $\cos 90° = 0$)**

على ماذا يعتمد التدفق المغناطيسي؟

يعتمد على :

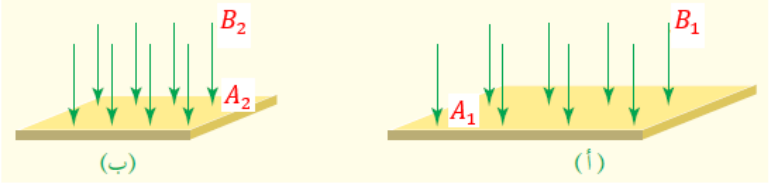
1. مقدار المجال المغناطيسي (طردية).
2. مساحة السطح (طردية).
3. جيب تمام الزاوية المحصورة بين متّجهي المجال المغناطيسيّ والمِساحة.

متى يكون التدفق المغناطيسي لملف مغمور في مجال مغناطيسي قيمه عظمى؟

عندما تكون الزاوية المحصورة بين متّجَهي المجال المغناطيسي والمساحة صفر أو ($180°$) كما في الشكل (1).

متى يكون التدفق المغناطيسي لملف مغمور في مجال مغناطيسي يساوي صفرا؟

عندما تكون الزاوية المحصورة بين متّجَهي المجال المغناطيسي والمساحة ($90°$) أو ($270°$) كما في الشكل (2).

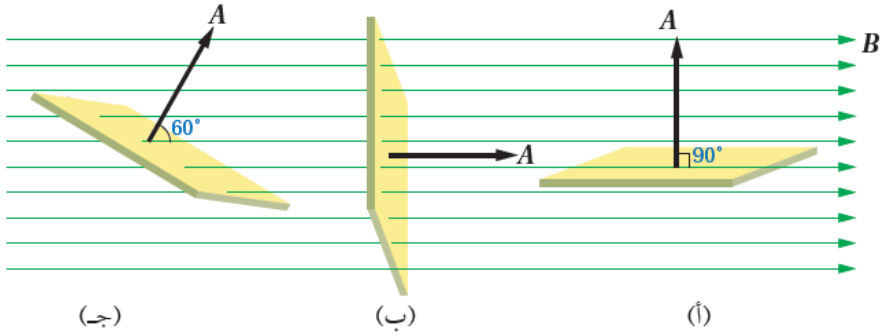


في الشكل المجاور قارن بين المجال المغناطيسي والتدفق المغناطيسي في الحالتين (أ) و (ب).

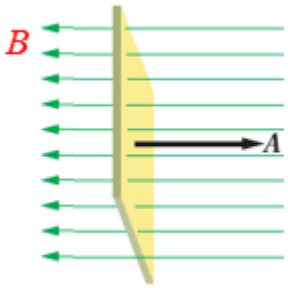
المجال المغناطيسي في الشكل (ب) أكبر من المجال المغناطيسي في الشكل (أ) ، لان خطوط المجال المغناطيسي في الشكل (ب)أكثر تقاربا منها في الشكل (أ)؛ فكثافة خطوط المجال المغناطيسي في الشكل (ب) أكبر. $(B_2 > B_1)$

التدفق المغناطيسي عبر الشكلين (أ) و(ب) نفسه لأن عدد خطوط الجال المغناطيسي التي تخترق السطحين نفسه . $(B_2 = B_1)$

يوضّح الشكل المجاور ثلاثة سطوح متماثلة موضوعة في المجال المغناطيسي نفسه. فأيُّ السطوح يخترقه أكبر تدفّق مغناطيسي؟ وأيّها يخترقه أقلّ تدفّق مغناطيسيّ؟



السطح (ب) أكبر تدفق لان الزاوية (90°) ، ثم يليه السطح (ج) وهو اقل بمقدار (cos 60°=0.5)، أي اقل بالنصف عن السطح (ب) ، أما السطح (أ) فالتدفق خلاله يساوي صفر لان الزاوية (90°) حيث (cos 90°=0).



متى يكون التدفق خلال سطح معين قيمة سالبة ؟

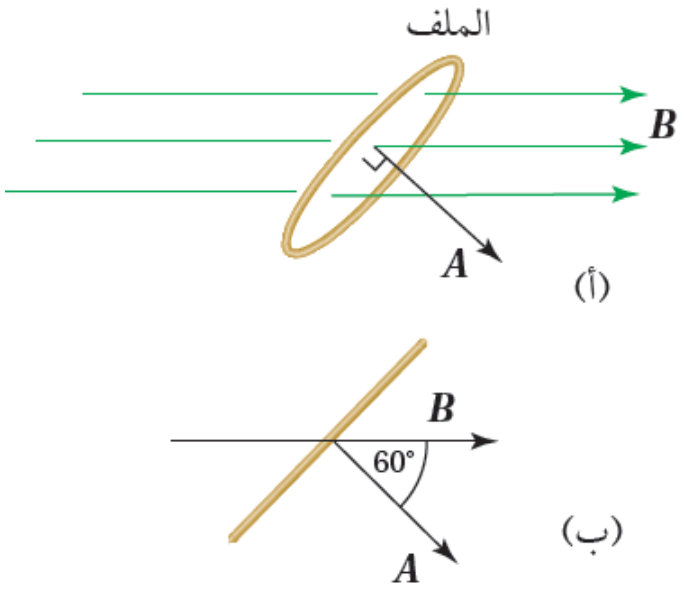
يكون التدفق خلال سطح معين سالب عندما يكون متجه المساحة معاكس لمتجه المجال المغناطيسي وعندها تكون خطوط المجال داخله الى السطح من جهة متجه المساحة، كما في الشكل المجاور حيث الزاوية (180°) و (cos 180° = −1).

مثال 1 : حلقة دائرية مساحتها ($3.0 \times 10^{-4}\ m^2$)، موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (120 mT) على نحو ما هو موضح في الشكل (4/ أ) . ويوضّح الشكل (4 /ب) منظرًا جانبيًا للحلقة، حيث الزاوية المحصورة بين متجهي المجال المغناطيسي و والمساحة (60^0). أحسب التدفق المغناطيسي عبر االحلقة:

أ . على نحو ما هي موضحة في الشكل (4/ أ).

ب. عندما يكون مستوى الحلقة عموديًا على اتجاه المجال المغناطيسي .

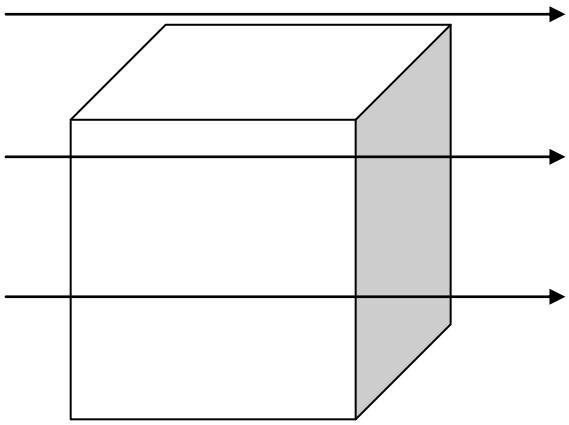
ج. عندما يكون مستوى الحلقة موازيًا لاتجاه المجال المغناطيسي.



مثال 2: احسب التدفق المغناطيسي عبر سطح مساحته $0.2\ m^2$ مغمور في مجال مغناطيسي مقداره $0.4T$ ، اذا كان متجه المساحة :

1. عامودي على اتجاه المجال المغناطيس .
2. موازي لاتجاه المجال المغناطيسي .
3. يصنع زاوية مقدارها 60^0 مع اتجاه المجال المغناطيسي.
4. .يصنع زاوية مقدارها 135^0 مع اتجاه المجال المغناطيسي.

مثال 3: جسم مكعب ذو ستة سطوح ،طول ضلعه10 cm ، وضع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.25 T) ويتجه نحو محور السينات الموجب ، احسب التدفق المغناطيسي عبر السطوح الستة للجسم .



مثال 4: يؤثر مجال مغناطيسي منتظم مقداره T 0.1 عمودياً في ملف مساحة اللفة الواحدة $50\ cm^2$ ، احسب التغير في التدفق عندما :

1. ينعدم المجال المغناطيسي .
2. ينعكس اتجاه المجال المغناطيسي .

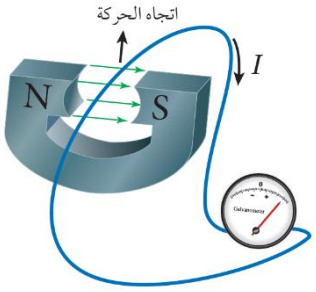
الحث الكهرومغناطيسي وقانون فاردي في الحث

الحثّ الكهرومغناطيسي : توليد تيار كهربائي في دارة كهربائيّة مغلقة عند تغيّر التدفّق المغناطيسي الذي يخترقها .

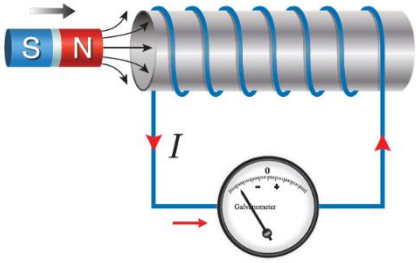
التيار الكهربائيّ الحثّيّ : التيار المتولد في دارة كهربائيّة مغلقة نتيجة تغير التدفق المغناطيسي الذي يخترقها .

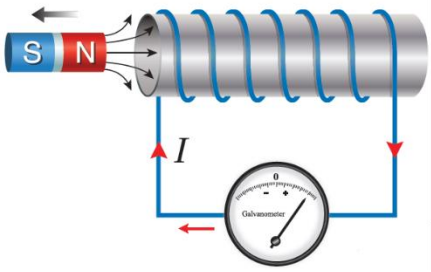
كيف يمكن توليد تيار كهربائي حثي في دارة كهربائية مغلقة؟

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



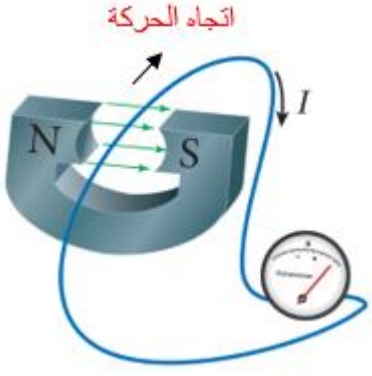
2. تقريب مغناطيس من ملف أو إبعاده عنه على نحو ما هو مبين في الشكل أدناه.





هل يتولّد تيار كهربائي حثّي في السلك عند تحريكه بموازاة طوله كما في الشكل ؟

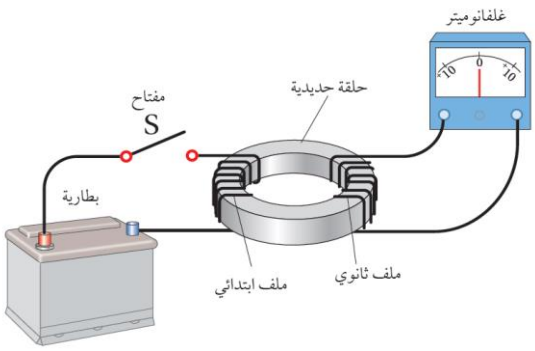
عند تحريك السلك بموازاة طوله فانه لا يقطع خطوط المجال المغناطيسي ، ولا يتولد تيار حثي .



القوّة الدافعة الكهربائيّة الحثّية Induced Electromotive Force

القوّة الدافعة الكهربائيّة الحثّيّة : فرق الجهد الكهربائي المتولّد بين طرفي سلك يقطع خطوط مجال مغناطيسي أو في ملفّ عند تغيّر التدفّق المغناطيسي الذي يخترقه.

في الشكل المجاور طريقة توليد قوة دافعة كهربائية حثية وتيار كهربائي حثي عن طريق لُفّ سلكٌ حول جزء من حلقة حديديّة، ثم وصِل طرفاه بمفتاح (S) وبطارية، مكوّنًا الملفّ الابتدائيّ Primary coil ، ثم لُفّ سلكٌ آخر حول جزءٍ آخر من الحلقة نفسها، ووصِل طرفاه بغلفانوميتر فقط، مكوّنًا الملفّ الثانويّ Secondary coil.



يتولّد تيار كهربائي حثّي في الملفّ الثانويّ عند تغير مقدار تيار الملفّ الابتدائيّ

ماذا يحدث لقراءة الغلفانوميتر في الحالات التالية مع تفسير السبب:

1. **لحظة غلق المفتاح (s) .**
2. **بعد فترة زمنية كافية من غلق المفتاح (s) .**
3. **لحظة فتح المفتاح (s) .**

1. **لحظة إغلاق المفتاح (S) ينحرف مؤشر الغلفانوميتر المتصل بالملف الثانوي باتجاه معين، ثم يعود إلى الصفر. فعند إغلاق المفتاح (S) يسري تيار كهربائيّ في الملفّ الابتدائيّ مولّدًا مجالً مغناطيسيًّا يخترق الملفّ الثانويّ، فيتغيّر التدفّق المغناطيسيّ الذي يخترقه من صفر إلى قيمة معيّنة خلال مدّة زمنية معينة، وهذا التغيّر في التدفّق المغناطيسيّ مع الزمن يولّد قوّة دافعة كهربائية حثّيّة وتيارًا كهربائيًّا حثّيًّا في الملفّ الثانويّ.**
2. **بعد فترة زمنية كافية من غلق المفتاح (s) تثبت قراءة الغلفانوميتر على الصفر، لان التيار وصل الى قيمته العظمى وثبت عند هذه القيمة فلا يكون هناك تغير في التدفق المغناطيسي ولا يتولد قوة دافعة كهربائية أو تيار حثي .**
3. **لحظة فتح المفتاح (s) يتكرر ما حدث عند غلق المفتاح لكن انحراف المؤشر يكون باتجاه معاكس إذ يتلاشى التيار الكهربائيّ المارّ فيه، وتبعًا لذلك يتناقص التدفّق المغناطيسيّ الذي يخترق الملفّ الثانويّ، فتتولّد فيه قوة دافعة كهربائية حثّية وتيار كهربائيّ حثّي خلال مدة تلاشي تيار الملفّ الابتدائيّ.**

كيف يمكن تغيير التدفق المغناطيسي على ملف لتوليد تيار حثي وقوة دافعة حثية ؟

1. عند تقريب قطب مغناطيس من ملف أو إبعاده فيتولد خلاله تيار حثي وقوة دافعة كهربائية حثية . ونفس الشيء يحدث عند تقريب ملف أو إبعاده من المغناطيس.
2. عند تغيّر في أيٍّ من مقدار المجال المغناطيسيّ، أو المِساحة التي يخترقها المجال المغناطيسيّ، أو الزاوية المحصورة بين اتّجاهي المجال المغناطيسيّ والمِساحة.
3. خلال نشؤ تيار وتلاشيه خلال ملف ابتدائي موصول مع ملف ثانوي عبر حلقة حديدية .

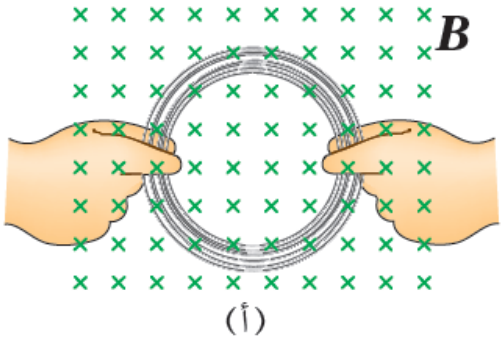
هل ينحرف مؤشر الغلفانوميتر عند تحريك المغناطيس والملف معًا بالاتجاه نفسه بمقدار السرعة نفسه؟

لا ينحرف مؤشر الغلفانوميتر فتحريكهما معا كوحدة واحدة لا ينتج عنه تغير في التدفق المغناطيسي.

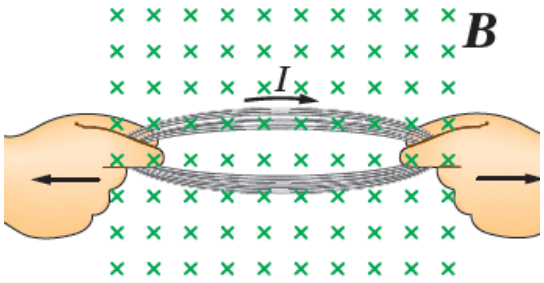
مثال 1 : يوضح الشكل (أ) ملفًا دائريا مغمورًا في مجال مغناطيسي منتظم B عمودي على سطح الملف. هل يتولّد تيار كهربائي حتّي:

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

ب. في أثناء تغيير شكل الملف كما في الشكل (ب)؟

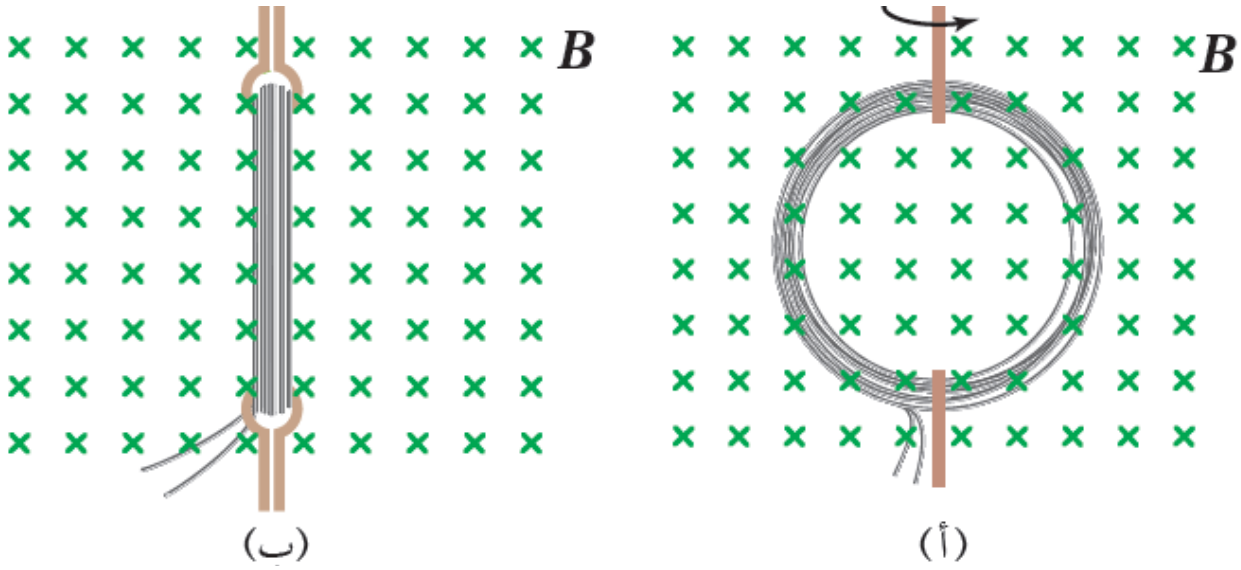


(أ)



(ب)

مثال 2 : يوضح الشكل (10/ أ) ملفًا دائريًا مغمورًا في مجال مغناطيسي منتظم عمودي على سطح الملف. أُفسّر ماذا يحدث اثناء تدوير الملف في المجال المغناطيسي ، على نحو ما هو موضح في الشكل (10/ ب).



وقد توصل العالم فارادي الى تعبر تعبر رياضياً عن قانون سمي باسمه **(قانون فاراداي)** وينص على أن:

" القوة الدافعة الكهربائية الحثية تتناسب طرديا مع المعدل الزمني للتغير في التدفق المغنطيسي الذي يخترق الدارة الكهربائية " . ويُعبّر عنه رياضيا على النحو الآتي:

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

وإذا كانت الدارة مكوّنة من (N) لفّة، فإنّ قانون فارادي في الحثّ يُعبر عنه بالعلاقة الآتية:

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

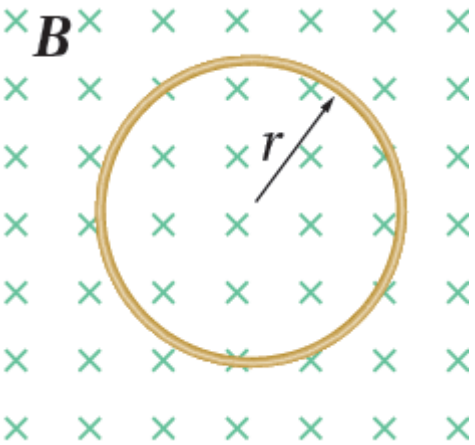
والمعنى الفيزيائي للإشارة السالبة سيتضح عند دراسة قانون لنز.

وعندما يحدث التغير في التدفق المغناطيسي (AP) خلال مدة زمنية (At)، فإنّه يُمكن كتابة قانون فارادي في الحثّ على النحو الآتي لحساب القوة الدافعة الكهربائية الحقية المتوسطة :

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

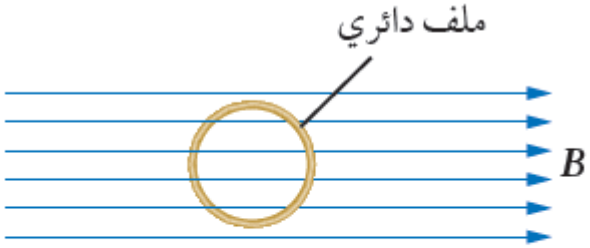
وعندما يكون الملف جزءا من دارة كهربائية مغلقة ، فان التيار الحثي يحسب حسب القانون :

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



مثال (1) : ملف دائري عدد لفاته (20) لفة، متوسط نصف قطر اللفّة الواحدة (1.0 cm) موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (120mT)، على نحو ما هو موضح في الشكل. سُحب الملف خارج المجال المغناطيسي خلال زمن مقداره (0.20s)، أحسب القوة الدافعة الكهربائية الحثّية المتوسطة المتولدة في الملفّ.

مثال 2 : ملف دائري عدد لفاته (100) لفة، ومساحة مقطعه العرضي (1.2×10^{-4} m^2) موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (T1.0)، على نحو ما هو موضح في الشكل . بداية مستوى الملف مواز لخطوط المجال المغناطيسي، ثم دار الملف بزاوية مقدارها (90^0) حول محور رأسي بحيث أصبح مستواه عمودياً على B اتجاه المجال المغناطيسي خلال (0.50 s). أحسب ما يأتي:



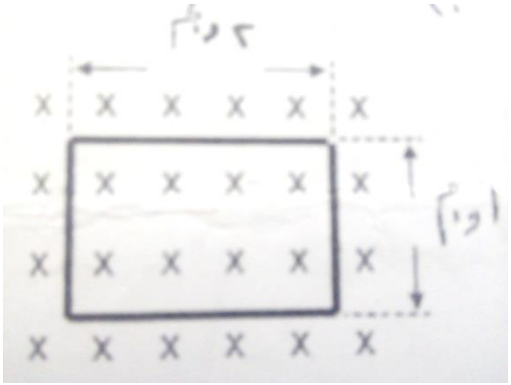
الشكل (12): ملفّ دائريّ في مجالٍ مغناطيسيّ منتظم.

أ . التغير في التدفق المغناطيسي عبر مقطع الملف.

ب. القوّة الدافعة الكهربائيّة الحثّيّة المتوسطة المتولدة عبر االملف.

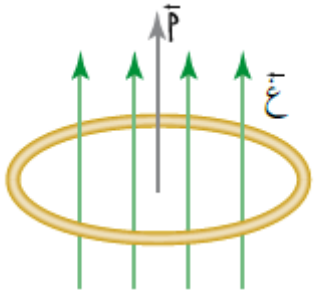
ج. التيار الكهربائي الحثّي المتوسط المارّ في الملف، إذا علمت أنّ المقاومة الكهربائية للملف (4 Ω) .

مثال 3: 2014 الدورة الصيفية : ملف مستطيل الشكل عدد لفاته 100 لفه موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره 0,2 T عموديا على مستواه كما في الشكل المجاور . احسب القوة الدافعة الحثية المتوسطة المتولدة في الملف عندما يدور ربع دورة بحيث يصبح مستواه موازيا لخطوط المجال في زمن مقداره 0,2 S .

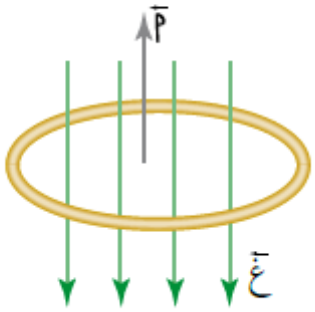


مثال 4 : غمر ملف عدد لفاته (5000) لفة في مجال مغناطيسي منتظم ، كما في الشكل ، فكان التدفق المغناطيسي عبره (0.6) Wb ، احسب :

1. متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف عندما ينعكس اتجاه المجال المغناطيسي المؤثر فيه خلال (0.2) s .
2. متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف اذا تلاشى المجال المغناطيسي خلال (0.1) s .
3. المعدل الزمني للتغير في التدفق المغناطيسي عندما يصبح متوسط القوة الدافعة الكهربائية الحثية (– 1000) V.

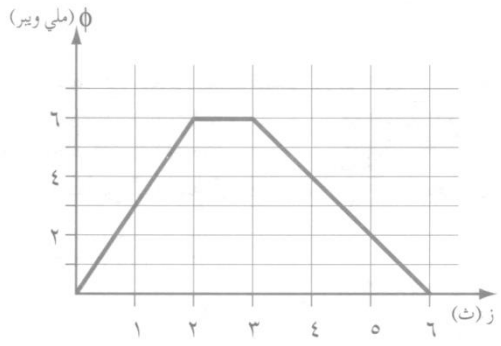


(أ)



(ب)

مثال 5 : ملف عدد لفاته 250 لفة ، يتغير التدفق المغا طيسي الذي يعبره في الشكل المقابل ، احسب القوة الدافعة الحثية المتولدة في الملف خلال :



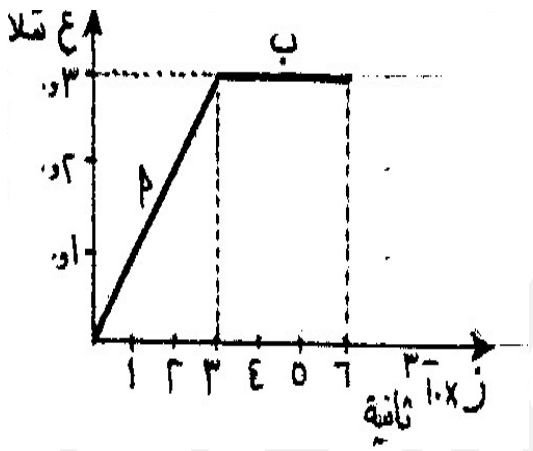
1- الثانيتين الأوليين .

2- الثانية الثالثة .

3- الثواني الثلاث الاخيرة .

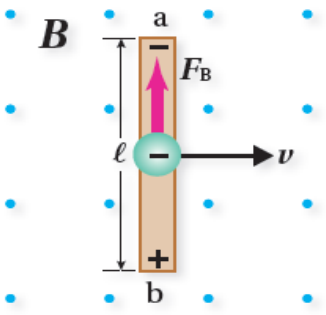
مثال 6 : وزارة 2011 الدورة الشتوية : يمثل الرسم البياني المجاور تغير مجال مغناطيسي بالنسبة للزمن ، اذا كان هذا المجال يخترق ملفا عدد لفاته 600 لفة ومساحة اللفة الواحدة (2×10^{-4}) m^2، بحيث يكون مستوى الملف عمودي على المجال . احسب :

1- التغير في التدفق المغناطيسي عبر الملف في المرحلتين أ ، ب .
2- القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتوسطة المتولدة في المرحلتين أ ، ب .



القوة الدافعة الكهربائية الحثية في موصل متحرك

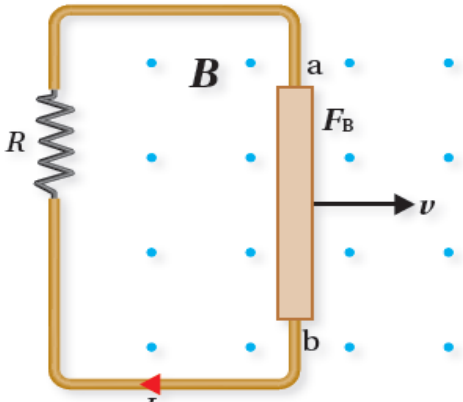
بالنظر الى الشكل المقابل فان المجال المغناطيسي سوف يؤثر بقوة مغناطيسية في الشحنات الموجبة ، ونتيجة لتجمع الشحنات الموجبة في الاعلى والشحنات السالبة في الاسفل يتشكل مجال كهربائي من أ الى ب ،وبالتالي جهد كهربائي وبالتالي قوة دافعة كهربائية حثية .



(أ)

ويعبر عن القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في هذا الموصل :

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



(ب)

واذا كان الموصل ل جزءا من دارة كهربائية عبر مسار مغلق فان القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة تصبح مصدارا للطاقة الكهربائية ويمر عبر المقاومة الداخلية للدارة تيار كهربائي حثي يحسب حسب العلاقة :

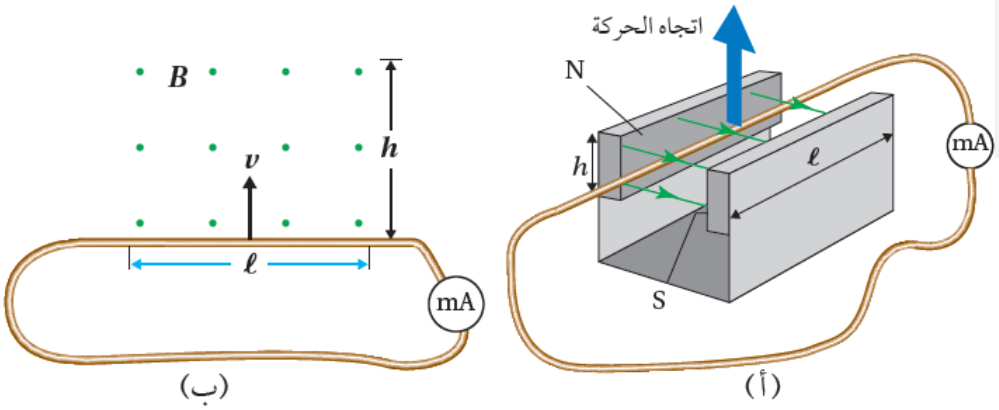
$$I = \left|\frac{\mathcal{E}}{R}\right|$$

الشكل (14):
(أ) في أثناء قطع موصِل خطوط مجال مغناطيسي يتولّد بين طرفيه قوة دافعة كهربائية حثّية.
(ب) ويسري فيه تيار كهربائي حثّي عندما يصبح جزءًا من دارة كهربائية مغلقة.

مثال 1 : يتقابل القطبان الشمالي N والجنوبي S لمغناطيسين، طول كل منهما (L = 20.0 cm)، وارتفاعه (h = 6.00 cm)، بينهما مجال منتظم مقداره (mT54.0). أتأمل الشكل (15/أ) . حُرِّك سلك مشدود موصول بملي أميتر من الطرف السفلي للمغناطيسين إلى الطرف العلوي عمودياً على اتجاه خطوط المجال المغناطيسي خلال مدة زمنية مقدارها (s 0.200)، على نحو ما هو موضح في الشكل (15/ ب). أحسب ما يأتي:

أ . القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في السلك.

ب. التيار الكهربائي الحثّي المارّ في الملي أميتر إذا علمت أنّ المقاومة الكهربائية للدارة (2.0Ω).



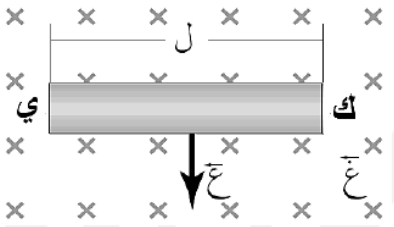
الشكل (15):
(أ) تحريك سلك عموديًّا على اتجاه خطوط مجالٍ مغناطيسيّ منتظم.
(ب) منظر جانبي من جهة اليمين لحركة السلك داخل المجال المغناطيسي.

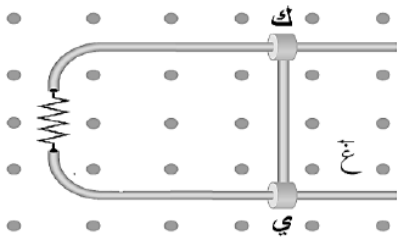
مثال 2 : الموصلات التالية مغمورة في مجال مغناطيسي منتظم ؛ في كل شكل منها حدد اتجاه :

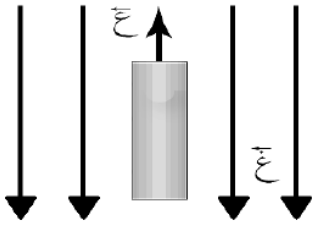
1) داخل الموصل : أ- القوة المغناطيسية . ب- القطب الأعلى جهدا .

جـ- القوة الكهربائية . د- المجال الكهربائي .

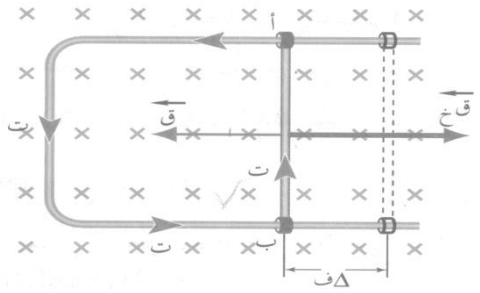
2) القوة الخارجية المحركة للموصل . 3) التيار الكهربائي الحثي .







مثال 3 : في الشكل المقابل اذا كان طول الموصل (أ ب) 10 cm ، ومقاومته 0.5 Ω، والمجال المغناطيسي يساوي 0.5 T ، وتحرك الموصل بسرعة 2 m/s عموديا على المجال ، باهمال مقاومة باقي الدارة ، احسب :



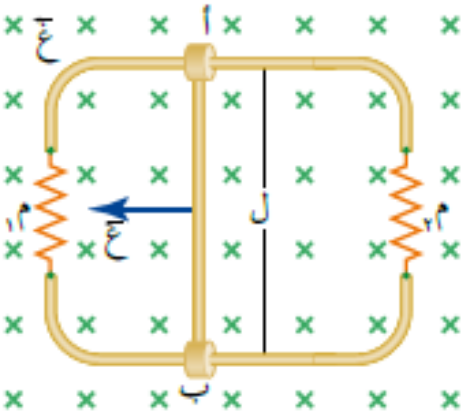
1-القوة الدافعة الحثية المتولدة في الموصل .

2-التيار الحثي المتولد فيه .

مثال 4 : في الشكل المجاور موصل مستقيم (أ ب) طوله (35) cm ، قابل للانزلاق دون احتكاك على مجرى فلزي ، مغمور داخل مجال مغناطيسي مقداره (2.5) T باتجاه المحور الزيني السالب فذا كان طرفي المجرى متصلين بمقاومتين ($م_1$ = 2 مللي اوم ، $م_2$ = 5 مللي اوم) وسحب الموصل بتجاه (– س) بسرعة ثابتة مقدارها (8) mm/s فاحسب :

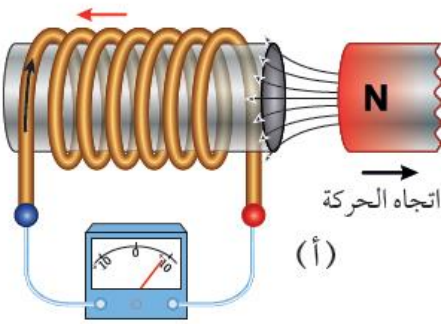
أ.فرق الجهد الكهربائي بين طرفي الموصل (أ ب) .ما علاقته بجد كل من المقاومتين ؟

ب. التيار الحثي المتولد في كل من المقاومتين .

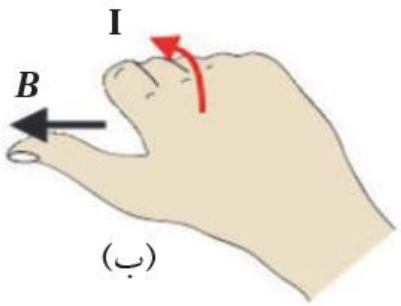


قانون لنز

من الشكل السابق عند اقتراب المغناطيس من الملف :



1- يزداد التدفق الذي يخترق الملف (تغير التدفق) .
2- تغير التدفق يؤدي الى توليد قوة دافعة كهربائية حثية بين طرفي الملف .
3- يمر تيار حثي في الملف في الاتجاه الذي يجعل طرفه القريب من المغناطيس قطبا يتنافر مع المغناطيس ليقاوم اقترابه .



الشكل (17):
(أ) إبعاد القطب الشمالي لمغناطيس عن أحد طرفي ملف.
(ب) أستخدم قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه التيار الكهربائي الحثّي في الملف.

ملاحظة : في الشكل السابق (ب) يحدد اتجاه التيار الحثي باستخدام قاعدة قبضة اليد اليمنى .

توصل الى النتائج السابقة العالم (لنز) والذي وضع قانون سماه (**قانون لينز**) والذي ينص على أن :

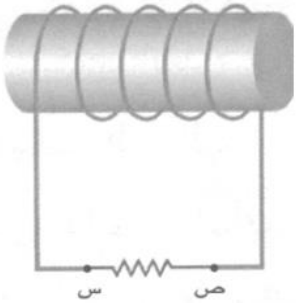
" **القوة الدافعة الكهربائية الحثية تنشأ بحيث تقاوم التغير في التدفق المغناطيسي الذي كان سببا في توليدها** " .

سؤال : بناء على قانون لينز فسر : الاشارة السالبة في قانون فارادي ؟

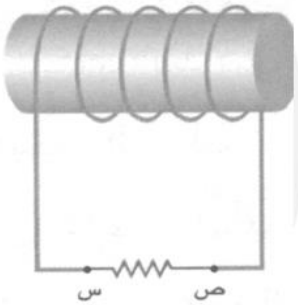
التيار الحثي المتولد في الموصل او الملف يقاوم التغير في التدفق المغناطيسي الذي يخترقه .

مثال (١) : في الاشكال التالية حدد اتجاه التيار عبر المقاومة:

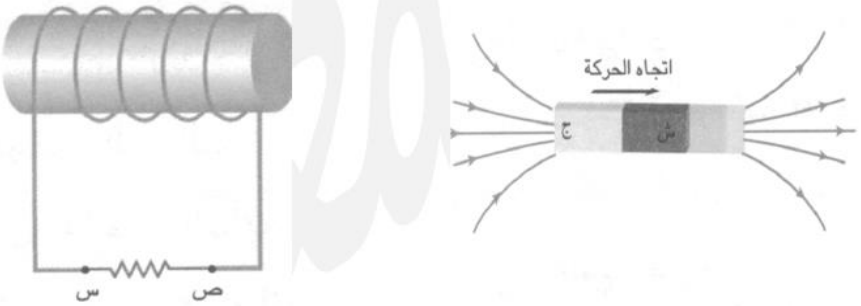
(أ)



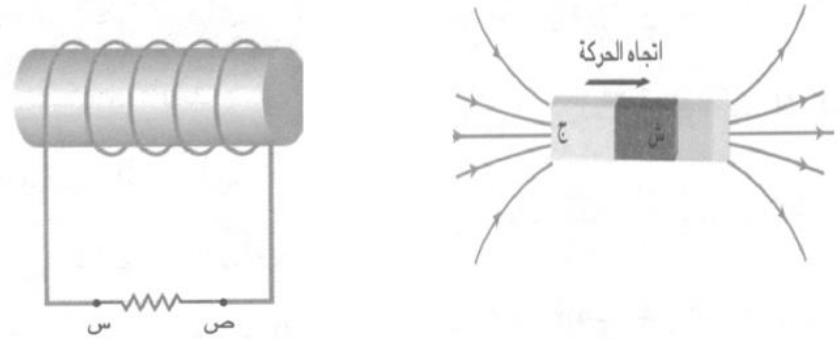
(ب)



(ج)



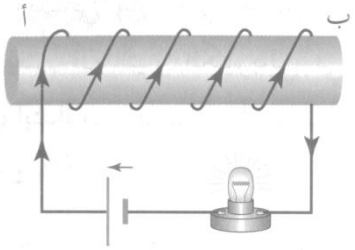
(د)



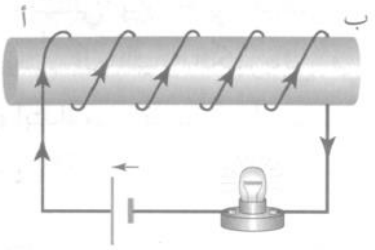
مثال (2) :في الدارة الموضحة بالشكل وضح مع التعليل ، ما يحدث لاضاءة المصباح اذا قربنا الى الطرف (أ) :

أ – مغناطيسا بحيث يكون قطبه الشمالي الأقرب للملف .

ب– مغناطيسا بحيث يكون قطبه الجنوبي الأقرب للملف .

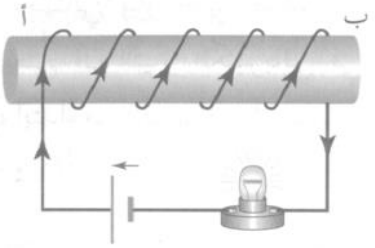


(أ)



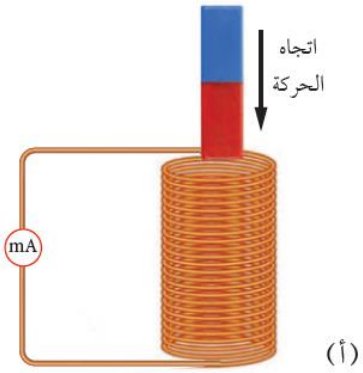
ش	جـ

(ب)

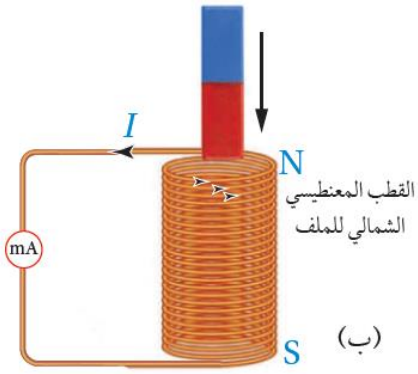


جـ	ش

مثال 3 : يقترب القطب الشمالي لمغناطيس من ملف، فيتحرك مؤشّر الملي أميتر المتصل به. ويوضّح الشكل (18/أ) منظرًا جانبيًا للمغناطيس . كيف أُحدّد اتجاه التيار الكهربائي الحثّي في أثناء اقترابه من الملف. المتولّد في الملف وما اتجاهه عند النظر إلى الملف من الأعلى؟

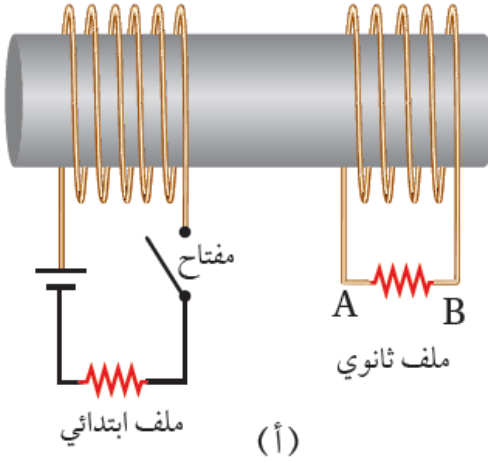


(أ)



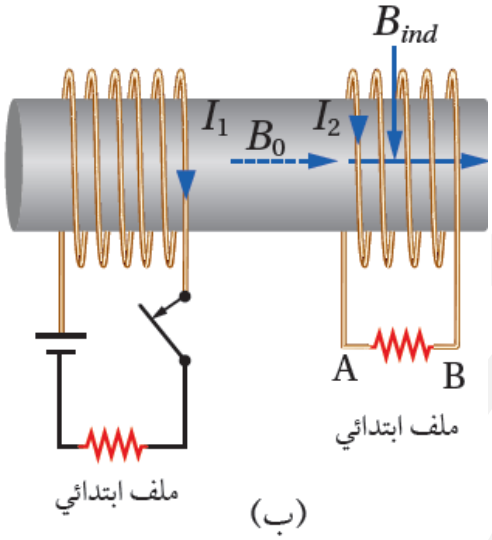
(ب)

مثال 4 : لف ملفّان عدد لفات كلّ منهما (100) لفة، ومساحة المقطع العرضي لكل منهما($3 \times 10^{-4}\ m^2$)على قلب حديدي على نحو ما هو موضح في الشكل (19/أ) . عند إغلاق مفتاح دارة الملف الابتدائي يتولد مجال مغناطيسي داخله مقداره (B = 180 mT) ينتقل عبر القلب الحديدي، على نحو ما هو موضح في الشكل (19/ب)، وعند فتح الدارة الكهربائية يتلاشى هذا المجال المغناطيسي خلال (s0.10). أجيب عما يأتي:



(أ)

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

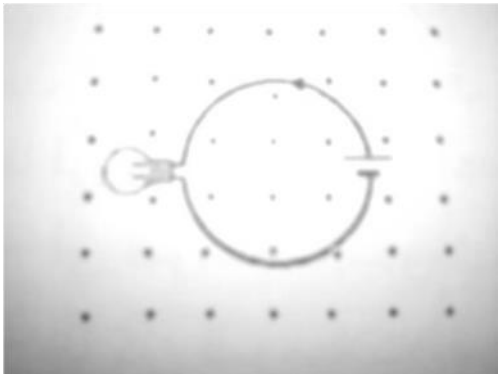


(ب)

ب. أحدّد اتجاه سريان التيار الكهربائي الحثّي في المقاومة الكهربائية في الملف الثانوي لحظة فتح المفتاح .

مثال5 : وزارة 2014 الدورة الصيفية :

د) مصباح مضئ يتصل مع حلقة دائرية مغمورة في مجال مغناطيسي منتظم عاموديا على مستوى الحلقة كما في الشكل المجاور :



ماذا يحدث لاضاءة المصباح مفسرا اجابتك في الحالتين الاتيتين :

1- عند حركة الحلقة داخل المجال بحيث يبقى مستواه عاموديا على المجال.

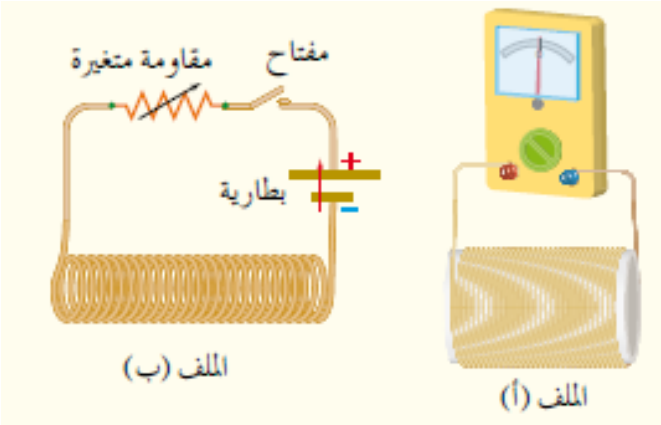
2- اثناء خروج الحلقة من المجال.

مثال 6 : حدد نوع كل من القطبين المتقابلين ، واتجاه التيار الحثي في الملف في الشكل في الحالات الاتية :

أ.لحظة اغلاق دارة الملف ب .

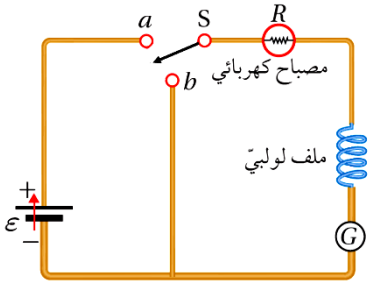
ب.في اثناء زيادة المقاومة المتغيرة في دارة الملف (ب) .

جـ.في اثناء ادخال قلب حديد في الملف (ب) .



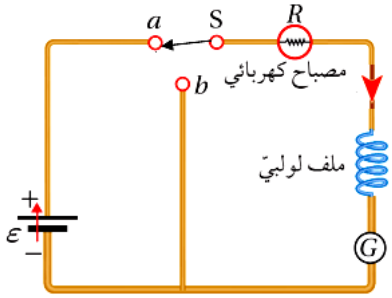
الحث الذاتي

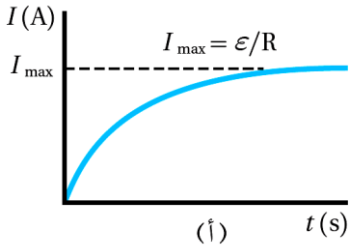
الحثّ الذاتيّ : يُعرف بأنّه تولّد قوة دافعة كهربائيّة حثّية ذاتيّة في دارة كهربائيّة مغلقة نتيجة تغيّر التدفّق المغناطيسيّ بسبب تغيّر مقدار تيار الدارة نفسها .



في الشكل المجاور دارة تتكون من بطارية ومقاومة (مصباح مثلا) ، وملفًّا لولبيًّا وغلفانوميتر ومفتاح (S) . ماذا يحدث عند وصل المفتاح مع النقطة (*a*) ، ثم وصله مع النقطة (*b*)؟

1. عند وصل المفتاح مع النقطة (*a*) :





تزداد شدّة إضاءة المصباح تدريجيًّا حتى تثبت، ما يعني أنّ التيار لا يصل إلى قيمته العظمى لحظيًّا، بل ينمو تدريجيًّا من الصفر إلى قيمته العظمى، كما هو مبين في الشكل بسبب وجود الملفّ اللولبيّ الذي أعاق نموّ التيار الكهربائيّ الناتج عن البطارية. فعند وصل المفتاح مع(*a*) يسري التيار الكهربائيّ في الدارة الكهربائيّة، فيتولّد مجال مغناطيسيّ في الملف اللولبيّ، ويزداد التدفّق المغناطيسيّ الذي يخترقه. وبحسب قانون لنز، ينشأ فيه قوة دافعة كهربائيّة حثّية ذاتيّة تعاكس القوة الدافعة الكهربائيّة للبطارية،(ε) ما يؤدّي إلى نموّ التيار الكهربائي إلى قيمته العظمى تدريجيًّا وليس لحظيًّا، كما في الشكل (أ).

2. عند وصل المفتاح مع النقطة (b):

تقل شدّة إضاءة المصباح تدريجيًّا حتى ينطفئ، ما يعني أنّ التيار لا يصل إلى قيمة الصفر لحظيًّا، بل يتلاشى تدريجيًّا من قيمته العظمى الى الصفر، كما هو مبين في الشكل بسبب وجود الملفّ اللولبيّ الذي أعاق تلاشي التيار الكهربائيّ الناتج عن النقصان في التدفق المغناطيسي. فعند وصل المفتاح مع(b) يقل التيار الكهربائيّ في الدارة الكهربائيّة، ويقل المجال مغناطيسيّ في الملف اللولبيّ، ويقل التدفّق المغناطيسيّ الذي يخترقه. وبحسب قانون لنز، ينشأ فيه قوة دافعة كهربائيّة حثّية ذاتيّة تعاكس اضمحلال التيار الكهربائي إلى قيمته الصغرى (صفر) تدريجيًّا وليس لحظيًّا، وفي هذه الحالة البطارية ليست جزا من الدارة عند الوصل مع النقطة (b) كما في الشكل (ب).

محاثّة ملفّ لولبيّ Inductance of a Solenoid

رمز المحثّ في

يُسمّى الملف اللولبي محثًّا Inductor وتحسب القوة الدافعة الكهربائيّة الحثّية الذاتيّة المتولّدة في المحثّ باستخدام قانون فارادي على النحو الآتي:

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

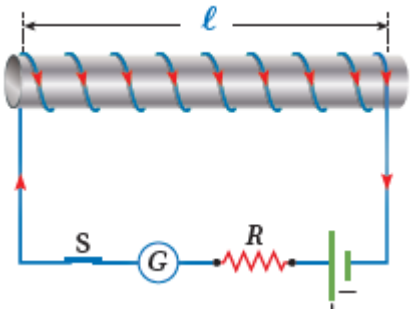
ونظرًا إلى أنّ التدفّق المغناطيسيّ يتناسب طرديًّا مع مقدار المجال المغناطيسي، الذي بدوره يتناسب طرديًّا مع مقدار التيار الكهربائيّ المارّ في الملف، فإنّ القوة الدافعة الكهربائيّة الحثّية الذاتيّة($\varepsilon`_L$) تتناسب طرديًّا مع المعدل الزمني للتغيّر في مقدار التيار الكهربائيّ، وأُعبّر عن ذلك رياضيًّا على النحو الآتي:

$$\varepsilon`_L = - L \frac{dI}{dt}$$

حيث (L) ثابت التناسب، ويُسمّى معامل الحثّ الذاتيّ أو (محاثة المحث) .

معامل الحثّ الذاتيّ (محاثة المحث) : نسبة القوة الدافعة الكهربائيّة الحثّية الذاتيّة المتولّدة بين طرفي محثّ إلى المعدل الزمني للتغيّر في مقدار التيار الكهربائيّ المارّ فيه، وهو مقياس لممانعة المحثّ للتغيّر في مقدار التيار الكهربائيّ المارّ فيه، ووحدة قياسه هي (V.s/A)، وتُسمّى هنري (H) حسب النظام الدوليّ للوحدات.

الهنري henry (H): هو محاثّة محثّ تتولّد بين طرفيه قوة دافعة كهربائيّة حثّية ذاتيّة مقدارها (1 V) ، عندما يكون المعدّل الزمني للتغيّر في مقدار التيار الكهربائيّ المارّ فيه (1 A/s) .



في الشكل المجاور وعند غلق المفتاح (S) :

التيار ينمو من الصفر الى (I) خلال فترة زمنية (Δt)

$$\varepsilon`_L = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} = -L\frac{I}{\Delta t} \quad .....(1)$$

ويتزايد مقدار التدفّق المغناطيسيّ الذي يخترق المحثّ من الصفر إلى(Φ_B) خلال المدة الزمنية نفسها.

$$\varepsilon` = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -N\frac{\Phi_B}{\Delta t} \quad ....(2)$$

وبمساواة المعادلتين (1) و(2)

$$-L\frac{I}{\Delta t} = -N\frac{\Phi_B}{\Delta t}$$

$$LI = N\Phi_B$$

وبما أن خطوط المجال المغناطيسي داخل المحثّ عمودية على مساحة مقطعه العرضيّ، فإنّ التدفّق المغناطيسي الذي يخترقه يساوي($\Phi_B = BA$) وتعويضها في العلاقة السابقة:

$$LI = N(BA) = NA\frac{\mu IN}{l}$$

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

هل يتغير معامل الحث الذاتي بتغير التيار المار فيه ؟

لا ، معامل الحثّ الذاتيّ ثابت للمحثّ نفسه مثل المقاومة الكهربائية فلا يتغير بتغير التيار.

على ماذا يعتمد معامل الحث الذاتي (L) لملف لولبي؟ يعتمد حسب العلاقة السابقة على:

1. على طول المحثّ (ℓ).
2. مساحة المقطع العرضي للملف (A) .
3. عدد لفات الملف (N).
4. النفاذيّة المغناطيسيّة لمادّة قلب المحثّ (μ) ، أو (μ_0) في الهواء.

مثال 1 : إذا علمت أن طول المحثّ الموضح في الشكل يساوي (20.0 cm)، ومساحة مقطعه العرضي 2.5×10^{-5} (m^2)، وعدد لفاته (200) لفة، والمحثّ ملفوف حول أنبوب كرتوني يملؤه الهواء، ويسري فيه تيار كهربائي (50)، أحسب ما يأتي:

أ . معامل الحثّ الذاتي للمحثّ.

ب. التدفّق المغناطيسي الذي يخترق المحثّ.

ج. القوة الدافعة الكهربائية الحثّية الذاتية المتوسطة المتولّدة في المحثّ إذا عكست اتجاه التيار الكهربائي المار فيه خلال (s0.10).

مثال (2) : ملف حلزوني اسطواني الشكل طوله (20) cm ونصف قطر مقطعه العرضي (7) cm وعدد لفاته (200) لفة . ويحمل تيارا كهربائيا شدته (0.01) A ، احسب :

1- التدفق المغناطيسي خلال مقطع الملف .
2- معامل الحث الذاتي للملف .

مثال (3) : محث محاثته (0.4) H وعدد لفاته (200) لفة ، اغلقت دارته فاستغرق التيار زمنا مقداره (0.04) s للوصول الى قيمته العظمى ، وخلال هذه المدة الزمنية تولدت قوة دافعة كهربائية حثية ذاتية عكسية مقدارها (2) V :

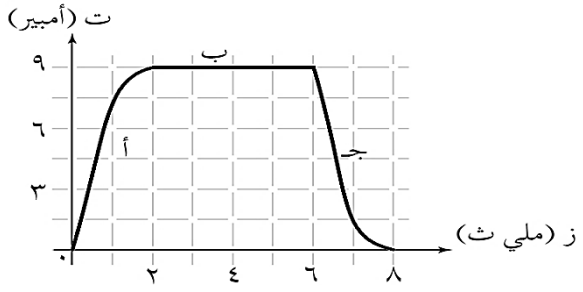
1- احسب القيمة العظمى للتيار الذي يمر فيه .

2- المعدل الزمني للتغير في التدفق المغناطيسي خلال تلك المدة .

مثال 5 : يتغير التيار المار في دارة تحوي محثا محاثته (**0,2** H) من لحظة غلق الدارة حتى فتحها وفق المنحنى؛ أجب :

1) ماذا تمثل الفترات (أ ، ب ، جـ) ؟

2) احسب مقدار القوة الدافعة الحثية الذاتية المتولدة في كل فترة ، و حدد نوعها .

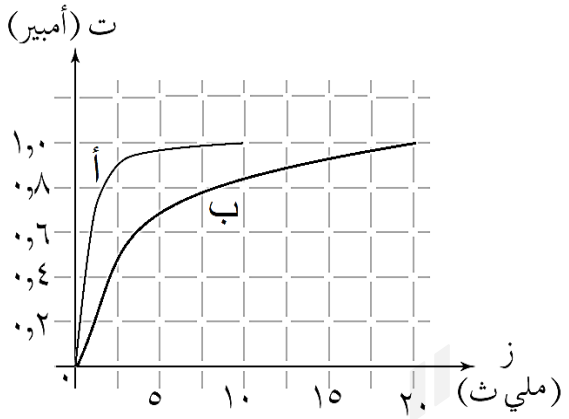


مثال 5 : يبين الشكل رسما بيانيا للمعدل الزمني للتغير في التيار في دارة محث ، تم تجربة محثين فيها (أ، ب) ؛ أجب :

1) أي المحثين معامل حثه الذاتي أكبر ؟ فسر .

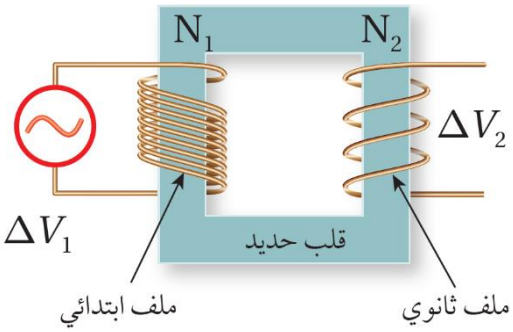
2) إذا كانت القوة الدافعة الحثية الذاتية للمحث (أ) هي (**0,2** V) ؛ احسب محاثته .

3) إذا كانت محاثة المحث (ب) هي (**5** mH) ؛ احسب القوة الدافعة الحثية الذاتية عبره



المحول الكهربائي ونقل الطاقة
The Transformer and Power Transmission

مما يتكون المحول كهربائي ؟



1. ملف ابتدائي (N_1) ، وظيفته إنتاج مجال مغناطيسي متغير مع الزمن.
2. ملف ثانوي (N_2)، وظيفته إنتاج فرق جهد حثي عند تعرضه لمجال مغناطيسي .
3. قلب حديدي ، وظيفته زيادة المجال المغناطيسي داخل الملف الابتدائي، وتدفّقِ أكبر عددٍ ممكن من خطوط المجال المغناطيسي إلى الملف الثانوي (نقل وتركيز خطوط المجال المغناطيسي من الملف الابتدائي الى الثانوي).

على ماذا يعتمد المحول الكهربائي في عمله ؟

يعتمد المحوّل الكهربائي في عمله على الحثّ الكهرومغناطيسي.

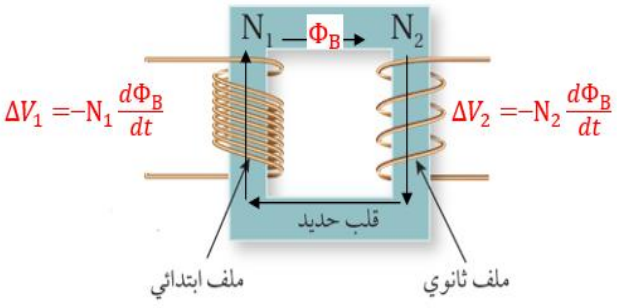
ما أنواع المحولات الكهربائية ، وما استخداماتها ؟

1. محول رافع للجهد ،عندما يكون عدد اللفات (N_2) في الملف الثانوي أكبر من عدد اللفات (N_1) في الملف الابتدائي، فإنّ $(\Delta V_2 > \Delta V_1)$ ، يستخدم للحصول على فرق جهد اعلى من جهد المصدر.
2. محول خافض للجهد، عندما يكون عدد اللفات (N_2) في الملف الثانوي أقل من عدد اللفات (N_1) في الملف الابتدائي، فإنّ $(\Delta V_2 < \Delta V_1)$ ، يستخدم للحصول على فرق جهد اقل من جهد المصدر.

لماذا يستخدم مصدر جهد متردد (AC) في المحول الكهربائي ، وماذا يحدث إذا تم استخدام مصدر جهد ثابت (DC) ؟

يولّد مصدر فرق الجهد المتردّد تيارًا كهربائيًّا متردّدًا؛ أيْ متغيرًا في المقدار والاتجاه، فيتولّد في الملف الابتدائي مجال مغناطيسي متغيّر مع الزمن داخل الملف، ما يؤدّي إلى تغيّر في التدفّق المغناطيسي، هذا التغير في المجال المغناطيسي يكون دائم ، وعند استخدام مصدر جهد ثابت فان التيار في الملف الابتدائي ينمو تدريجيا حتى يثبت عند قيمته العظمى وعندها يتوقف التغير في المجال المغناطيسي اللازم للملف الثانوي وينعدم الجهد الناتج على طرفيه .

ما العلاقة التي تربط بين الجهد الناتج وعدد اللفات في المحول الكهربائي على اعتبار أن المحول مثالي؟



الجهد المطبق على الملف الابتدائي يولد تيارًا كهربائيًّا متردّدًا؛ أيْ متغيرًا في المقدار والاتجاه، فيتولّد في الملف الابتدائي مجال مغناطيسي متغيّر مع الزمن داخل الملف، ما يؤدّي إلى تغيّر في التدفّق المغناطيسي، وبتطبيق قانون فارادي في الحثّ، فإنّ فرق الجهد يُعبَّر عنه بالعلاقة:

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

وبما أن التدفق المغناطيسي (Φ_B) ينتقل عبر القلب الحديدي بشكل كامل دون ضياع على اعتبار انه محول مثالي ، فيتولد في الملف الثانوي فرق جهد كما يلي:

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

وبتعويض التغيّر في التدفّق من العلاقة الأولى في الثانية نحصل على:

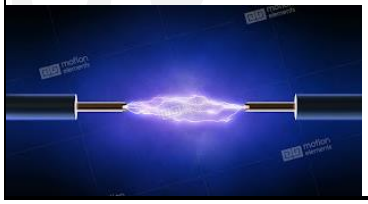
$$\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{\Delta V_2}{N_2} = -\frac{\Delta V_1}{N_1}$$

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

وفي المحوّل المثالي تكون القدرة الداخلة في الملف الابتدائي مساوية للقدرة الناتجة عن الملف الثانوي، حسب العلاقة:

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

توجد نهاية قصوى لرفع الجهد الكهربائي، عند نقل الطاقة الكهربائية، يؤدي تجاوزها إلى تأيين جزيئات الهواء . فما الذي ينتج عن تأيين الهواء حول خطوط النقل (الأسلاك)؟

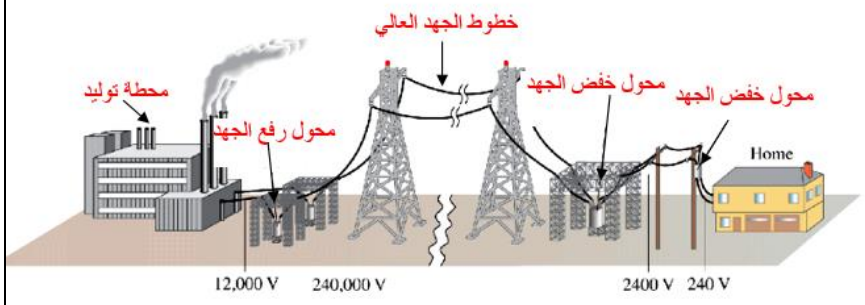


الهواء بطبيعته عازل للكهرباء في ظروف معينة من ضغط جوي وحرارة ، لكن في الجهود العالية يتأين الهواء ويصبح موصل وتحدث شرارة كما في الشكل المجاور بين الأسلاك بالرغم أن بينها مسافة كافية، تؤدي في النهاية الى أعطال في شبكة نقل الكهرباء.

كيف يتم توليد الكهرباء في محطات توليد الطاقة الكهربائيّة؟

في محطات توليد الطاقة الكهربائيّة تدور المولّدات بسرعات كبيرة جدّا، وتستمدّ دورانها من توربينات ضخمة تعمل بالبخار، فتنتج قوة دافعة كهربائيّة حثّية بآلاف الفولتات، ثمّ تُوزَّع من خلال شبكات وطنيّة.

نقل الطاقة عبر خطوط الجهد العالي



عند نقل الطاقة عبر مسافات طويلة تستخدم شركات توليد الكهرباء أسلاك توصيل ذات مقطع عرضي صغير نسبيًّا لتقليل الكلفة المالية، لكن هذا يؤدي إلى مقاومة كبيرة، لذلك يجب خفض قيمة التيار لتقليل الطاقة المفقودة. ولتحقيق ذلك، يُستخدم محوّل رافع للجهد في محطات توليد الطاقة لرفع الجهد إلى نحوِ(230 kV)

مع ثبات قيمة القدرة؛ ما يؤدّي إلى خفض قيمة التيار الكهربائي في خطوط نقل الطاقة، ثمّ تُستخدم محوّلات خافضة للجهد حتى تصل قيمة فرق الجهد في الأحياء السكنية إلى (230 V).والمحوّلات المستخدمة عمليّا لا تكون مثالية، إذ إنّ القدرة التي نحصل عليها من الملف الثانوي تكون أقلّ من القدرة التي يُزوّد بها الملف الابتدائي للمحوّل.والشكل في الأعلى يبين مخطط نقل الكهرباء من محطة التوليد ومحولات الجهد العالي وخطوط نقل الجهد العالي ومحولات خفض الجهد .

لماذا تفضل شركات الكهرباء رفع الجهد عند نقل الطاقة الكهرباء الى مسافات بعيدة .

عند نقل الطاقة الكهربائيّة إلى مسافات كبيرة تؤدّي المقاومة الكهربائية للأسلاك الناقلة إلى فَقدٍ كبيرٍ في الطاقة الكهربائية. وللتقليل من هذه الطاقة المفقودة في أثناء عملية النقل، يُستخدم المحوّل الكهربائي ، من نوع رافع للجهد من اجل تقليل التيار المنقول عبر الأسلاك ، وحسب العلاقة ($P = IV$) وحتى تبقى القدرة (P) المنقولة ثابته ، يجب أن يبقى حاصل الضرب (IV) ثابت ، فاذا زاد الجهد (V) يقل التيار (I) ، وتبقى القدرة المنقولة ثابته ، أيضا هذه العملية تقلل من تكاليف النقل اللازمة بنوعية السلك المستخدم وقطره ، وتقل الأعطال الناتجة من سخونة الأسلاك .

مثال 1 : محوّل كهربائي مثالي خافض للجهد يتصل ملفه الابتدائي بمصدر فرق جهد (240)، ويتصل ملفّه الثانوي بمصباح كهربائي مقاومته (2)، وعدد لفات الملف الابتدائي (1200) لفة، ولفّات الملف الثانوي (30) لفة.

أ . أحسب فرق الجهد بين طرفي الملف الثانوي.

ب. أحسب التيار في الملف الابتدائي.

دارات التيار الكهربائي المتردد
Alternating Current Circuits

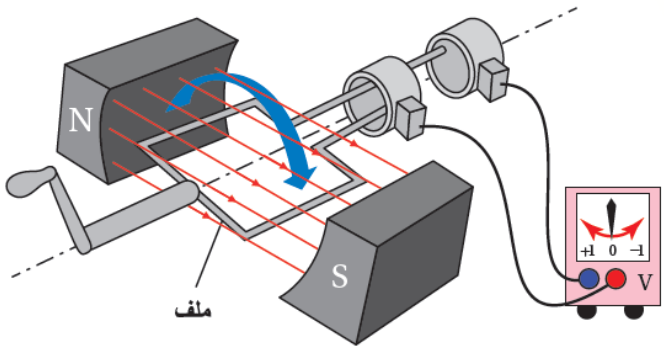
ما مصدر الطاقة الكهربائية التي تدير المصانع والأجهزة الكهربائية؟

هل تكفيها الطاقة الكيميائية الموجودة في البطاريات؟

كيف يتولد الجهد المتردد؟ يعد المولد الكهربائي من أهم النتائج العملية لقانون فارادي في الحث الكهرومغناطيسي. ويعمل المولد على تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية بوجود المجال المغناطيسي.

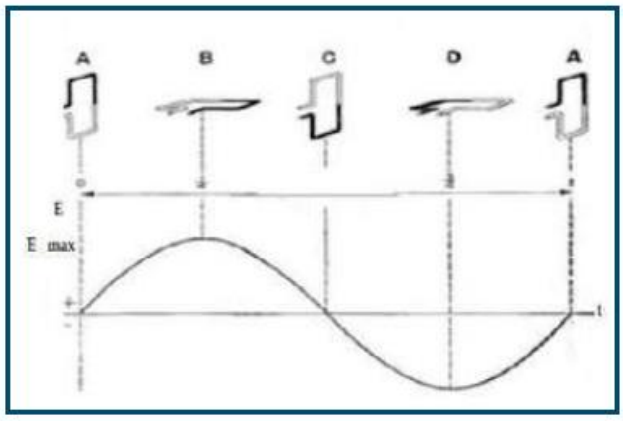
ويبين الشكل الأجزاء الرئيسة لمولد التيار المتردد :

1. ملف فلزي يحتوي على عدد من اللفات، ومستطيل معلق بشكل عمودي بين قطبي المغناطيس، قابل للدوران حول محور مثبت في مركزه.
2. حلقتان فلزيتان تتصلان بطرفي الملف، وتدوران معه.
3. فرشاتان ثابتتان من الجرافيت أو المعدن تعملان على توصيل ملف المولد بالدارة الخارجية .



آلية عمل المولد الكهربائي:

عندما يبدأ ملف المولد الدوران يبدأ التدفق المغناطيسى الذي يعبر الملف بالتغير تبعا لتغير الزاوية المحصورة بين اتجاه خطوط مجال التدفق والعمود على مستوى الملف كما في الشكل. وهذا التغير في المغناطيسي يحدث في كل لحظة أثناء دوران الملف، فيعمل على توليد قوة دافعة كهربائية حثية لحظية متغيرة.



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

حيث (Vmax)، هي القيمة العظمى لفرق الجهد، ويعتمد مقدار فرق الجهد على مقدار المجال المغناطسي ومساحة مقطع الملف وعدد لفاته، وعلى التردّد الزاوي (w). فعند دوران الملف بتردّد (f) وزمن دوري (T)، فإنّ :

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

على ماذا يعتمد فرق الجهد اللحظي الناتج من مولد متردد؟

يعتمد على:

1. مقدار المجال المغناطيسي.
2. مساحة مقطع الملف.
3. عدد لفات الملف.
4. على التردّد الزاويّ.

لماذا لا ألاحظ تغيّر سطوع إضاءة مصباح كهربائيّ مع الزمن، عندما يعمل باستخدام تيار متردّد؟

إن تردد التيار الواصل الى المصباح يصل الى (50 Hz) ولا تستطيع العين ملاحظة هذا التغير السريع

مثال 1 : مولد كهربائي ملفه على هيئة مستطيل، أبعاده (50 cm 40 cm)، وعدد لفاته 100 لفة، يدور حول مع مجال مغناطيسى شدته 0.2 T ، فإذا كانت القوة الدافعة الكهربائية العظمى المتولدة فيه 200 V،احسب :

1 – السرعة الزاوية للملف .

2 – القوة الدافعة الكهربائية الحثية عندما تكون الزاوية المحصورة بين مستوى الملف والمجال المغناطيسي 60° .

١٣٦

مثال 2 : يُزوّدنا مولد كهربائي بفرق جهد متردّد، قيمته العظمى تساوي (V310)، وتردّده (50 Hz).

1. أكتب معادلة فرق الجهد المتردّد.
2. أجد مقدار فرق الجهد عند اللحظة $(t = \frac{1}{600}\,\mathrm{s})$

المقارنة بين التيار الكهربائي المتردّد والتيار الكهربائي المستمر (المباشر)

Comparing Alternating and Direct Currents

1. **من حيث المصدر :**

المستمر: تزوّدنا البطاريات بمختلف أنواعها بتيار كهربائي مستمرّ(DC).

المتردّد: يزوّدنا المولّد الكهربائي بتيار متردّد (AC).

2. **من حيث المقدار والاتجاه:**

المستمر: ثابت في المقدار وفي الاتجاه.

المتردّد: مقدار التيار المتردّد يتغيّر باستمرار مع الزمن، ويتغير أيضًا اتجاه سريانه (اتجاهه)

كلّ نصف دورة ؛ بسبب تغيّر اتجاه القوة الدافعة الكهربائيّة المسبّبة له.

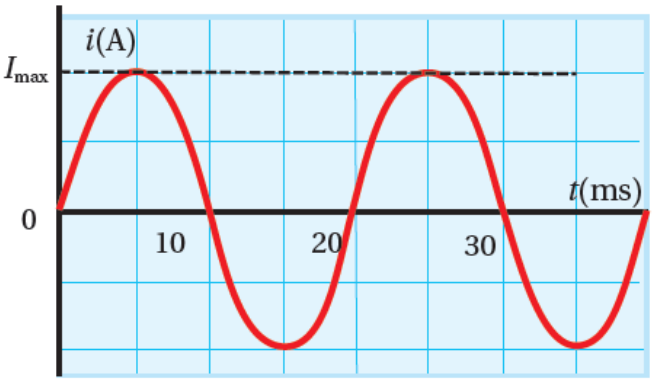
3. **من حيث الاستخدام: :**

المستمر: تزوّد شركات الكهرباء المنازل والمباني بالطاقة الكهربائية على شكل تيار متردّد،

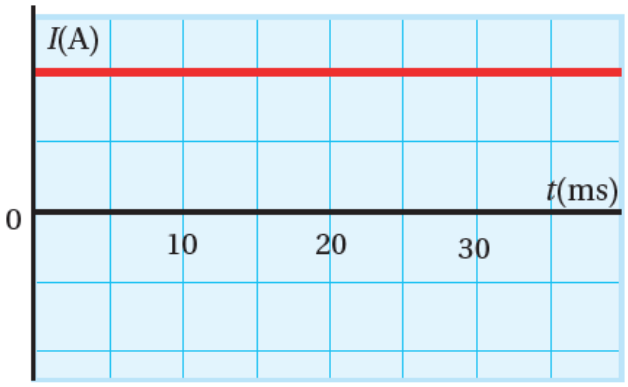
ونحصل على التيار المتردّد من المقابس الكهربائيّة في المنازل مثلاً، ولمّا كان كثير من الأجهزة الكهربائية، مثل الحاسوب والتلفاز والهاتف يعمل بالتيار المستمر، فإنّها

تكون مزوّدة بدارة إلكترونيّة لتحويل التيار المتردّد إلى تيار مستمر.

المتردّد: هناك أجهزة تعمل مباشرة على التيار المتردّد ، كالغسالة والمدفأة.



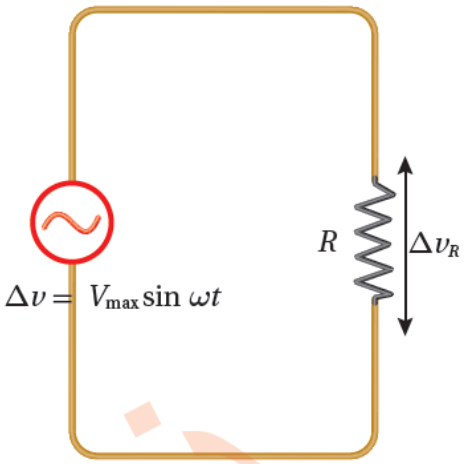
(أ) : علاقة التيار المتردّد بالزمن.



(ب): علاقة التيار المستمر بالزمن.

دارات التيار الكهربائي المتردّد البسيطة
Simple AC Circuits

مقاومة في دارة تيار كهربائي متردّد Resistor in an AC Circuit



تتكون دارة التيار المتردّد في أبسط أشكالها من مصدر فرق جهد متردّد ومقاومة Resistor (R) على نحو ما يبين الشكل، وبتطبيق قاعدة كيرشوف الثانية، فإن المجموع الجبري للتغيرات في الجهود في الدارة المغلقة عند أيّ لحظة زمنية يساوي صفرًا، ومنه نتوصل إلى أنّ فرق الجهد بين طرفي المقاومة (AV_R) يساوي فرق الجهد للمصدر ويُعبّر عنه بالعلاقة:

$$\Delta v_R = \Delta v = V_{max} \sin \omega t$$

حيث (Δv_R) : فرق الجهد بين طرفي المقاومة عند لحظة ما.

ونظرًا إلى أن $(i = \frac{\Delta v}{R})$ لذا فإن التيار الكهربائي المار في المقاومة عند لحظة ما هو :

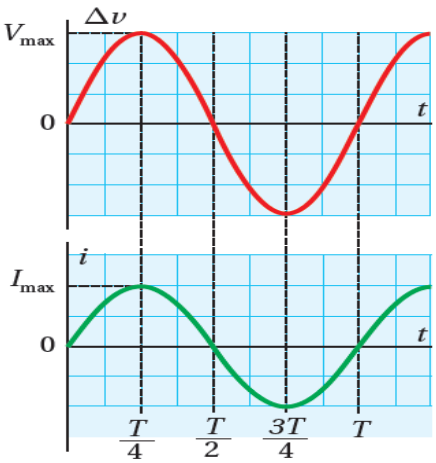
$$i_R = \frac{\Delta v_R}{R} = \frac{V_{max}}{R} \sin \omega t = I_{max} \sin \omega t$$

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

وبالتالي فان :

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

يمكن تمثيل التغيّر في فرق الجهد بين طرفي المقاومة، والتغير في التيار المار فيها بالنسبة إلى الزمن، على نحو ما هو مبين في الشكل .



القدرة المستهلكة في المقاومة Power Dissipated in the Resistor

تعلمت حساب القدرة المستهلكة في مقاومة عند سريان تيار كهربائي مستمر (I) فيها باستخدام العلاقة ($P = I^2R$).

وتُستخدم العلاقة نفسها لحساب القدرة المتوسطة (P) المستهلكة في المقاومة عند سريان تيار متردد فيها، لكننا نحتاج إلى قيمة ثابتة للتيار تكافئ (I) ؛ هذه القيمة يُرمز إليها بالرمز (I_{rms})، وتُقرأ ، root–mean–square وتعني الجذر التربيعي للقيمة المتوسطة لمربع التياروسنطلق عليه اسم القيمة الفعّالة، وتُحسب باستخدام العلاقة:

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

وبذلك فإنّ القدرة المتوسطة المستهلكة في المقاومة عند سريان تيار متردد فيها تُحسب باستخدام العلاقة الآتية:

$$\overline{P} = I_{rms}^2\, R$$

إن استخدام القيمتين (I_{rms}) و (V_{rms}) يسهل علينا دراسة قيم (I_{rms}) و (V_{rms})، في حين يُستخدم جهاز راسم الذبذبات للحصول على منحنى (فرق الجهد المتردّد – الزمن).

مثال 1 : جهاز كهربائي مقاومته 65 Ω وصل بمصدر فرق جهد متردّد، إذا علمت أنّ القيمة العظمى لفرق الجهد المتردّد بين طرفيه (325 V)، وتردّده (60 Hz) أحدد:

أ . الزمن الدوري لفرق الجهد المتردّد.

ب. القيمة العظمي للتيار المتردّد الذي يسري في الجهاز.

ج. الاقتران الذي يعبر عن التيار المتردّد بدلالة الزمن (t).

مثال 2 : القيمة العظمى لمصدر فرق الجهد المتردّد في دارة كهربائية (56 V) ، والقيمة العظمى للتيار المتردد (A2.8). أحسب القيمتين الفعالتين (V_{rms} و I_{rms}) للجهد والتيار في الدارة، وما المقدار المتوقع لمقاومة الدارة؟

مثال3: مدفأة كهربائية مقاومتها(Ω40) تعمل على فرق جهد متردّد بوحدة الفولت مُعبّر عنه بالعلاقة ($310\sin wt$.) بوحدة الثانية، أحسب :

أ. مقدار القيمة الفعالة للتيار الذي يسري في المدفأة.

ب. القدرة الكهربائية المتوسطة المستهلكة في مقاومة المدفأة.

مثال 4 : يبين الشكل دارة كهربائية تتكون من مقاومة مقدارها (Ω240.0)، وصلت بمصدر فرق جهد متردّد، حيث القيمة العظمى لفرق الجهد بين طرفيه (V100). استخدم أميتر وفولتميتر مثاليين لقياس التيار وفرق الجهد بين طرفي المقاومة. أحسب قراءة الأميتر والفولتميتر. (ملاحظة الأميتر المثالي مقاومته صغيرة جدا تؤول إلى الصفر، والفولتميتر المثالي مقاومته كبيرة جدا تؤول إلى اللانهاية)، لذا أهمل وجودهما في الدارة عند تحليلها.

المعاوقة Reactance

المعاوقة :هي الممانعة التي تبديها عناصر الدارة (محثّ أو مواسع) لمرور التيار الكهربائي فيها. ويرمز إلى المعاوقة بالرمز (X) وتُقاس بوحدة قياس المقاومة نفسها، وهي الأوم .

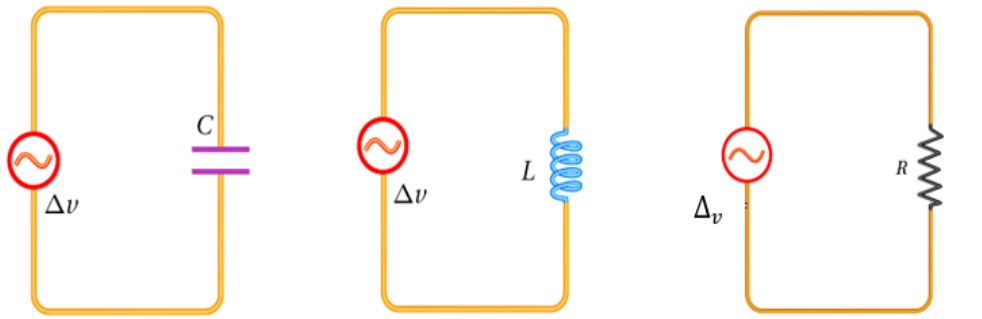
المعاوقة المحثّيّة : المقاومة الكهربائية التي يواجهها التيار المتردّد عند مروره بين طرفي محثّ، وتساوي حاصل ضرب محاثّة المحثّ في التردّد الزاويّ لفرق الجهد.

$$X_L = \omega L$$

المعاوقة المواسعيّة :المقاومة الكهربائيّة التي يواجهها التيار المتردّد عند مروره بين طرفي مواسع، وتساوي مقلوب حاصل ضرب المواسعة في التردّد الزاويّ لفرق الجهد.

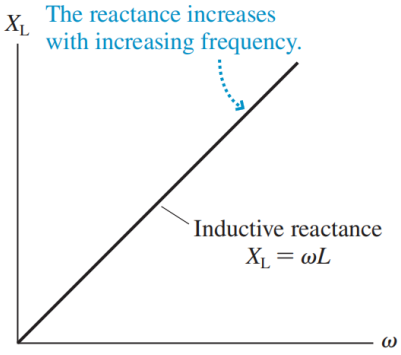
$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

والشكل في الأعلى يبين توصيل مقاومة ومحث ومواسع في دارة جهد متردد ، والجدول بين الفرق في العلاقات الرياضية الخاصة في كل عنصر من الدوائر الثلاث .



(ج) دارة مواسع ومصدر فرق جهد متردّد (ب) دارة محثّ ومصدر فرق جهد متردّد (أ) دارة مقاومة ومصدر فرق جهد متردّد

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	$X_C = \frac{1}{\omega C}$	$I_{max} = \frac{V_{max}}{X_C}$	$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{X_C}$



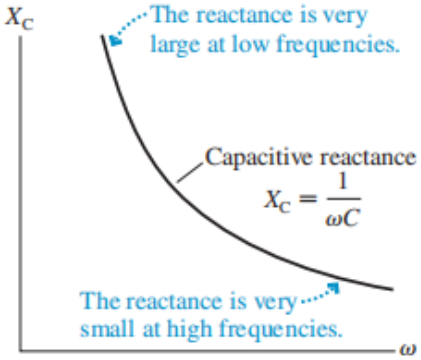
على ماذا تعتمد الممانعة التي يبديها المحثّ لمرور التيار الكهربائي المتردّد؟

تعتمد معاوقة محث على :

1. تردّد المصدر، حيث تزداد معاوقة محثّ محاثّته (L) بزيادة(ω) .
2. مقدار المحاثة (L) .

والشكل المجاور يمثل العلاقة بين المعاوقة الحثية (X_L) والتردد الزاوي (ω).

على ماذا تعتمد الممانعة التي يبديها المواسع (المكثف) لمرور التيار الكهربائي المتردّد؟

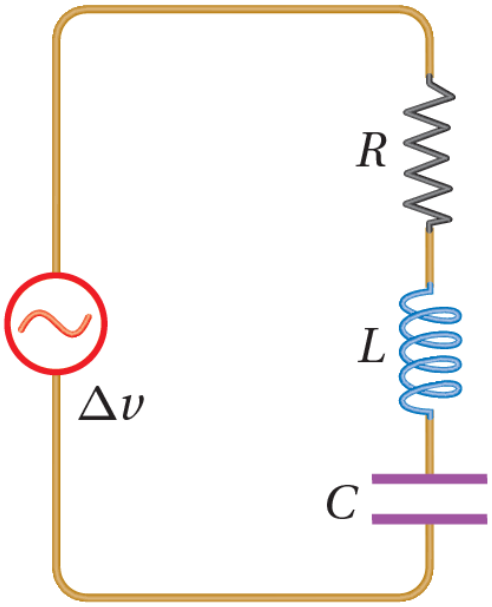


تعتمد معاوقة المواسع على :

1. تردّد المصدر، حيث تقل معاوقة مواسع سعته (C) بزيادة(ω) .
2. مقدار المواسعة (C).

والشكل المجاور يمثل العلاقة بين المعاوقة المواسعيّة (X_C) والتردد الزاوي (ω).

مقاومة ومحثّ ومواسع (RLC)على التوالي في دارة تيار كهربائي متردّد



في الشكل المجاور مقاومة (R) ومحثّ (L) ومواسع (C) موصولة جميعها على التوالي بمصدر فرق جهد متردّد، وتحسب الممانعة الكلية (Z) للعناصر الثلاث كما يلي:

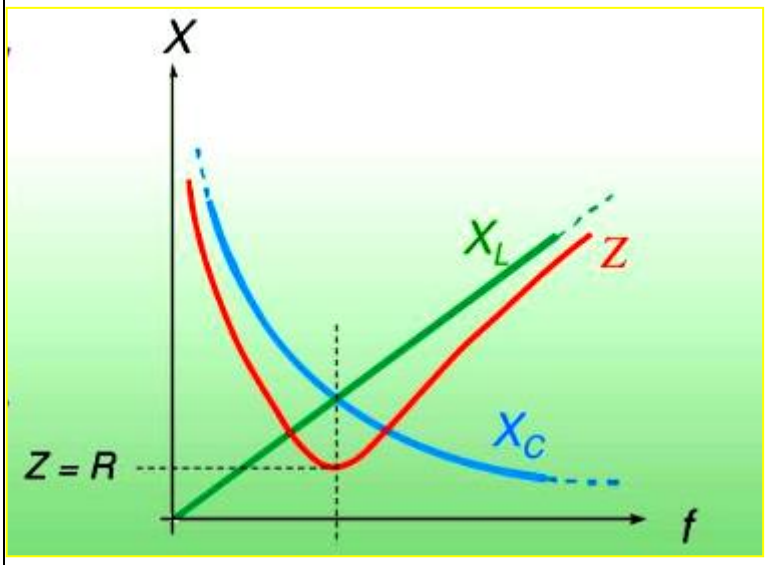
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

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

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

متى يمكن أن تصبح الممانعة الحثية للملف مساوية للممانعة المواسعيّة للمكثف عندما تتصل جميعها بمصدر الجهد المتردد نفسه؟

بما أن الممانعة الحثية تزداد بزيادة (ω)، والممانعة المواسعيّة تقل بزيادة (ω) ، فيكون هناك نقطة تلتقي فيها الممانعتين عند ترد معين ، انظر الرسم البياني المجاور:



ملاحظة : زيادة (ω) تعني زيادة (f) لان العلاقة التي تربطهما هي ($\omega = 2\pi f$)

من الشكل لاحظ :

1. قيمة (X_L) تزداد بزيادة التردد (f)
2. قيمة (X_C) تقل بزيادة التردد (f) .
3. قيمة (R) ثابتة لا تتغير.
4. عند زيادة (X_L) ونقصان (X_C) تلتقي القيمتين عند نقطة محددة تتساوى فيها القيمتين ($X_L = X_C$)عند تردد معين يسمى تردد الرنين.
5. عند تردد الرنين تصبح الممانعة الكلية (Z) في دائرة ال(RLC) اقل ما يمكن وتساوي (R) .
   وإذا كانت الدارة مكونة من (LC) فقط تصبح الممانعة الكلية (Z) مساوية للصفر.

f_o

تردّد الرنين Resonance Frequency : تردّد مصدر فرق الجهد في دارة (RLC) ، الذي يحدث عنده الرنين، وتكون قيمة التيار الفعّال أكبر ما يمكن.

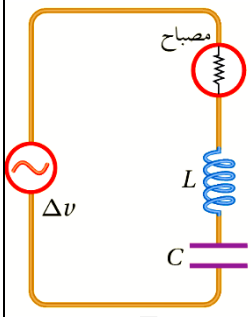
اذن عند تردد الرنين (ω_0) يمكن إعادة كتابة معادلة $(\vec{Z})$ كما يلي:

1. $X_L = X_C \rightarrow X_L - X_C = 0 \rightarrow I_{rms} = \frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}} = \frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2}} = \frac{V_{rms}}{R}$

2. $X_L = X_C \rightarrow \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} \rightarrow \omega_0 L \times \omega_0 C = 1 \rightarrow {\omega_0}^2 LC = 1 \rightarrow {\omega_0}^2 = \frac{1}{LC}$

$$\rightarrow \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

ويتحدّد مقدار تردّد الرنين للمصدر بناءً على التردّد الطبيعي للدارة الذي يعتمد على قيمة كلٍّ من مواسعة المواسع ومحاثّة المحثّ.



في الدارة المبيّنة في الشكل المجاور، ما الشرط اللازم توافره كي يضيء المصباح بأكبر شدّة ممكنة؟

يحدث ذلك عندما تصبح الممانعة الكلية $(\vec{Z})$ للدارة مساوية لمقاومة المصباح وهذا يتحقق عندما تصبح معاوقة المحث مساوية لمعاوقة المواسع عند تردد معين هو تردد الرنين.

ما مقدار معاوقة كلٍّ من المحث والمواسع عندما يكون تردّد التيار الكهربائي صغيرًا جدًا، وعندما يكون تردّده كبيرًا جدًا؟

في (المحث):($X_L = \omega_0 L$) فعندما يكون تردّد التيار الكهربائي صغيرًا جدًا تكون (X_L) صغيرة جدا.

وعندما يكون تردّد التيار الكهربائي كبير جدًا تكون (X_L) كبيرة جدا.

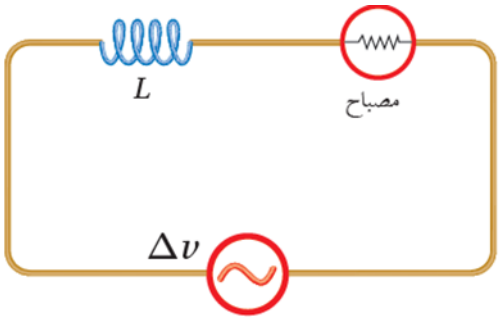
في (المواسع):($X_C = \frac{1}{\omega C}$) فعندما يكون تردّد التيار الكهربائي صغيرًا جدًا تكون (X_C) كبيرة جدا.

وعندما يكون تردّد التيار الكهربائي كبير جدًا تكون (X_C) صغيرة جدا.

أصف اتجاه المجال المغناطيسي الذي يولّده مرور تيار متردّد في محثّ، وأقارنه بالمجال الذي يولّده مرور تيار مستمر فيه.

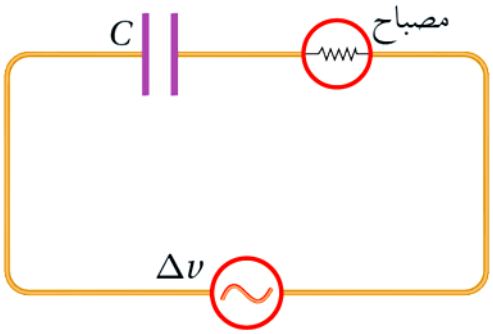
في التيار الثابت ينمو التيار بشكل تدريجي وينشأ عنه مجال مغناطيسي ثابت في الاتجاه .

في التيار المتردد يكون المجال المغناطيسي الناتج متغير بالمقدار والاتجاه حسب تردد التيار.



مثال 1: يبيّن الشكل المجاور دارة يتصل فيها محثّ ومصباح بمصدر فرق جهد متردّد، ماذا يحدث لإضاءة المصباح عند نقصان تردّد المصدر مع بقاء القيمة العظمى لفرق الجهد ثابتة.

مثال 2 : يبيّن الشكل المجاوردارة يتصل فيها مواسع ومصباح بمصدر فرق جهد متردّد، ماذا يحدث لإضاءة المصباح عند نقصان تردّد المصدر مع بقاء القيمة العظمى لفرق الجهد ثابتة؟ أفسّر إجابتي.



مثال 3 : دارة تحتوي على مصدر فرق جهد متردّد قيمته الفعّالة (150V) وتردّده (60Hz)، يتّصل على التوالي بمقاومة (420Ω) ومحثّ محاثّته (1.8H)، ومواسع مواسعته (7μF) أجد كلا مما يلي:

أ . المعاوقة المحثّية، والمعاوقة المواسعيّة، والمعاوقة الكليّة للدارة.

ب.القيمة الفعّالة للتيار المتردّد.

الدرس الثالث : أشباه الموصلات

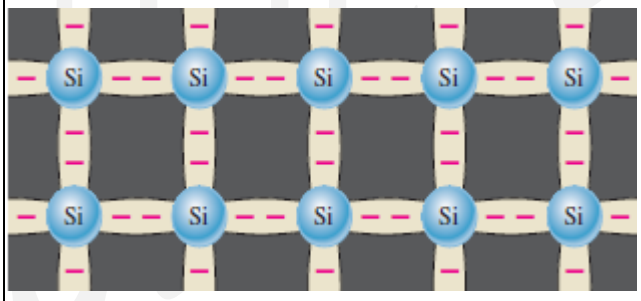
الموادّ الموصِلة والعازلة وشبه الموصِلة

Conductors, Insulators and Semiconductors

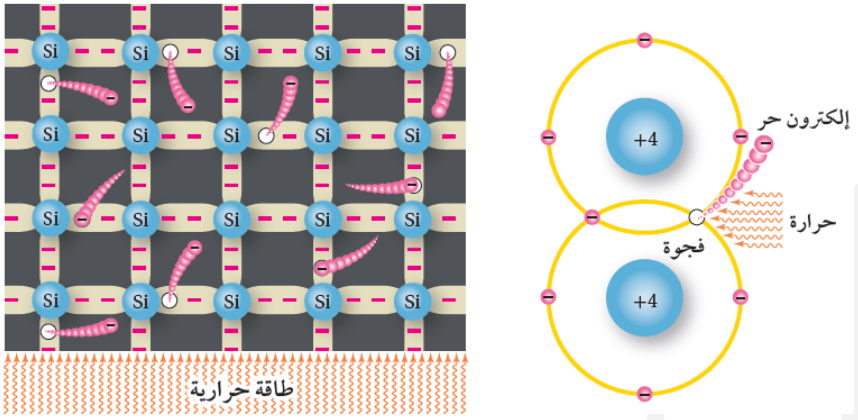
إلكترونات التكافؤ Valance Electrons: الإلكترونات الموجودة في آخر مستوى طاقة للذرّة، وهي المسؤولة عن تحديد كثيرٍ من خصائص المادّة مثل، التوصيل الكهربائي والتوصيل الحراري.

وتُصنَّف الموادّ من حيث قابليتها لتوصيل الكهرباء إلى الأنواع الآتية:

1. موادّ عازلة Insulators :عدد إلكترونات التكافؤ لها أكثر من أربعة، وترتبط بذرات المادّة بقوى كهربائية كبيرة، لذلك، لديها عدد قليل من الإلكترونات الحرّة ما يجعلها مادّة عازلة للكهرباء. وعادة توجد على شكل مركّبات، مثل المطاط والمايكا والزجاج.
2. موادّ موصِلة Conductors: عدد إلكترونات التكافؤ لها أقلّ من أربعة، لكن قوى ارتباطها بالذرات ضعيفة، لذلك، لديها الكثير من الإلكترونات الحرّة ما يجعلها موصِلات جيدة للتيار الكهربائي، وتوجد في العادة على شكل عناصر منفردة، مثل الحديد والنحاس والفضة.
3. موادّ شبه موصِلة Semiconductors :تقع بين الموادّ الموصِلة للكهرباء والموادّ العازلة من حيث قدرتها على توصيل التيار الكهربائي. ومن الأمثلة على الموادّ شبه الموصلة الجرمانيوم (Ge) والسليكون (Si) ، وهما من أهمّ أشباه الموصِلات المستخدمة في التطبيقات الإلكترونية. لكلّ ذرّة من ذرات السليكون أو الجرمانيوم أربعة إلكترونات تكافؤ. فمثلاً، ترتبط كل ذرة من ذرات السليكون بأربع ذرّات مجاورة لها بروابط تساهمية، وتشكّل بذلك بلّورة السليكون، وعند درجة حرارة الصفر المطلق (0k) تكون جميع إلكترونات التكافؤ للسليكون النقي مقيدة نتيجة للروابط التساهمية، ولا يوجد إلكترونات حرّة كما في الشكل المجاور.



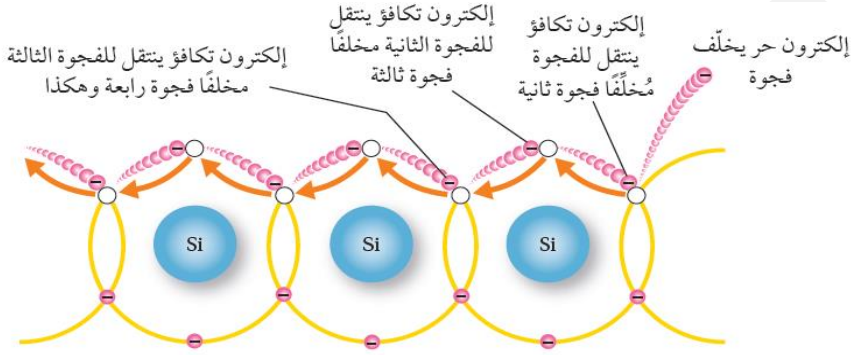
بلورة السليكون عند درجة حرارة الصفر المطلق



الإلكترونات الحرة والفجوات في بلورة السليكون

في الشكل المجاور الذي يوضح امتصاص الذرة للطاقة وانتقال الإلكترونات الى مستوى التوصيل وتكون الفجوات ، ومن الشكل يمكن ملاحظة ما يلي:

1. تبدو الفجوة وكأنّها شحنة موجبة نتيجة للنقص في الشحنة السالبة الكليّة على الذرة عند ترك الإلكترون موقعَه.



التيار الناتج عن الفجوات

2. تسهم الفجوات في التوصيل الكهربائي مثل إلكترونات التوصيل، فحين تتكوّن فجوة نتيجة لإفلات إلكترون عند كسر رابطة تساهمية يصبح من السهل لإلكترون ذرة مجاورة الانتقال إلى تلك الفجوة تاركًا خلفه فجوةً جديدةً
3. يمكن افتراض أنّ الفجوات عبارة عن تيار كهربائي يسري بعكس اتجاه حركة الإلكترونات.

إلكترونات التوصيلConduction electrons : هي الكترونات حرة ناتجة عن كسر الرابطة التساهمية نتيجة امتصاص طاقة وانتقال الالكترون الى مستوى التوصيل .

الفجوة **Hole**:الفراغ الناتج عن ترك الالكترون مكانة في الذرة وتبدو وكأنّها شحنة موجبة نتيجة للنقص في الشحنة السالبة الكليّة.

زوج إلكترون – فجوة Electron–Hole pair:هو الزوج الناتج عن ترك الالكترون مكانه مخلفا وراءه فجوة تبدو كشحنة موجبة ، ويكون عدد الفجوات مساوى لعدد الإلكترونات تظهر على شكل أزواج .

أشباه الموصلات من النوع *n* والنوع *p* *n*–type and *p*–type Semiconductors

الإشابة Doping :زيادة الموصليّة الكهربائيّة لأشباه الموصلات، بإضافة بعض الموادّ إليها تُسمّى شوائب Impurities .

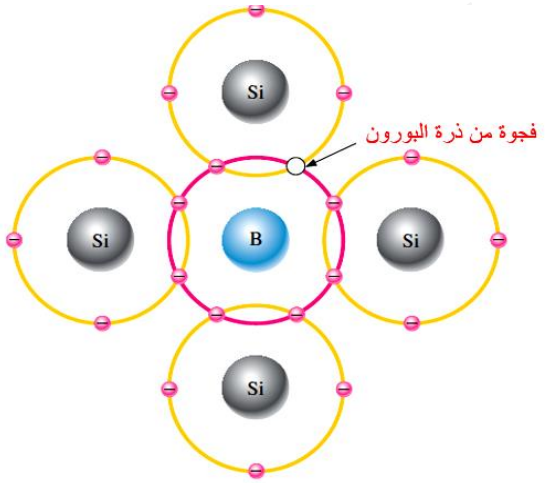
ما الهدف من الإشابة (إضافة الشوائب)؟

أشباه الموصِلات النقيّة لا توصل التيار الكهربائي جيدًا، لكن يمكن زيادة موصليتها الكهربائية بإضافة بعض الموادّ إليها تُسمّى شوائب.

ما هي أنواع الإشابة وماذا ينتج عنها ؟

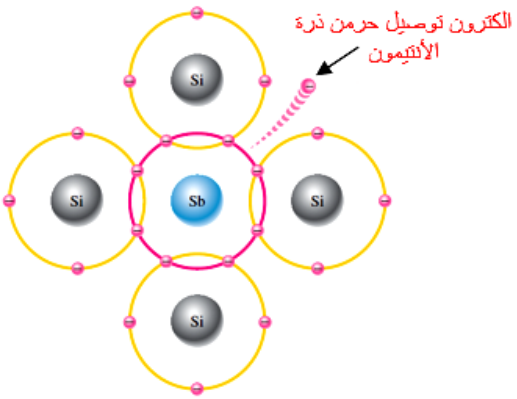
1. الإشابة السالبة – البلورة السالبة (*n*–type):

عند اضافة عنصر خماسيُّ التكافؤ (يملك خمس إلكترونات تكافؤ في غلافه الأخير) مثل، (الأنتيمون أو الفسفور أو الزرنيخ) الى بلورة السيليكون . في هذه الحالة تحلّ ذرّة أنتيمون (Sb) محلّ ذرّة سليكون مركزية، وتكوّن أربع روابط تساهمية مع أربع ذرات سليكون مجاورة لها، ويبقى إلكترون التكافؤ الخامس حرًّا كما يظهر في الشكل المجاور ونتيجة لذلك يزداد عدد إلكترونات التوصيل في بلورة السليكون النقيّ، ويصبح أكثر من عدد الفجوات. وتُسمّى البلّورة في هذه الحالة بالبلّورة السالبة أو بلّورة من النوع (*n*).وتكون ناقلات التيار الأغلبية فيها الإلكترونات.



إضافة عنصر ثلاثي التكافؤ مثل ذرة البورون (B) إلى بلورة السليكون.
يصبح مكان الإلكترون الناقص فجوة.

2.الإشابة الموجبة – البلورة الموجبة (*p*–type):



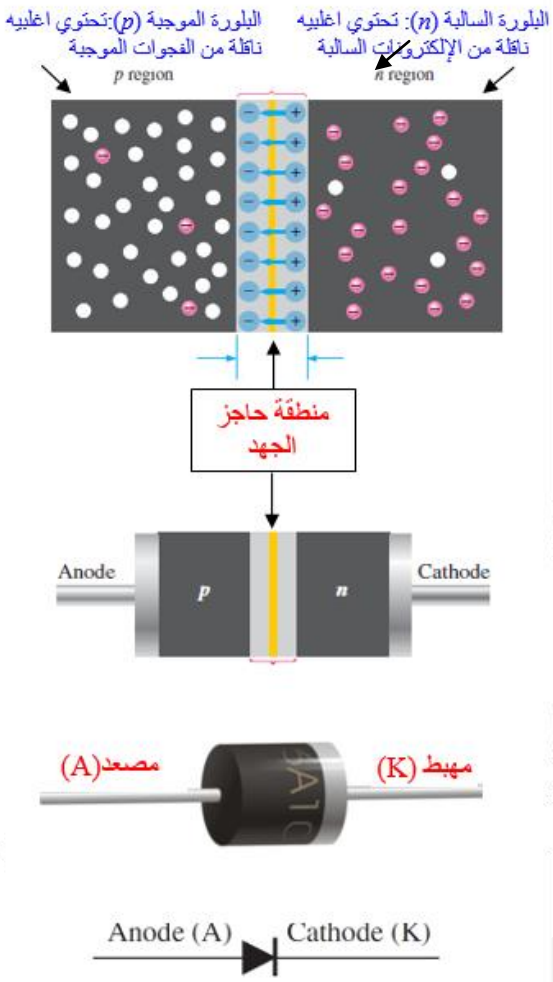
إضافة عنصر خماسي التكافؤ مثل ذرة أنتيمون (Sb) إلى بلورة السليكون.يصبح الإلكترون الزائد إلكتروناً حراً.

عند اضافة عنصر ثلاثي التكافؤ (يملك ثلاث إلكترونات تكافؤ في غلافه الأخير) مثل، (الغاليوم أو البورون) الى بلورة السيليكون . في هذه الحالة تحلّ ذرّة البورون (B) محل ذرة سليكون مجاورة لها، وتشارك إلكتروناتها الثلاثة لتكوين ثلاث روابط تساهمية مع ثلاث ذرات سليكون، أمّا الرابطة الرابعة فينقصها إلكترون واحد، فتتشكّل فجوة ، وهذا يعني أنّ كلّ ذرة بورون تضاف إلى بلّورة السليكون تُنتج فجوة جديدة؛ فيزداد بذلك عدد الفجوات في بلّورة السليكون، ويصبح عددها أكبر من عدد إلكترونات التوصيل. وتُسمّى البلّورة في هذه الحالة بالبلورة الموجبة، أو بلّورة من النوع (*P*). وتكون ناقلات التيار الأغلبية فيها الفجوات.

ناقلات التيار الأغلبية والأقلية :هي الإلكترونات والفجوات التي ينتج عن حركتها تيار عند تطبيق فرق جهد بين طرفي بلورة سالبة أو موجبة.

الشحنة الكليّة للبلورة السالبة أو البلورة الموجبة تساوي صفرًا؛ لأنّ عدد الشحنات الموجبة فيها يساوي عدد الشحنات السالبة.

الثنائي البلّوريDiode



الثنائي البلّوري (الديود): التركيب الناتج من تلامس البلورتين السالبة (*n*)والموجبة (*p*) واختصارها (وصلة P–N)

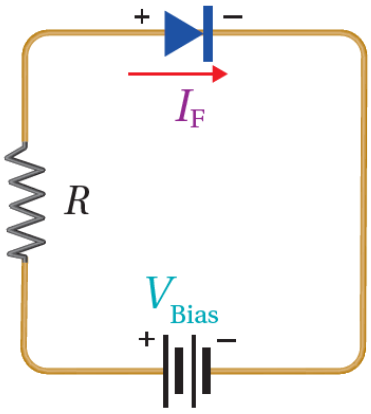
في الشكل المجاور يوضح وصلة الثنائي البلوري (الديود)، لاحظ من الشكل:

1. البلورة الموجبة (*P*): تحتوي اغلبيه ناقلة من الفجوات الموجبة وأقلية ناقلة من الإلكترونات السالبة.
2. البلورة السالبة (*n*): تحتوي اغلبيه ناقلة من الإلكترونات السالبة وأقلية ناقلة من الفجوات الموجبة.
3. عند دمج البلورتين معا ينتج ما يسمى بوصلة الثنائي البلوري (الديود).
4. يتكون بين البلورتين مجال كهربائي حاجز بين البلورتين ينتج عنه جهد يسمي بحاجز الجهد للثنائي (يمكن معاملته مثل بطارية موجودة عند الحاجز)
5. تسمى منطقة البلورة الموجبة بالمصعد(A):(Anode)، وتسمى منطقة البلورة السالبة بالمهبط (K):(Cathode).
6. من اهم سمات الديود توصيله للتيار باتجاه واحد فقط من المصعد الى المهبط (باتجاه السهم الذي يمثله).

حاجز الجهد للثنائي: تعتمد قيمته على مادّة البلورة؛ فعند درجة حرارة 25 °C، يكون في بلورة السليكون (0.7 V) ، في حين يساوي (0.3 V) في بلورة الجرمانيوم.

الانحياز الأمامي Forward bias والانحياز العكسي Reverse bias

أولا :الانحياز الأمامي Forward bias :



أ) انحياز أمامي

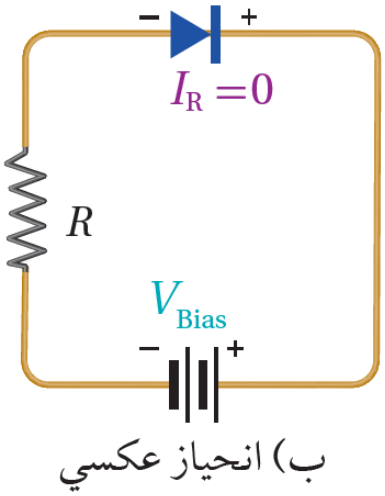
حيث يوصل الثنائي بمصدر فرق جهد (بطارية مثلاً) ،على أن يوصل القطب الموجب للبطارية بمصعد الثنائي، ويوصل القطب السالب للبطارية بمهبط الثنائي على نحو ما في الشكل المجاور فينشأ تيار كهربائي (I_F) عندما يكون فرق جهد المصدر (V_{Bias}) (أكبر من فرق جهد معين يُسمّى حاجز الجهد للثنائي. وسبب وجود المقاومة حماية الثنائي من التلف عند مرور تيار عالي.

ما هي شروط مرور التيار في الثنائي (الديود) ؟

1. أن يكون انحياز المصدر أمامي (القطب الموجب للبطارية بمصعد الثنائي، ويوصل القطب السالب للبطارية بمهبط الثنائي)
2. أن يكون جهد المصدر اعلى من جهد الحاجز(لان الحاجز يعامل معاملة البطارية المعكوسة) لذلك يجب أن يكون جهد المصدر اعلى من (0.7V) للسيلكون و (0.3V) للجرمانيوم .

هل ينشئ تيار في حالة الثنائي بدون وجود مقاومة موصولة على التوالي مع الثنائي؟

المقاومة ضرورية فقط لحماية الثنائي من التلف في حالة التيار الزائد وهي ليس شرط لمرور التيار.

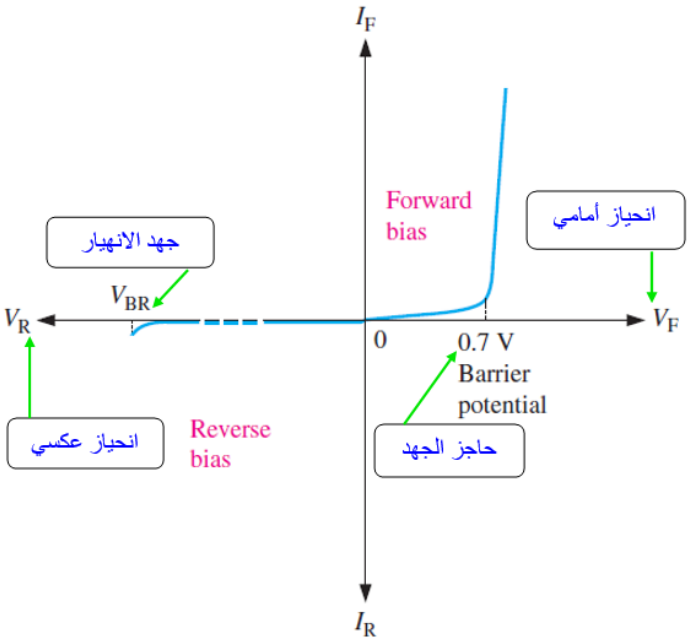


ب) انحياز عكسي

ثانيا :الانحياز العكسي Reverse bias :

يوصل القطب الموجب للمصدر بمهبط الثنائي، ويوصل قطبه السالب بمصعد الثنائي على نحو ما في الشكل المجاور وتصبح مقاومة الثنائي كبيرة جدًّا، ولا يسمح بعبور تيار كهربائي. ($I_R = 0$) وإذا زاد فرق جهد المصدر عن قيمة معينة، تُسمّى جهد الانهيار Breakdown voltage (V_{BR})، فإنّ مقاومة الثنائي تنهار، ويسري فيه تيار كبير يؤدّي إلى تلف الثنائي البلوري .

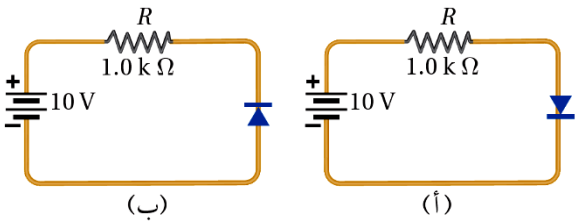
في الشكل المجاور التمثيل البياني لعلاقة التيار الكهربائي بفرق الجهد على طرفي ثنائي السليكون في منحنى ($I-V$) ، لاحظ ما يلي:



1. أنّ التيار يكون صغيرًا عندما يكون فرق الجهد على طرفي الثنائي أقلّ من حاجز الجهد، وهو (0.7 V) للثنائي المصنوع من السليكون.
2. زيادة فرق جهد المصدر إلى قيمة أعلى من حاجز الجهد، بمقدار قليل في فرق الجهد تؤدّي إلى زيادة كبيرة في التيار الكهربائي.
3. مقاومة الثنائي في وضعية الانحياز الأمامي صغيرة جدًّا. في حين أنّه في وضعيّة الانحياز العكسي، يكون التيار الكهربائي صغيرًا جدًّا (بالميكرو أمبير)، ما يعني أنّ مقاومة الثنائي كبيرة جدًّا.

مثال 1:

في الشكل المجاور ثنائي مصنوع من مادة السليكون، موصول مع مصدر جهد (10V) مهمل المقاومة الداخلية ،أجد لكلٍّ من الشكلين (أ و ب)

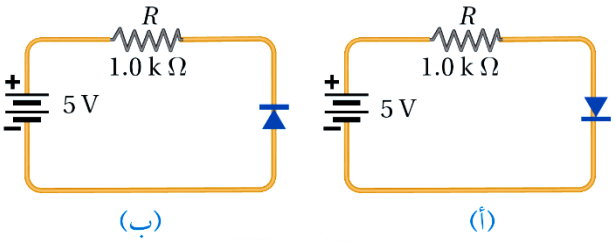


1. فرق الجهد على طرفي الثنائي (ΔV_D).
2. فرق الجهد على طرفي المقاومة (ΔV_R) .
3. التيار الكهربائي المارّ في المقاومة (I).

مثال 2 :

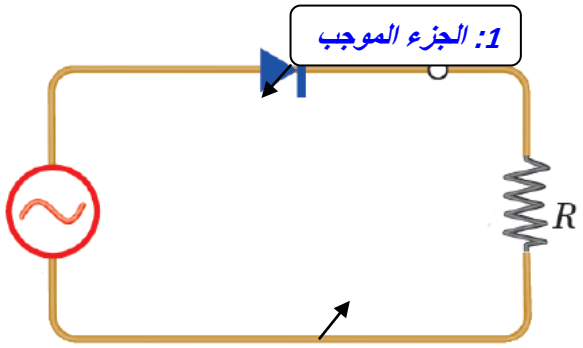
في الشكل المجاور ثنائي مصنوع من مادة الجرمانيوم، موصول مع مصدر جهد (5V) مهمل المقاومة الداخلية ،أجد لكلٍّ من الشكلين (أ و ب)

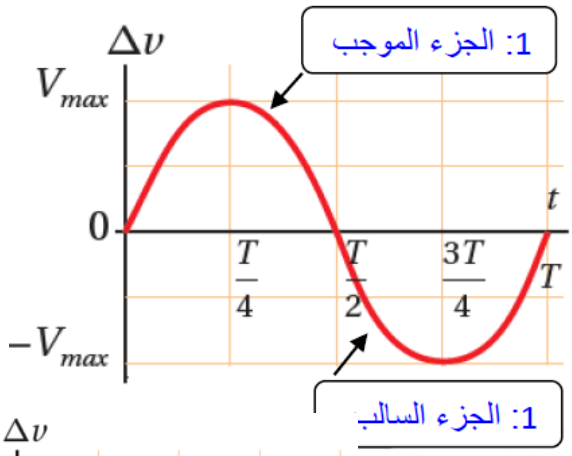
1. فرق الجهد على طرفي الثنائي (ΔV_D).
2. فرق الجهد على طرفي المقاومة (ΔV_R) .
3. التيار الكهربائي المارّ في المقاومة (I).

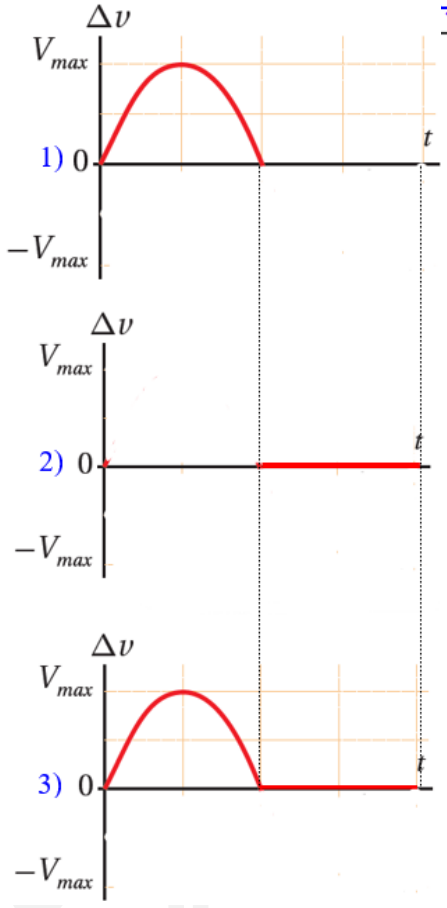


الثنائي بوصفه مقوّمًا للتيار المتردّد Diode as a Current Rectifier

تقويم التيار : هي عملية يتم فيها تحويل التيار المتردد الى تيار شبه مباشر(جزء موجب أو سالب فقط) عن طريق الثنائي البلوري .







في الشكل السابق الموجة الكاملة مكونة من جزيئين :

1. الجزء الموجب : عند مروره على الثنائي ، يكون الانحياز الناتج عليه أمامي ، ويمر نصف الموجه الموجب كما هو موضح بالشكل (1) التالي :

2. الجزء السالب : عند مروره على الثنائي ، يكون الانحياز الناتج عليه عكسي ، فلا يمر الجزء السالب من الموجة كما هو موضح بالشكل (2)التالي :

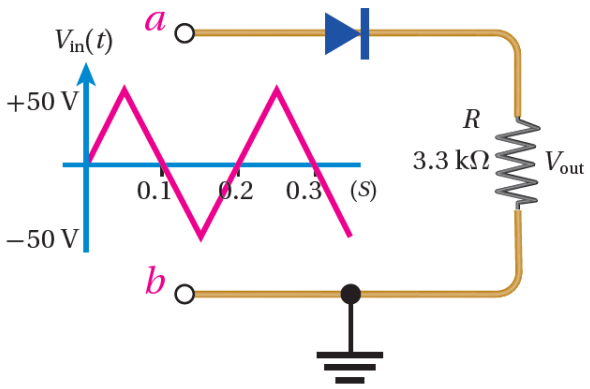
وعند جمع الموجتين معا ينتج الشكل النهائي للموجةعلى شكل موجة نصف جيبيّة باتجاه واحد (موجبة فقط) كما في الشكل (3).

وتُسمّى الدارة في الشكل السابق بدارة تقويم نصف موجة Half wave rectifier

وفي هذه الحالة يكون تردّد الموجة الناتجة مساويًا لتردّد الموجة الداخلة.

مثال 1 :

يمثّل الشكل المجاور دارة مقوِّم نصف موجة، إذا كانت الموجة الكهربائية الداخلة مثلثّة الشكل ، بإهمال فرق الجهد على الثنائي أجيب عمّا يأتي:



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

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

الترانزستور Transistor

الترانزستور Transistor: هو أحد أهم عناصر الدارات الإلكترونية، ويدخل في تركيب الأجهزة الإلكترونية كلها. ويُصنع الترانزستور من موادّ شبه موصلة مثل، السليكون أو الجرمانيوم.

ما هي استخدامات الترانزستور؟

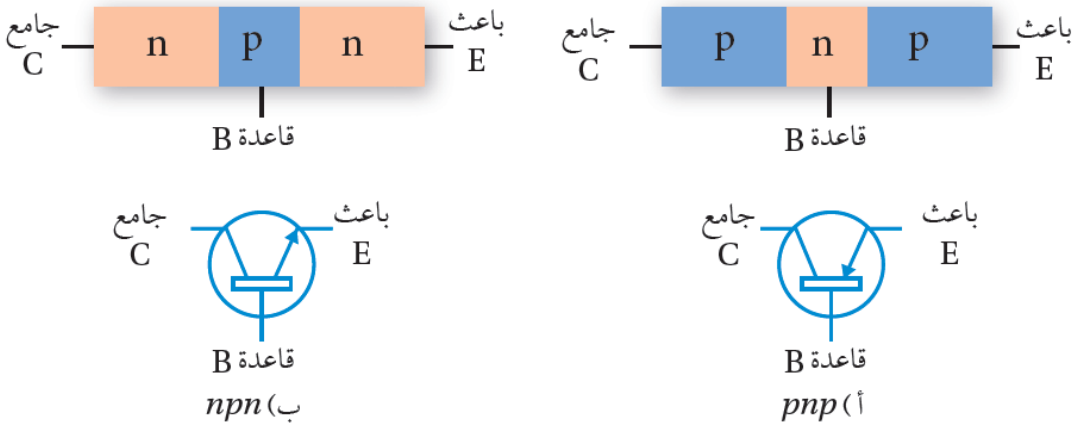
1. مُضخّمًا (مكبرا) للتيار الكهربائي.
2. مُضخّمًا (مكبرا) للجهد الكهربائيّ.
3. مُضخّمًا (مكبرا) للقدرة الكهربائية.
4. مفتاحًا سريع الفتح والإغلاق.

ماهي أنواع الترانزستورات؟

يوجد نوعان رئيسان من الترانزستورات هما:.

1. الترانزستور ثنائي القطبية: Bipolar Junction Transistor (BJT)
2. وترانزستور تأثير المجال : Field Effect Transistor (FET)

الترانزستور ثنائي القطبيّة Bipolar Junction Transistor (BJT):



يتكوّن الترانزستور ثنائيّ القطبية من ثلاث طبقات شبه موصِلة، حيث تختلف الطبقة الوسطى في النوع عن الطبقتين الأخريين وينتج عن ذلك نوعان من الترانزستور ثنائي القطبية :

الترانزستور (*pnp*) : تكون الطبقة الوسطى فيه من النوع (*n*) والطبقتان الأخريان من النوع (*p*) ، يكون نوع الترانزستور (*pnp*).

الترانزستور (*npn*) : تكون الطبقة الوسطى فيه من النوع (*p*) والطبقتان الأخريان من النوع (*n*) ، يكون نوع الترانزستور (*npn*).

اذكر طبقات الترانزستور ورمزه في الدارات الإلكترونية.

1. القاعدة (Base) وهي الطبقة الوسطى للترانزستور ويرمز إليها بالرمز (B) .
2. الجامع (Collector) ورمزه (C) .
3. الباعث (Emitter) ورمزه (E).

كيف يمكن تحديد نوع الترانستور ؟

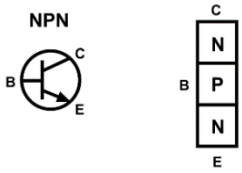
هناك حالتين للتحديد :

الحالة الأولى: من نوعية الطبقة الوسطى

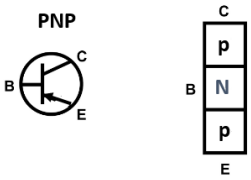
الترانزستور (*pnp*) : تكون الطبقة الوسطى فيه من النوع (*n*) والطبقتان الأخريان من النوع (*p*) ، يكون نوع الترانزستور (*pnp*).

الترانزستور (*npn*) : تكون الطبقة الوسطى فيه من النوع (*p*) والطبقتان الأخريان من النوع (*n*) ، يكون نوع الترانزستور (*npn*).

الحالة الثانية من اتجاه سهم الباعث حيث اتّجاه السهم يشير إلى اتجاه التيار الاصطلاحي الموجب



1. السهم خارجًا من القاعدة (B) نحو الباعث (E) في الترانزستور (*npn*) كما في الشكل المجاور.



2. السهم خارجًا من الباعث (E) نحو القاعدة (B) في الترانزستور (*pnp*). كما في الشكل المجاور.

ويمكن تخيّل الترانزستور بأنّه يتكوّن من ثنائيّين على نحو ما هو مبيَّن في الشكل، حيث البلّورة الوسطى (القاعدة) من النوع (*p*) تكون رقيقة، وتركيز الفجوات فيها قليل كما في الشكل المجاور.