بسم الله الرحمن الرحيم

الوحدة الثانية : الكهرباء المتحركة

الفصل الرابع : التيار الكهربي والمقاومة

" *Electric Current and Resistance*"

إعداد :أ. محمد صابر فياض

الفصل الرابع : التيار الكهربي والمقاومة

" *Electric Current and Resistance* "

الدرس الأول :**التيار الكهربائي .** *Electric Current*

الدرس الثاني :**المقاومة الكهربائية وقانون أوم .**

الدرس الثالث :**الأثر الحراري للتيار الكهربائي .**

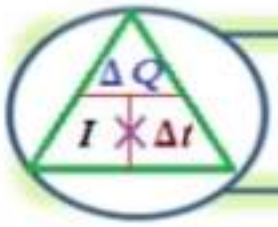
الدرس الرابع :**طرق توصيل المقاومات .**

أسئلة الفصل الرابع

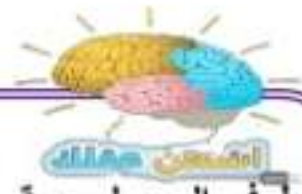
بسم الله الرحمن الرحيم

الوحدة الثانية : الكهرباء المتحركة

الفصل الرابع : التيار الكهربائي والمقاومة



الدرس الأول: التيار الكهربائي (Electric Current)



التيار الكهربائي : هو عبارة عن سيل الالكترونات الحرة التي تنتقل بين طرفي الموصل . ويقسم لقسمين :

1. التيار المستمر (Direct Current) [DC] : وهو تيار الثابت في القيمة والاتجاه ، مثل تيار البطارية الجافة
2. التيار المتردد (Alternating Current) [AC] : وهو تيار متغير القيمة الاتجاه ، مثل تيار محطات التوليد

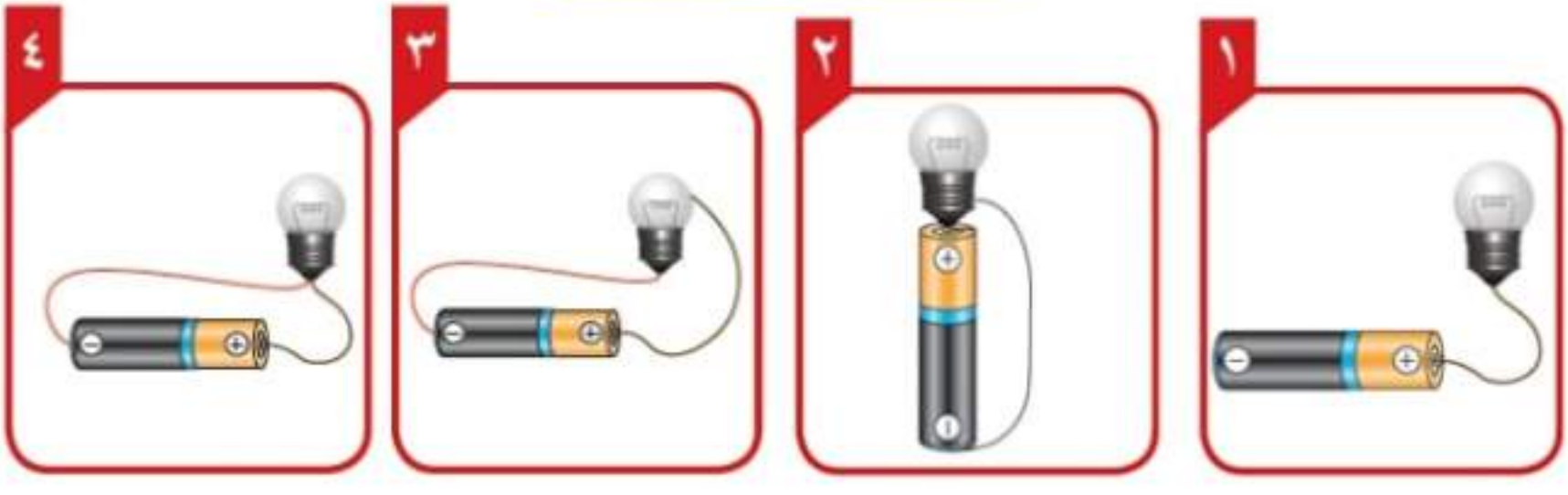
المواد المُوصلة : هي المواد التي تسمح بمرور التيار الكهربائي لاحتوائها على شحنات حرة (الكترونات كما في الموصلات ، أو أيونات موجبة كما في أنابيب التفريغ أو أيونات موجبة وسالبة كما في السوائل الكهربائية)

البطارية ليست مصدرا للإلكترونات في الدائرة الكهربية، انما تعمل على توليد مجال كهربي يبذل قوة كهربية على الالكترونات الموجودة بالفعل فى السلك وفى عناصر الدائرة الكهربية.

نشاط : اضاءة مصباح كهربائي :

- حاول توصيل المصباح بالبطارية حتى يضيء.
- ارسم على دفترك طريقتي توصيل يضيء فيها المصباح.
- ارسم على دفترك ثلاث حالات لا يضيء فيها المصباح.

حالات لا يضئ بها المصباح



أناقش:

- كيف تستدل على وجود تيار كهربائي؟

يُستدل على وجود تيار كهربائي بإضاءة المصباح أو بقراءة الأميتر إن وجد.

- ماذا يلزم لإضاءة المصباح؟

يلزم لإضاءة المصباح توصيله بالبطارية بطريقة صحيحة. (فرق جهد)

- ما الذي يسبب تدفق الكهرباء في المصباح؟

فرق الجهد بين طرفي البطارية هو السبب لانتقال الشحنات من الجهد الأعلى للجهد الأقل أي لمرور تيار

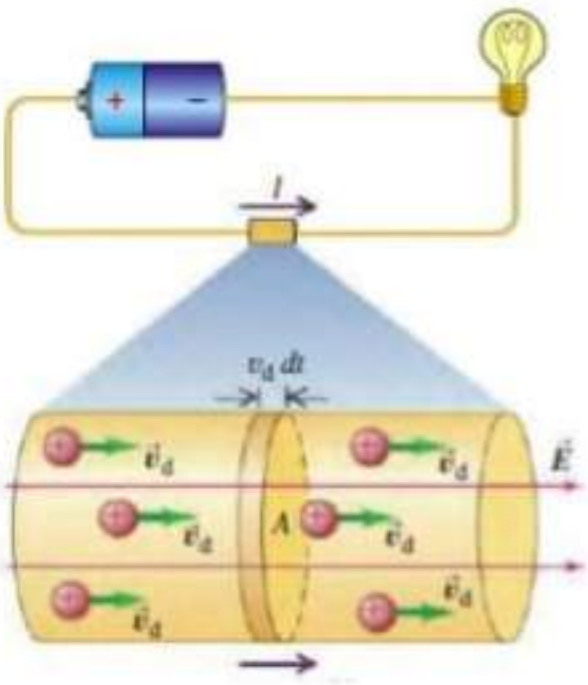
☒ يشع المصباح الكهربائي الضوء بمرور التيار الكهربائي في سلك رفيع جداً من التنجستون ملفوف على شكل حلزوني، فترتفع درجة حرارته إلى درجة التوهج، فكيف يسري التيار في سلك المصباح؟

كيف يسري التيار في سلك المصباح؟

عند توصيل مصباح كهربائي بمصدر جهد (بطارية)، تتدفق الشحنات الكهربائية من أحد طرفي الموصل للطرف الآخر بفعل وجود فرق في الجهد توفره البطارية لينتج تياراً كهربائياً. حيث تنتقل الشحنات من الجهد الأعلى للجهد الأقل.

❖ شروط مرور تيار كهربي

1. وجود فرق جهد (بطارية) .
2. وجود دائرة كهربية مغلقة.



ما المقصود شدة التيار الكهربائي (I) : هو معدل تدفق كمية الشحنة الكهربية عبر مقطع الموصل بالنسبة للزمن. وشدة التيار الكهربائي كمية قياسية تقاس بواسطة جهاز يوصل على التوالي يسمى الأميتر وبوحدة قياس (كولوم/ث $\left(\frac{C}{\sec}\right)$) تسمى الأمبير (A)

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{N\,q_e}{\Delta t}$$

(ΔQ) : مجموع كميتي الشحنة الموجبة والسالبة التي تخترق مقطع الموصل .

ما المقصود بكمية الشحنة التي تخترق المقطع : (ΔQ) = عدد الشحنات × مقدار كل شحنة $(\Delta Q = N\,q_e)$

$$\Delta Q = I \times \Delta t$$

حدد اتجاه التيار الكهربائي المار في موصل :

1) الاتجاه التيار الاصطلاحي " التقليدي " : هو اتجاه حركة الشحنات الموجبة من القطب الموجب للبطارية إلى القطب السالب في الدارة الخارجية ويكون مع اتجاه المجال المؤثر وهو ما اصطلح عليه قبل اكتشاف الإلكترونات.

2) الاتجاه التيار الحقيقي " الإلكتروني " : هو اتجاه حركة الالكترونات الحرة ويكون من القطب السالب للبطارية عبر الأسلاك ليمر بعناصر الدائرة وتصل في النهاية إلى القطب الموجب للبطارية ويكون عكس اتجاه المجال المؤثر .

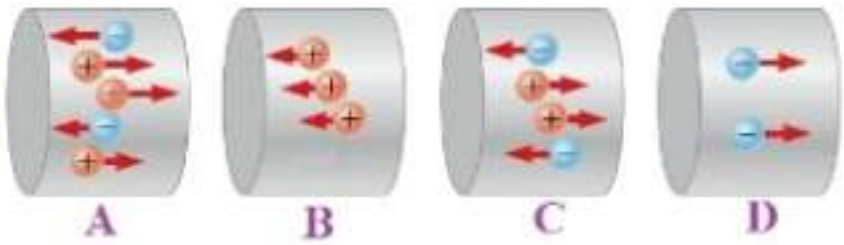
✓ **مثال :** إذا كانت شدة التيار المار في جهاز الراديو $(0.22\ A)$ ، ما عدد الإلكترونات التي تمر فيه خلال $(4.5\ sec)$.

الحل:

$$\Delta Q = I \times \Delta t = 0.22 \times 4.5 = 0.99C$$

$$N = \frac{\Delta Q}{q_e} = \frac{0.99}{1.6\times10^{-19}} = 0.62\times10^{19}\ electron$$

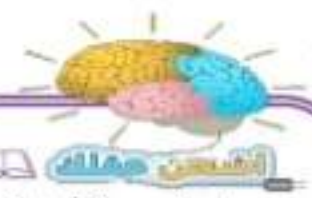
☒ يبين الشكل التالي شحنات كهربائية تتحرك عبر أربعة مقاطع من موصلات، إذا علمت أن جميع الشحنات متساوية في المقدار:



1. رتب المقاطع الأربعة من حيث مقدار شدة التيار من الأقل إلى الأكبر.
2. حدد اتجاه التيار الكهربائي الاصطلاحي في كل شكل.

الحل : حيث أن شدة التيار تتناسب طردياً مع عدد الشحنات المتحركة ، فيكن الترتيب A , C , B , D .

اتجاه التيار الاصطلاحي هو اتجاه حركة الشحنات الموجبة وعكس اتجاه حركة الشحنات السالبة فيكون لليسار في (B , D) ولليمين في (A , C)



أتساءل وأجيب

عرف الأمبير (A) : هو وحدة قياس شدة التيار الكهربائي ، شدة التيار الكهربائي المار في موصل تعبر مقطعه شحنة $(1\ C)$ خلال زمن $(1\ sec)$.

عرف الكولوم (C) : هو وحدة قياس كمية الشحنة ، هو كمية الشحنة الكهربية التي تمر عبر مقطع معين في موصل في زمن قدره $(1\ sec)$ إذا كانت شدة التيار المار $(1\ A)$.

ما المقصود بقولنا أن تيار كهربي شدته $(15\ A)$ ؟

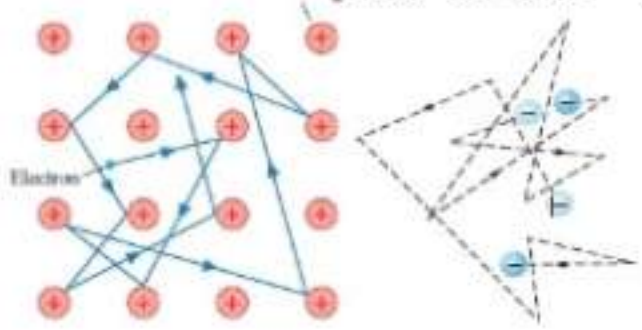
: أن كمية الشحنة الكهربية التي تمر عبر مقطع من موصل في الثانية الواحدة تساوى $(15\ C)$.

: المعدل الزمني للتغير في كمية الشحنة الكهربائية التي تمر عبر مقطع موصل يساوي $(15\ C/sec)$.

كيف تتحرك الإلكترونات في موصل معزول ؟

تتحرك الالكترونات في موصل فلزي معزولٍ عن المجالات الكهربائية حركة عشوائية في جميع الاتجاهات بسرعة $(1\times10^{6}m/s)$، دون ان يحصل لها إزاحة محددة .

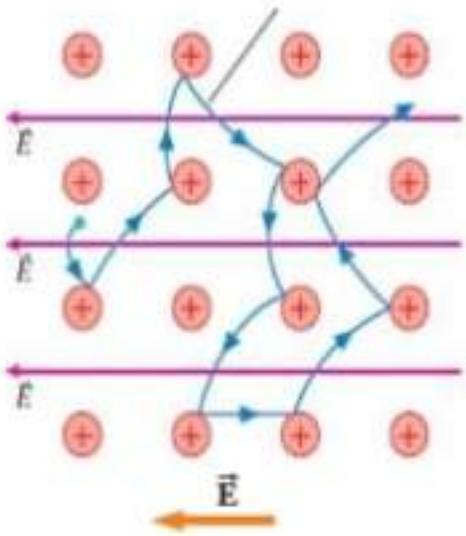
لذلك فإن مجموع الشحنات التي تخترق مقطع عرضي في موصل تساوي صفر " لا يمر تيار كهربائي "



علل : عدم مرور تيار كهربائي في موصل غير موصول بمصدر جهد رغم احتواء الموصل شحنات حرة .

بسبب غياب المجال الكهربائي فتتحرك الشحنات الحرة في الموصل حركة عشوائية في جميع الاتجاهات مما يجعل الشحنة الكلية التي تعبر مقطع عرضي للموصل = صفر .

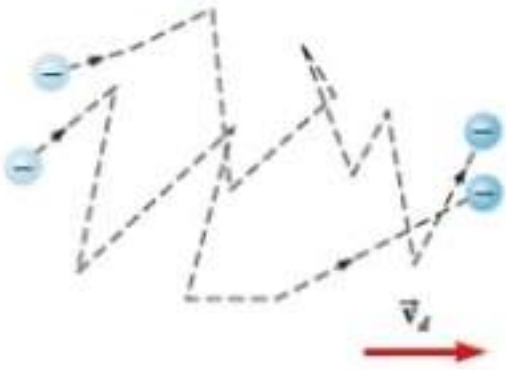
ماذا يحدث عند توصيل موصل بمصدر جهد ؟



فعند وصل طرفي الموصل بمصدر فرق جهد (بطارية) ينشأ مجال كهربائي داخل السلك وبموازاته، وهذا بدوره يؤثر بقوة في الإلكترونات الحرة لتتحرك باتجاه القطب الموجب أي باتجاه معاكس لاتجاه المجال الكهربائي، فيتولد عن حركة الإلكترونات بعكس اتجاه المجال تياراً كهربائياً مستمراً.

في الواقع، لا تتحرك الإلكترونات في خط مستقيم في الموصل، وانما تتعرض لتصادمات غير مرنة عديدة ومتكررة بذرات مادة الموصل، تكون نتيجتها حركة متعرجة للإلكترونات الحرة. وينتج عن تصادم الإلكترونات بذرات الموصل على نحو متكرر، أن تفقد جزءاً من طاقتها الحركية أو جميعها.

ما وظيفة المجال الكهربائي في الموصل ؟



يعمل المجال الكهربائي (القوة الكهربائية) بعد كل تصادم على تعويض الطاقة التي يفقدها الالكترون ليدفع الالكترونات في اتجاه معاكس له مما يجعل الالكترونات تتحرك بسرعة صغيرة تُعرف بالسرعة الانسياقية .

علل : تتحرك الالكترونات في مسارات متعرجة في الموصلات .

بسبب تصادمها مع ذرات الموصل تصادم غير مرن.

علل : ترتفع درجة حرارة الموصلات عند مرور التيار الكهربائي خلالها .

أثناء سريان التيار الكهربائي في دارة فإن الالكترونات تفقد جزء من طاقتها بفعل تصادمها مع ذرات الموصل تصادم غير مرن ينتج عنه فقد في الطاقة تؤدي لرفع درجة حرارة الموصل .

علل : السرعة الاندفاعية دائماً صغيرة لا تتعدى أجزاء من المليمتر .

لأن عدد الالكترونات في وحدة الحجم في الموصلات كبيرة جداً فتزداد احتمالية تصادم الالكترونات مع بعضها ومع ذرات الموصل مما يعيق حركتها

ما المقصود السرعة الانسياقية " الانسيابية "(v_d) ؟ (Drift Velocity)

هي السرعة التي تكتسبها الإلكترونات نتيجة دفع المجال لها في اتجاه معاكس له بعد كل تصادم مع ذرات الموصل.

أو هي متوسط سرعة الشحنات الحرة التي تشكل التيار الكهربائي في موصل.

أين تذهب الطاقة التي تفقدها الإلكترونات عند اصطدامها بذرات الموصل ؟

الطاقة الحركية التي تفقدها الإلكترونات تنتقل إلى ذرات الموصل، ممّا يؤدي إلى زيادة ارتفاع درجة حرارة الموصل.

ماذا ينشأ عن التصادمات بين الالكترونات مع بعضها البعض ومع ذرات الموصل ؟

ينشأ عن التصادمات بين الإلكترونات مع بعضها البعض ومع ذرات الموصل إعاقة حركة الإلكترونات داخل الموصل وارتفاع درجة حرارة الموصل وحركة متعرجة الإلكترونات داخل الموصل وبطئ في سرعة الإلكترونات الانسياقية.

ما المقصود بالكثافة الحجمية للشحنة الحرة (n_e) .

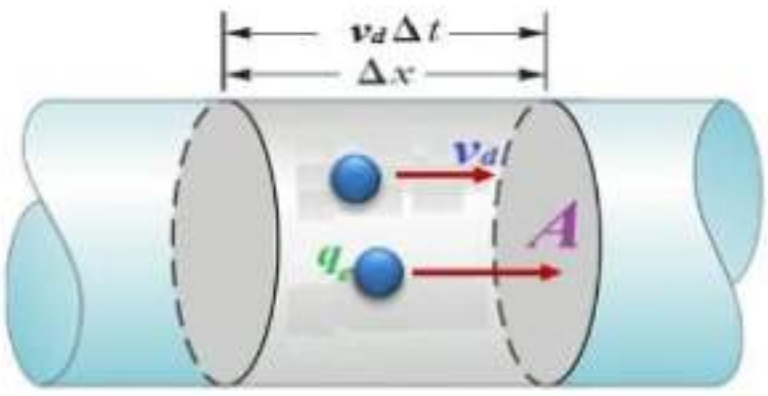
: هي عدد الشحنات الحرة أو الالكترونات الحرة لكل وحدة حجم في المادة المُوصلة .($electron/m^3$) ،

وبالتالي فإن : عدد الشحنات الحرة = الكثافة الحجمية للشحنة الحرة × الحجم . $N = n_e \times Al$

اشتق علاقة بين شدة التيار الكهربائي المار في الموصل (I) والسرعة الانسياقية (v_d):

تصور موصلاً فلزياً مساحة مقطعه العرضي (A) وطوله (Δx) وصل طرفاه بقطبي بطارية، فيتولد مجالٌ كهربائيٌ داخل الموصل يسبب حركة انسياقيه للشحنات الحرة فيه بسرعة (v_d) وأن عدد الشحنات الحرة (N) فتكون الكثافة الحجمية للشحنة ($n_e = \frac{N}{A\Delta x}$) .

فإن كمية الشحنة التي تخترق مقطع موصل = عدد الشحنات الحرة × شحنة كل إلكترون



$$\Delta Q = N \times q_e$$

$$= n_e A \Delta x q_e = n_e A v_d \Delta t q_e$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{n_e A v_d \Delta t q_e}{\Delta t}$$

$$\boxed{I = n_e A v_d q_e}$$

حيث أن : ΔQ : كمية الشحنة التي تخترق مقطع الموصل بوحدة الكولوم (C)

: N : عدد الشحنات الحرة داخل الموصل $(N = n_e \times A\Delta x)$

: $A\Delta x$: حجم الموصل .

: q_e : شحنة الإلكترون $(q_e = 1.6\times10^{-19} C)$

: n_e : الكثافة الحجمية للشحنة = عدد الشحنات لكل وحدة حجم ($electron/m^3$) .

: I : شدة التيار الكهربائي المار في الموصل .

اذكر العوامل التي يعتمد على شدة التيار المار في موصل ؟

1. الكثافة الحجمية للشحنات الحرة في الموصل .
2. مساحة مقطع الموصل .
3. السرعة الانسياقية للشحنات داخل الموصل .

✓ **مثال:** احسب السرعة الانسياقية للإلكترونات الحرة في سلك من النحاس نصف قطره ($1\ cm$) عندما يمر فيه تيارٌ شدته ($200\ A$) علماً بأن الكثافة الحجمية للإلكترونات الحرة في سلك النحاس تساوي ($8.5\times10^{28}\ electron/m^3$) .

الحل :

$$A = \pi r^2 = \pi \times 10^{-4}\ m^2$$

$$I = n_e A v_d q_e$$

$$\Rightarrow v_d = \frac{I}{n_e A q_e} = \frac{200}{8.5\times10^{28}\times\pi\times10^{-4}\times1.6\times10^{-19}} = 4.6\times10^{-5}\ m/s$$

☒ كيف تفسر الإضاءة السريعة للمصابيح الكهربائية بينما متوسط سرعة الالكترونات الانسياقية صغيرة جداً ؟

الحل : بسبب سرعة انتشار المجال الكهربائي لحظة إغلاق الدارة والتي تقارب سرعة الضوء $\left(3\times10^{8}\,m/s\right)$

بسم الله الرحمن الرحيم

الوحدة الثانية : الكهرباء المتحركة

الفصل الرابع : التيار الكهربائي والمقاومة

الدرس الثاني: المقاومة الكهربائية وقانون أوم

(Resistance and Ohm's Law)

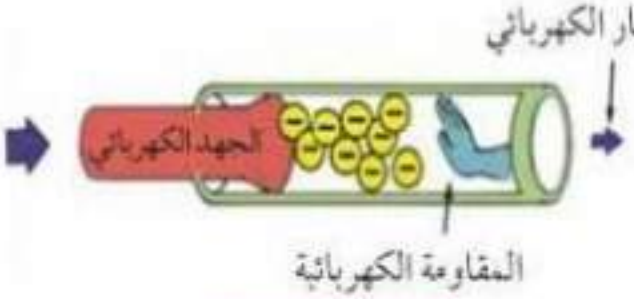
☒ إنّ المقاومة مفيدة في الدارات الكهربائية لتحويل طاقة الشحنات المتحركة إلى حرارة ولضبط شدة التيار الكهربائي وفرق الجهد لمناسبتهما الأجهزة الكهربائية المستخدمة لحماية أجزاء الدائرة الكهربائية. فما هي المقاومة الكهربائية؟ وعلى ماذا تعتمد؟وكيف تعمل؟

نشاط : المقاومة كهربائية :

للتعرف إلى المقاومة الكهربائية، أجب عن الأسئلة الآتية:

- ما المقصود بالمقاومة الكهربائية؟ وما وحدة قياسها؟
- ما استخدامات المقاومات في الدارات الكهربائية؟
- ما العوامل التي تعتمد عليها مقاومة موصل؟ اكتب الصيغة الرياضية.
- وضح المقصود بالمقاومية، والموصلية، وما العلاقة بينهما؟
- ما العلاقة بين فرق الجهد بين طرفي المقاومة وشدة التيار المار فيها؟
- صمم دارة كهربائية لإيجاد مقاومة سلك فلزي باستخدام مصدر جهد ثابت وفولتميتر وأميتر وأسلاك توصيل.

ما المقصود المقاومة الكهربائية (R) ؟ وما وحدة قياسها؟



❑ " هي الممانعة التي يلاقيها التيار الكهربائي أثناء مروره في الموصل "

وتساوي النسبة بين فرق الجهد بين طرفي الموصل وشدة التيار المار في الموصل، وتقاس بواسطة جهاز يوصل على التوازي يسمى الأوميتر ووحدة قياسها الأوم(Ω).

❑ وتستخدم المقاومة الكهربائية للتحكم في شدة التيار الكهربائي المار في الدارة.

حيث أن مقاومة موصل طوله (l) ومساحة مقطعه (A) ومقاومية مادته (ρ) تعطى بالعلاقة:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

أذكر العوامل التي تعتمد عليها مقاومة موصل (⟋⟍⟋⟍) :

1. نوع المادة
2. طول الموصل (l) (طردياً)
3. مساحة المقطع (A) (عكسياً)
4. درجة الحرارة (طردياً في الموصلات، عكسياً في أشباه الموصلات).

كلما زاد طول الموصل زاد احتمال حدوث تصادم بين الشحنات الكهربائية ودقائق الموصل، لذلك تزداد مقاومة الموصل بزيادة طوله.وكلما قلت مساحة مقطع السلك زاد احتمال حدوث تصادم بين الشحنات الكهربائية ودقائق الموصل، وبذلك تزداد مقاومة الموصل الفلزي بنقصان مساحة مقطعه.

ما المقصود بالمقاومية (المقاومة النوعية)" رو " ρ : هي مقاومة موصل منتظم المقطع طوله ($1\ m$) ومساحة مقطعه ($1\ m^2$) ووحدة قياسها ($\Omega.m$) .(المقاومة النوعية صفة مميزة للمادة عند ثبوت درجة الحرارة)

العوامل التي يتوقف عليها المقاومة النوعية

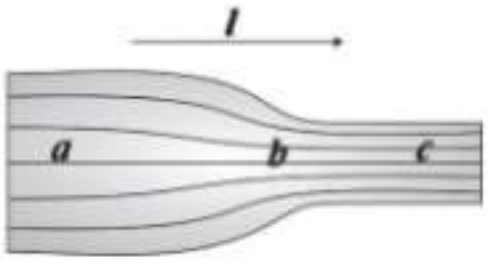
1. نوع مادة الموصل
2. درجة الحرارة

أذكر نص قانون أوم التجريبي : شدة التيار الكهربائي المار في موصل فلزي يتناسب طردياً مع فرق الجهد بين طرفيه عند ثبوت درجة حرارته.

$$V = I\,R$$

- دلت التجارب العملية أن شدة التيار الكهربائي تكون ثابتة خلال أي مقطع من الموصل الفلزي حتى لو تغيرت مساحة مقطع الموصل عند نقاط مختلفة، وذلك لأن كمية الشحنة محفوظة عند أي نقطة في الدارة المغلقة.
- اختلاف مساحة مقطع الموصلات الفلزية يؤثر على السرعة الانسياقية للشحنات الحرة عند مرور تيار كهربائي فيها؟

نشاط :كثافة التيار



- عند أية نقطة تكون شدة التيار الكهربائي أكبر؟ شدة التيار الكهربائي ثابتة.
- ما اتجاه المجال الكهربائي عبر الموصل؟ هو اتجاه حركة التيار الاصطلاحي (لليمين)
- عند أية نقطة تكون السرعة الانسياقية للشحنات أكبر؟ تتناسب السرعة الاندفاعية عكسياً مع مساحة المقطع عند ثبوت التيار فتكون السرعة الاندفاعية أكبر ما يمكن عند النقطة (C) $v_d = \dfrac{I}{n_e A q_e}$
- عند أية نقطة تكون شدة التيار الكهربائي لوحدة المساحة أكبر؟ فسر إجابتك. بثبوت شدة التيار، تكون شدة التيار لوحدة المساحة (كثافة شدة التيار $\dfrac{I}{A}$) تتناسب عكسياً مع مساحة المقطع فتكون عند النقطة (C) أكبر ما يمكن.

- لعلك لاحظت اختلاف السرعة الانسياقية للشحنات الحرة باختلاف مساحة مقطع الموصل، وأن شدة التيار الكهربائي لوحدة المساحة تزداد بنقصان مساحة الموصل .ولوصف حركة الشحنات عند نقاط مختلفة في الموصل، يُستخدم مفهوم كثافة التيار الكهربائي.

ما المقصود بكثافة شدة التيار الكهربائي (J) : هي شدة التيار الكهربائي لكل وحدة مساحة وتقاس بوحدة (A/m^2) وهي كمية فيزيائية متجهه بنفس اتجاه المجال الكهربائي (اتجاه التيار الاصطلاحي ،اتجاه حركة الشحنات الموجبة)

أوجد العلاقة بين كثافة شدة التيار الكهربائي والسرعة الانسياقية (v_d).

$$\mathbf{J} = \frac{I}{A} = \frac{n_e A v_d q_e}{A} \qquad A/m^2$$

$$\boxed{\mathbf{J} = \frac{I}{A} = n_e v_d q_e}$$

نستنتج أن كثافة التيار تعتمد على مساحة مقطع الموصل وتكون ثابتة في الموصلات منتظمة المقطع، ومتغيرة في الموصلات غير المنتظمة المقطع، ويعود ذلك لاختلاف السرعة الانسياقية للشحنات الحرة في الموصل.

✓ **مثال :** تم وصل نهاية سلك من الألمنيوم قطره ($2.5\ mm$) مع نهاية سلك آخر من النحاس قطره ($1.8\ mm$) إذا كان مقدار التيار المستمر المار خلال هذه المجموعة يساوي ($1.3\ A$) ما مقدار كثافة التيار في كل من السلكين؟

الحل:

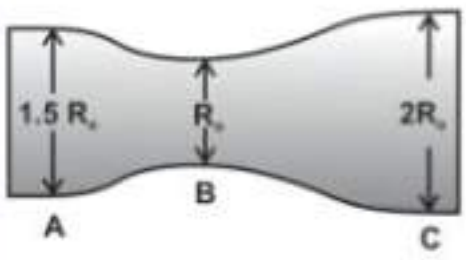
$$A_{Al} = \pi r_{Al}^2 = 3.14 \times (1.25 \times 10^{-3})^2 = 4.9 \times 10^{-6}\ m^2$$

$$A_{Cu} = \pi r_{Cu}^2 = 3.14 \times (0.9 \times 10^{-3})^2 = 2.54 \times 10^{-6}\ m^2$$

$$\Rightarrow \mathbf{J}_{Al} = \frac{I}{A_{Al}} = \frac{1.3}{4.9 \times 10^{-6}} = 2.6 \times 10^5\ A/m^2$$

$$\Rightarrow \mathbf{J}_{Cu} = \frac{I}{A_{Cu}} = \frac{1.3}{2.54 \times 10^{-6}} = 5.11 \times 10^5\ A/m^2$$

☒ يبين الشكل المجاور موصل مساحة مقطعه غير منتظمة رتب المقاطع (A , B , C) تصاعدياً من حيث:



- شدة التيار المار في كل مقطع.
- كثافة شدة التيار المار في كل مقطع.
- مقدار شدة المجال الكهربائي في كل مقطع.

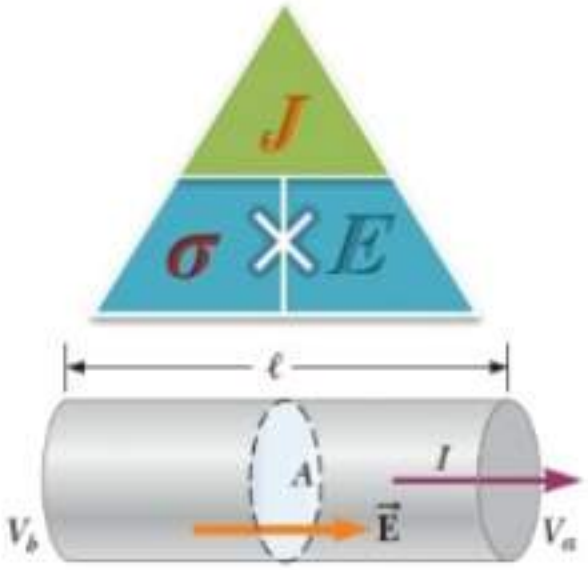
الحل : شدة التيار المار عبر المقطع ثابتة لا تعتمد على مساحة المقطع .

كثافة شدة التيار تتناسب عكسياً مع مساحة المقطع فكلما زادت مساحة المقطع قلت كثافة شدة التيار ليكون الترتيب تصاعدياً C ثم A ثم B .

كذلك شدة المجال الكهربائي تتناسب عكسياً مع مساحة المقطع فكلما زادت مساحة المقطع قلت شدة المجال الكهربائي ليكون الترتيب تصاعدياً C ثم A ثم B .شدة المجال تتناسب طردياً مع كثافة شدة التيار.

أوجد العلاقة بين كثافة شدة التيار الكهربائي في موصل وشدة المجال الكهربائي خلاله.

من قانون أوم التجريبي وبالتعويض عن المقاومة ($R = \rho \frac{l}{A}$) وعن شدة التيار ($I = \mathbf{J}\, A$)



$$\Delta V = I\, R$$

$$\Delta V = (\mathbf{J}\, A) \times (\rho \frac{l}{A})$$

$$\Rightarrow \mathbf{J} = \frac{\Delta V}{\rho l} = \sigma E$$

$$\boxed{\mathbf{J} = \sigma E}$$

حيث أن : σ : الموصلية الكهربائية ، E : شدة المجال الكهربائي $\left(E = \frac{\Delta V}{l} \right)$

أذكر نص قانون أوم النظري : كثافة شدة التيار تتناسب طردياً مع شدة المجال الكهربائي المؤثر داخل الموصلات الفلزية

ما المقصود بثابت الموصلية (σ):

هي خاصية فيزيائية مميزة للمادة وتعبر عن قدرة المادة لتوصيل التيار الكهربائي وتساوي النسبة بين كثافة التيار الكهربائي في موصل والمجال الكهربائي. ووحدة قياسها ($\Omega^{-1}\, m^{-1}$).

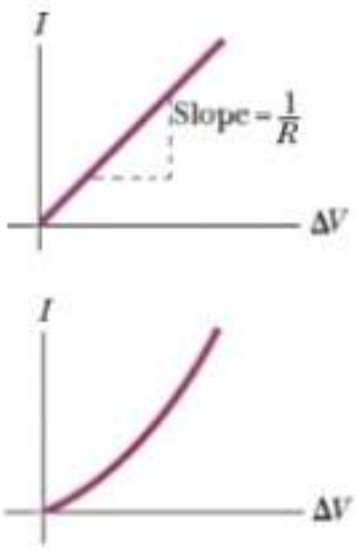
تقدر الموصلية الكهربية بمقلوب المقاومية لمادة الموصل (المقاومة النوعية للمادة معامل × التوصيل الكهربي لنفس المادة= 1).

عرف الأوم (Ω) : هو وحدة قياس مقاومة موصل ، وهي مقاومة موصل فرق الجهد بين طرفيه (1 *volt*) وشدة التيار المار فيه (1 *A*).

عرف الفولت (*volt*) : هو وحدة قياس فرق الجهد موصل ، وهو فرق جهد موصل مقاومته (1 Ω) وشدة التيار المار فيه (1 *A*). .

عرف الأمبير (*A*) : هو وحدة قياس شدة التيار الكهربائي ، وهو شدة التيار المار في موصل فرق الجهد بين طرفيه (1 *volt*) ومقاومته (1 Ω) .

ما المقصود بقولنا أن مقاومة موصل (5 Ω) ؟
معنى ذلك أن النسبة بين فرق الجهد بين طرفى الموصل وشدة التيار المار به (5 *volt/A*).



قسم المواد الموصلة من حيث توافقها مع قانون أوم :

1. موصلات ذات مقاومات خطية (أومية): الموصلات التي ينطبق عليها قانون أوم ، مثل الموصلات الفلزية ، وتكون المقاومة التي تمثل النسبة ($\frac{V}{I}$) ثابتة وتساوي مقلوب ميل الخط المستقيم ، أي أن المقاومة لا تعتمد على مقدار وقطبية الجهد الكهربائي.
2. موصلات ذات مقاومات لا خطية (غير أومية): المواد التي لا ينطبق عليها قانون أوم مثل المصابيح الكهربائية والثنائي وبعض الأجهزة التي يوجد فيها مقاومة تتغير بتغير درجة حرارتها (مقاومات حرارية) أو تتغير بتغير شدة الضوء الساقط عليها (مقاومة ضوئية) والتي تستخدم كمجسات للتغير في درجة الحرارة أو شدة الضوء وتكون النسبة ($\frac{V}{I}$) ليست ثابتة .

أي أن المقاومة تتغير بتغير فرق الجهد الكهربائي.

✓ **مثال :** موصل من الفضة مساحة مقطعه ($0.785\ mm^2$) ويحمل تياراً كهربائياً شدته ($1\ A$) إذا كانت كثافة الإلكترونات الحرة للفضة ($5.86\times10^{28}\ electron/m^3$) احسب :

أ. كثافة شدة التيار في الموصل.

ب. السرعة الانسياقية للإلكترونات الحرة فيه.

الحل :

$$A = 0.785\times10^{-6}\ m^2$$

$$\mathbf{J} = \frac{I}{A} = \frac{1}{0.785\times10^{-6}} = 1.27\times10^{6}\ A/m^2$$

$$\mathbf{J} = n_e\, v_d\, q_e$$

$$\Rightarrow v_d = \frac{\mathbf{J}}{n_e\, q_e} = \frac{1.27\times10^{6}}{5.85\times10^{28}\times1.6\times10^{-19}} = 1.35\times10^{-4}\ m/s$$

✓ **مثال :** سلك نحاسي طوله ($100\ m$) ومساحة مقطعه العرضي ($1\ mm^2$) ويحمل تياراً كهربائياً شدته ($20\ A$) إذا كانت مقاومية النحاس ($1.72\times10^{-8}\ \Omega.m$) فاحسب:

أ. شدة المجال الكهربائي المؤثر في السلك.

ب. فرق الجهد بين طرفي السلك.

ج. مقاومة السلك.

الحل :

$$\mathbf{J} = \frac{I}{A} = \frac{20}{1\times10^{-6}} = 2\times10^{7}\ A/m^{2}$$

$$\Rightarrow E = \rho \times \mathbf{J} = 1.72\times10^{-8}\times2\times10^{7} = 0.344 volt/m$$

$$\Rightarrow V = El = 0.344\times100 = 34.4\,volt$$

$$\Rightarrow R = \frac{V}{I} = \frac{34.4}{20} = 1.72\Omega$$

$$\Rightarrow R = \rho\frac{l}{A} = \frac{1.72\times10^{-8}\times100}{1\times10^{-6}} = 1.72\Omega$$

إذا كانت كثافة الإلكترونات الحرة في موصل (7.5×10^{26} *electron/m³*) ومساحة مقطعه (4×10^{-6} m^2) وشدة التيار المار فيه (2.5 A) فما مقدار سرعة الإلكترونات الحرة فيه؟

الحل :

$$I = n_e A v_d q_e$$

$$\Rightarrow v_d = \frac{I}{n_e A q_e} =$$

$$\frac{2.5}{7.5\times10^{28}\times4\times10^{-6}\times1.6\times10^{-19}} = 5.2\times10^{-5}\ m/s$$

بسم الله الرحمن الرحيم

الوحدة الثانية : الكهرباء المتحركة

الفصل الرابع : التيار الكهربائي والمقاومة

$Power = I^2R$

الدرس الثالث: الأثر الحراري للتيار الكهربائي

☒ مرور التيار الكهربائي في سلك رفيع جداً من التنجستون ملفوف على شكل حلزوني، فترتفع درجة حرارته إلى درجة التوهج، فلماذا ترتفع درجة حرارته؟

الأثر الحراري للتيار الكهربائي

إذا تحركت الشحنات تحت تأثير قوة المجال الكهربائي بين نقطتين في دارة كهربائية، فإن طاقة الوضع للشحنات تقل باستمرار حركة هذه الشحنات ويكون شغل قوة المجال الكهربائي موجباً، ويتحول هذا النقص في طاقة الوضع الكهربائية (شغل قوة المجال الكهربائي) إلى أشكال أخرى حرارية أو ضوئية أو كيميائية وغيرها.

أي أن : هذه الطاقة المستنفذة " الشغل المبذول لنقل الالكترونات (W) " = الطاقة الحرارة المتولدة في المقاومة (E_T) .

اشتق علاقة لحساب القدرة المستنفذة في المقاومة:

$$\Rightarrow W = \Delta V\, Q$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{\Delta V\, Q}{\Delta t}$$

$$Power = I\,\Delta V = I^2\,R = \frac{(\Delta V)^2}{R}$$

اذكر نص بقانون جول: معدل كمية الحرارة المتولدة في مقاومة فلزية (القدرة) تتناسب طردياً مع مربع شدة التيار المار عند ثبوت درجة الحرارة. $\left(Power = I^2\,R\right)$

ما المقصود بفرق الجهد بين طرفي موصل: الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنات من أحد طرفيه للطرف الآخر.

$$\left(\Delta V = \frac{W}{Q}\right)$$

ما المقصود بالقدرة الكهربائية : المعدل الزمني لبذل شغل (المعدل الزمني للتغير في الطاقة الحرارية) وتقاس القدرة الكهربائية بوحدة جول/ث (J/s) وتُعرف بالواط ($watt$) { $watt \equiv J/sec \equiv volt.A \equiv A^2.\Omega \equiv volt^2/\Omega$ }

❖ وأما الطاقة الحرارية المستهلكة في المقاومة ($k.watt.h$) = القدرة ($k.watt$) × الزمن (h)

$$E_{th} = Power \times \Delta t = I V\, \Delta t$$

كيف يمكن حساب تكلفة إستهلاك جهاز من الطاقة الكهربائية :

تكلفة استهلاك جهاز = الطاقة الحرارية المستهلكة ($k.watt.h$) × الثمن

= القدرة ($k.watt$) × الزمن (h) × الثمن

✓ **مثال :** وصلت مقاومة مقدارها ($545\ \Omega$) بين نقطتين فرق الجهد بينهما ($12\ volt$) ما مقدار الطاقة الكهربائية المستنفدة في المقاومة خلال ($65\ sec$) ؟

الحل :

$$E_T = Power \times \Delta t = \frac{V^2}{R}\Delta t$$

$$\Rightarrow E_T = \frac{(12)^2 \times 65}{545} = 17.1J$$

✓ **مثال :** وصل مصباح كهربائي قدرته ($5\ watt$) بين نقطتين فرق الجهد بينهما ثابت، وبعد فترة زمنية استبدل المصباح بآخر قدرته ($10\ watt$)، في أي الحالتين تكون شدة التيار أكبر؟ وأي المصباحين مقاومته أكبر؟

الحل :

$$Power_1 = I_1 V \quad \Rightarrow 5 = I_1 V \quad .....(1)$$

$$Power_2 = I_2 V \quad \Rightarrow 10 = I_2 V \quad .....(2)$$

بقسمة (1) على (2)

$$\Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{2} \Rightarrow I_2 = 2I_1$$

أي أن تيار المصباح الثاني أكبر من تيار المصباح الأول (القدرة تتناسب طردياً مع التيار عند ثبوت الجهد)

$$Power_1 = \frac{V^2}{R_1} \quad \Rightarrow 5 = \frac{V^2}{R_1} \quad .....(1)$$

$$Power_2 = \frac{V^2}{R_2} \quad \Rightarrow 10 = \frac{V^2}{R_2} \quad .....(2)$$

بقسمة (1) على (2)

$$\Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{2}{1} \Rightarrow R_2 = \frac{1}{2}R_1$$

أي أن مقاومة المصباح الثاني أقل من مقاومة المصباح الأول (القدرة تتناسب عكسياً مع المقاومة عند ثبوت الجهد)

☒ مصباح مكتوب عليه (100 *watt* , 220 *volt*) احسب:

أ. شدة التيار المار فيه.

ب. تكاليف تشغيله خلال أسبوع بمعدل (10 *h*) يومياً، علماً بأن سعر الكيلو واط ساعة (5) قروش.

ج. ما قدرته إذا تم تشغيله على جهد (110 *volt*) .

الحل :

$$Power = I\ V \Rightarrow I = \frac{Power}{V} = \frac{100}{220} = 0.45\,A$$

ب. تكاليف تشغيل الجهاز = الطاقة الحرارية المستهلكة في المقاومة (*k.watt.h*) × السعر (قرش) .

= القدرة (*k.watt*) × الزمن (*h*) × السعر (قرش) .

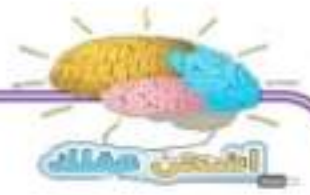
= 0.1 × 10 × 7 × 5 = 35 قرش.

ج. عند تشغيله على جهد (110 *volt*) .(قدرة الجهاز ثابتة لا تتغير بتغير فرق الجهد الموصل به)

$$R = \frac{V_1^2}{Power_1} = \frac{V_2^2}{Power_2}$$

$$\Rightarrow Power_2 = \frac{Power_1 \times V_2^2}{V_1^2} = \frac{100 \times (110)^2}{(220)^2} = 25\,watt$$

إذا قل الجهد للنصف تقل القدرة للربع.



📖 عرف الواط (*watt*): هو وحدة قياس القدرة الكهربائية، وهو القدرة المتولدة في جهاز يستهلك طاقة بمعدل (1 *J/s*).

📖 عرف الجول (*J*): هو وحدة قياس الطاقة، وهو كمية الطاقة التي يستهلكها جهاز قدرته (1 *watt*) في زمن (1 *sec*).

📖 عرف الكيلو واط.ساعة (*k.watt.h*): هو وحدة قياس الطاقة، وهو كمية الطاقة التي يستهلكها جهاز قدرته (1 *k.watt*) في زمن (1 *h*).

📖 كم جول (*J*) في وحدة قياس الطاقة الكهربائية " الكيلوواط.ساعة (*k.watt.h*)" ؟

$k.watt.h = 1000\ (watt) \times 3600\ (s) = 3.6\times10^{6}\ watt.s = 3.6\times10^{6}\ J$

📖 ما المقصود بقولنا أن مصباح كهربائي قدرته (100 *watt*) ؟

أي أن المعدل الزمني لاستهلاك الطاقة الكهربائي في المصباح (100 *J/s*).

📖 ما المقصود بقولنا أن مصباح كهربائي مكتوب عليه (100 *watt* , 220 *volt*) ؟

أي أن المصباح إذا وصل بفرق جهد (220 *volt*) فإن القدرة المستنفذة فيه (100 *watt*) ، والطاقة المستنفذة في الثانية الواحدة (100 *J*).

إذا وصل بفرق جهد أقل من (220 *volt*) يعمل المصباح بقدرة أقل من (100 *watt*) ويستنفذ طاقة أقل من (100 *J*) في الثانية الواحدة.

إذا وصل بفرق جهد أكثر من (220 *volt*) يتلف المصباح لزيادة شدة التيار المار فيه ويستهلك طاقة أكثر من (100 *J*) في الثانية مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة فتيلته إلى أن تنصهر.

📖 علل: لزيادة الطاقة الحرارية الناتجة عن المدفأة الكهربائية نقوم بتقليل مقاومة سلكها.

لان التقليل من مقاومة السلك يؤدي الي زيادة التيار على اعتبار ان فرق الجهد ثابت وهذا يعني زيادة في عدد الالكترونات المارة في هذا السلك وبالتالي تزيد سعة اهتزاز الذرات وتصادم الالكترونات بالذرات وهذا يؤدي الى رفع درجة الحرارة لأنه يؤدي إلى اكتساب الذرات لطاقة حرارية ناتجة عن تصادمها بالإلكترونات.

📖 علل : يتوهج سلك التنجستون عند إيصاله بتيار كهربائي .

لأن سلك التنجستون ذو مقاومة كبيرة جداً مما يحول أغلب التيار المار فيه إلى طاقة حرارية يسبب في توهج واحمرار السلك.

📖 علل: وجود مقاومات في الدوائر الكهربائية مع أنها تسبب هدراً للطاقة .

لحماية الأجهزة الكهربائية من التلف وكذلك للتحكم في شدة التيار.

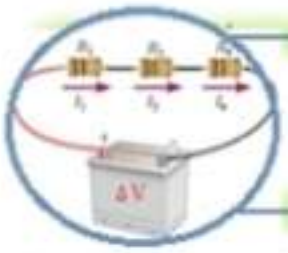
📖 علل: وجود مراوح تهوية في بعض الأجهزة الكهربائية .

لتقليل درجة الحرارة المقاومة فيقل هدر الطاقة.

بسم الله الرحمن الرحيم

الوحدة الثانية : الكهرباء المتحركة

الفصل الرابع : التيار الكهربائي والمقاومة



الدرس الرابع: طرق توصيل المقاومات

❖ في كثير من الأحيان يلزم تثبيت مقدار التيار أو تجزئته بين عدة مقاومات كذلك توزيع الجهد بينها.

ويتم التحكم في ذلك بطريقة توصيل تلك المقاومات فكيف توصل المقاومات في دارة كهربائية؟

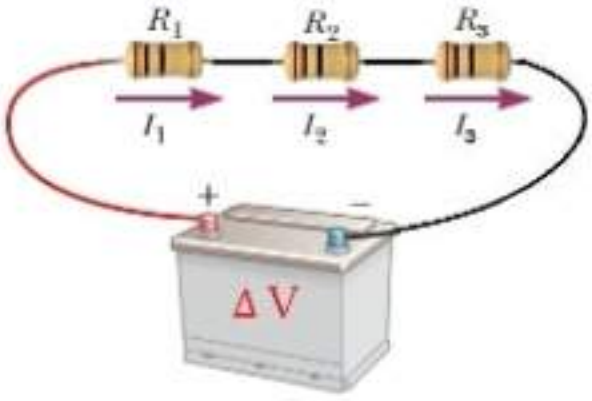
أذكر طرق توصيل المقاومات في الدوائر الكهربائية :

1- توصيل المقاومات على التوالي:

❖ تُوصل المقاومات على التوالي بحيث توصل نهاية الأولى مع بداية الثانية وهكذا.

❖ الغرض من توصيل المقاومات على التوالي الحصول على مقاومة كبيرة من مجموعة مقاومات صغيرة، وتجزئ فرق الجهد لحماية الأجهزة من الجهد العالي.

نشاط :توصيل المقاومات على التوالي:



- تعرف قيم ثلاث مقاومات مختلفة من ألوانها أو بالملتميتر
- صل مقاومتين منهما على التوالي وقم بقياس المقاومة بين طرفيهما باستخدام الملتميتر .ماذا تلاحظ؟
- صل ثلاث مقاومات على التوالي وقم بقياس المقاومة الكلية باستخدام الملتميتر .ماذا تلاحظ؟
- اربط المقاومات الثلاث مع بطارية كما في واستخدم الملتميتر لقياس تيار كل منها، ماذا تلاحظ؟
- استخدم الملتميتر لقياس فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة على حدة وبين طرفي المقاومات الموصولة، ماذا تلاحظ؟

✓ نلاحظ أنه عند قياس قيمة المقاومة باستخدام الملتميتر في حالة وصل المقاومتان معاً أن المقاومة الكلية = مجموع قيمتيهما. وكذلك عن وصل المقاومات الثلاثة تصبح المقاومة الكلية - مجموع قيم المقاومات الثلاثة. فنستنتج أن المقاومة المكافئة لعدة مقاومات موصلة معاً على التوالي = مجموع قيم المقاومات.

✓ ونلاحظ عند استخدام الملتميتر لقياس تيار كل مقاومة أن شدة التيار المار في المقاومات الثلاثة ثابتة ويساوي شدة التيار المار فيهم معاً (تيار البطارية). فنستنتج أن شدة التيار الكهربائي المسحوب من المصدر = تيار كل مقاومة على حدا. (قانون حفظ الشحنة) .

✓ ونلاحظ عند استخدام الملتميتر لقياس فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة وبين طرفي المقاومات الثلاثة معاً أن فرق جهد بين طرفي المقاومات الثلاثة (جهد البطارية) = مجموع فروق الجهد بين طرفي كل مقاومة على حدا. فنستنتج أن فرق جهد المصدر يوزع على المقاومات الثلاثة معاً، بحيث يتناسب الجهد طردياً مع قيمة المقاومة (المقاومة الأكبر تستنفذ أكثر جهد).

أثبت أن المقاومة المكافئة لعدة مقاومات موصلة على التوالي تعطى بالعلاقة :

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

الحل :

من نتائج النشاط السابق :

$$I_{eq} = I_1 = I_2 = I_3$$

$$V_{eq} = V_1 + V_2 + V_3$$

باستخدام قانون أوم التجريبي : $[V = I\,R]$

$$\Rightarrow I_{eq} R_{eq} = I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3$$

$$\Rightarrow R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

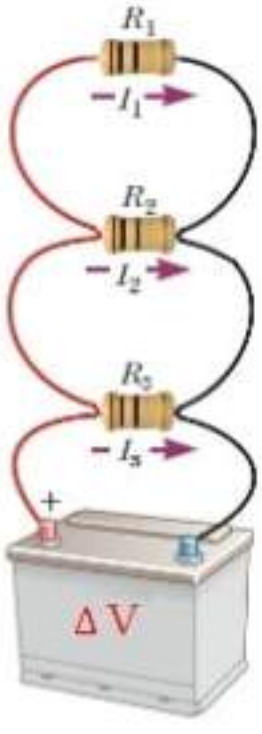
(إذا مر نفس التيار في مقاومتين متجاورتين فإنهما موصلتين على التوالي والعكس صحيح)

2- توصيل المقاومات على التوازي :

❖ تُوصل المقاومات على التوازي بحيث يوصل أحد طرفي المقاومات الثلاثة معاً والأطراف الأخرى معاً.

❖ الغرض من توصيل المقاومات على التوازي الحصول على مقاومة صغيرة من مجموعة مقاومات كبيرة ،وتجزئ التيار ويكون فرق الجهد ثابت لجميع الأجهزة.

نشاط : توصيل المقاومات على التوازي:



- تعرف قيم ثلاث مقاومات مختلفة من ألوانها أو بالملتميتر
- صل مقاومتين منهما على التوازي وقم بقياس المقاومة بين طرفيهما معاً باستخدام الملتميتر .ماذا تلاحظ؟
- صل ثلاث مقاومات على التوازي وقم بقياس المقاومة الكلية بين أطرافهم معاً باستخدام الملتميتر .ماذا تلاحظ؟
- اربط المقاومات الثلاث مع بطارية كما في واستخدم الملتميتر لقياس تيار كل منها، ماذا تلاحظ؟
- استخدم الملتميتر لقياس فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة على حدة وبين طرفي المقاومات الموصولة، ماذا تلاحظ؟

✓ نلاحظ أنه عند قياس قيمة المقاومة باستخدام الملتميتر في حالة وصل المقاومتان معاً أن المقاومة الكلية تكون أصغر من كل منهما على حدا. وكذلك عن وصل المقاومات الثلاثة تصبح المقاومة الكلية تكون أصغر من كل منهم على حدا. فنستنتج أن المقاومة المكافئة لعدة مقاومات موصلة معاً على التوازي تكون أصغر من كل مقاومة على حدا.

✓ ونلاحظ عند استخدام الملتميتر لقياس تيار كل مقاومة أن شدة التيار المار في المقاومات الثلاثة معاً = مجموع شدة التيار المار في كل مقاومة على حدا. فنستنتج أن شدة التيار الكهربائي المسحوب من مصدر الجهد يوزع على المقاومات الثلاثة معاً بحيث يتناسب التيار عكسياً مع قيمة المقاومة (المقاومة الأكبر تمرر أقل تيار).

✓ ونلاحظ عند استخدام الملتميتر لقياس فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة وبين طرفي المقاومات الثلاثة معاً أن فرق جهد بين طرفي المقاومات الثلاثة ثابت = فرق الجهد بين أطراف المقاومات الثلاثة معاً (جهد البطارية) . فنستنتج أن فرق الجهد الكلي (جهد البطارية) = فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة على حدا .

أثبت أن المقاومة المكافئة لعدة مقاومات موصلة على التوازي تعطى بالعلاقة :

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

الحل :

من نتائج النشاط السابق :

$$V_{eq} = V_1 = V_2 = V_3$$

$$I_{eq} = I_1 + I_2 + I_3$$

باستخدام قانون أوم التجريبي : $\left[I = \frac{V}{R} \right]$

$$\Rightarrow \frac{V_{eq}}{R_{eq}} = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

☒ وازن بين توصيل المقاومات على التوالي وتوصيلها على التوازي من حيث:

1- شدة التيار المار في كل مقاومة.

2- فرق الجهد الكهربائي بين طرفي كل مقاومة.

الحل :

وجه المقارنة	توصيل المقاومات على التوالي	توصيل المقاومات على التوازي
شدة التيار المار في كل مقاومة	شدة التيار متساوية في جميع المقاومات	التيار الكلي في الدارة يوزع على المقاومات بحيث يساوي مجموع تياراتها.
فرق الجهد الكهربائي بين طرفي كل مقاومة	فرق الجهد الكلي يساوي مجموع فروق الجهود لكل مقاومة	فرق الجهد متساوي في جميع المقاومات
قيمة المقاومة المكافئة	مجموع قيم المقاومات معاً	أقل من أصغر مقاومة في المقاومات

❖ القدرة الكهربائية الكلية المستنفدة من البطارية تساوي مجموع القدرات المستهلكة في كل مقاومة على حده، وذلك لأن مصدر الطاقة هو المسئول عن بذل الشغل لدفع التيار الكهربائي في جميع المقاومات في الدارة، وأن طريقة توصيل المقاومات في الدارة تؤثر في توزيع الجهد أو التيار الكهربائي بين المقاومات في الدارة.

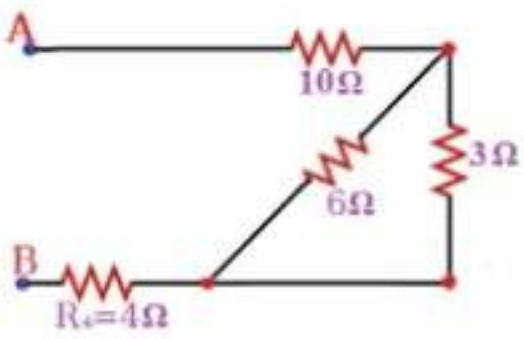
حالات خاصة:

- إذا وصلت عدد (N) من المقاومات المتساوية قيمة كل منها (R) على التوالي فإن المكافئة: $R_{eq} = N\,R$
- إذا وصلت عدد (N) من المقاومات المتساوية قيمة كل منها (R) على التوالي فإن المكافئة: $R_{eq} = \dfrac{R}{N}$
- إذا وصلت مقاومتين أحدهما عدد من أضعاف الأخرى على التوازي فإن المكافئة = الأكبر / (عدد الأضعاف+1) .
- إذا وصلت مقاومتين مختلفتين على التوازي فإن المكافئة = حاصل ضربهما/حاصل جمعهما : $R_{eq} = \dfrac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$
- إذا زادت قيمة المقاومة الكلية في الدارة للضعف مع ثبات الجهد فإن التيار يقل للنصف والعكس صحيح.
- إذا وصلت مقاومتين مختلفتين على التوازي فإن شدة التيار المار في كل مقاومة تحسب من العلاقات الآتية.

$$\left.\begin{aligned} V_{eq} &= V_1 = V_2 \\ I_{eq}R_{eq} &= I_1R_1 = I_2R_2 \end{aligned}\right| \Rightarrow \left|\begin{aligned} \frac{I_1}{I_2} &= \frac{R_2}{R_1} \\ I_1 &= \frac{I_{eq}R_{eq}}{R_1} \\ I_1 &= \frac{I_{eq}R_2}{R_1 + R_2} \end{aligned}\right.$$

كيفية اختزال المقاومات:

1. نبدأ الاختزال من الجزء المغلق في الدائرة بعيدا عن المصدر.
2. إذا مر التيار الكهربي في فرع دون أن يتجزأ فإن التوصيل توالى.
3. إذا تجزأ التيار فإن العناصر بين نقطتي التجزئة والتجميع على التوازي.
4. عند اختزال جزء يحذف وتضاف المقاومة الكلية.
5. إذا كان التوصيل على التوازي بين مقاومة وسلك يمر التيار الكهربي في السلك ولا يمر في المقاومة وبالتالي لا يتم حساب المقاومة المتصلة على التوازي مع سلك. وإذا لم يُكن السلك موصل على التوازي يمكن حذفه وتوصيل طرفاه معاً لتبسيط الدارة.



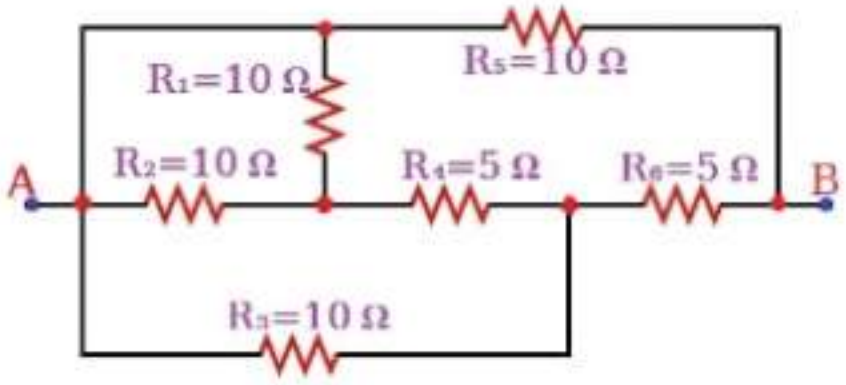
✓ **مثال :** احسب المقاومة المكافئة بين النقطتين (A , B) لمجموعة المقاومات المبينة في الشكل المجاور.

الحل:

المقاومتان $(3\Omega,6\Omega)$ موصلتان توازي فتكون المكافئة (2Ω).

المقاومات $(10\Omega,2\Omega,4\Omega)$ موصلة توالي فتكون المكافئة $(R_{eq}=16\Omega)$.

✓ **مثال :** احسب المقاومة المكافئة بين النقطتين (A , B) لمجموعة المقاومات المبينة في الشكل المجاور.



الحل:

المقاومتان (R_1,R_2) موصلتان توازي فتكون المكافئة $(R'=5\Omega)$.

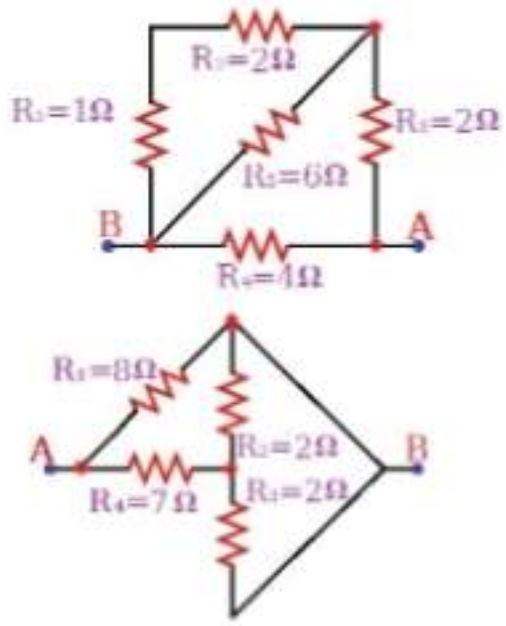
المقاومتان (R',R_4) موصلتان توالي فتكون المكافئة $(R''=10\Omega)$.

المقاومتان (R'',R_3) موصلتان توازي فتكون المكافئة $(R'''=5\Omega)$.

المقاومتان (R''',R_6) موصلتان توالي فتكون المكافئة $(R''''=10\Omega)$.

المقاومتان (R'''',R_5) موصلتان توازي فتكون المكافئة $(R_{eq}=5\Omega)$.

احسب المقاومة المكافئة بين النقطتين (A , B) لمجموعة المقاومات المبينة في الأشكال المجاورة.



الحل : الشكل الأول :

المقاومتان (R_1, R_2) موصلتان توالي فتكون المكافئة $(R' = 3\,\Omega)$.

المقاومتان (R', R_5) موصلتان توازي فتكون المكافئة $(R'' = 2\,\Omega)$.

المقاومتان (R'', R_3) موصلتان توالي فتكون المكافئة $(R''' = 4\,\Omega)$.

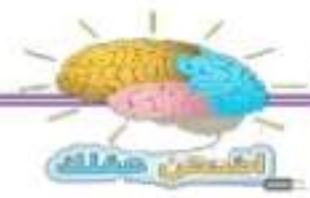
المقاومتان (R''', R_4) موصلتان توازي فتكون المكافئة $(R_{eq} = 2\,\Omega)$.

الشكل الثاني :

المقاومتان (R_3, R_2) موصلتان توازي فتكون المكافئة $(R' = 1\,\Omega)$.

المقاومتان (R', R_4) موصلتان توالي فتكون المكافئة $(R'' = 8\,\Omega)$.

المقاومتان (R'', R_1) موصلتان توازي فتكون المكافئة $(R_{eq} = 4\,\Omega)$.



علل : في مجموعة المقاومات الموصلة على التوازي ، تكون المقاومة الأقل قيمة هي الأكثر استهلاكاً للقدرة .

المقاومات على التوازي متساوية في الجهد، والعلاقة عكسية بين القدرة والمقاومة عند ثبوت الجهد: $Power = V^2/R$

علل : في مجموعة المقاومات الموصلة على التوالي ، تكون المقاومة الاكبر قيمة هي الأكثر استهلاكاً للقدرة .

المقاومات المتصلة على التوالي متساوية في التيار، والعلاقة طردية بين القدرة والمقاومة عند ثبوت التيار: $Power = I^2R$

علل : تضع شركة الكهرباء مقويات كلما ابتعدت المنازل عن المولدات .

لأن جزء من الطاقة الكهربائية تستنفذ في مقاومة الأسلاك، وكلما زاد طول السلك زادت المقاومة وبالتالي استهلكت طاقة أكبر، فنحتاج إلى مقويات للتيار.

علل :تزداد القدرة الكهربية المسحوبة من المصدر وذلك عند توصيل عدة مقاومات على التوازي؟

بسبب صغر المقاومة الكلية يؤدي لزيادة التيار المسحوب من المصدر وبالتالي تزداد القدرة المستنفذة $Power = I^2R$

كذلك تقل المقاومة الكلية والجهد على التوازي ثابت وبالتالي تزداد القدرة المستنفذة $Power = V^2/R$

علل : تتناسب المقاومة طردياً مع طول السلك ؟

السلك الطويل يعمل كمجموعة من المقاومات موصلة على التوالي فتزداد المقاومة .

علل: تتناسب المقاومة عكسياً مع مساحة المقطع؟

لأن السلك السميك يعمل كمجموعة من المقاومات الموصلة على التوازي وتوصيل التوازي يقلل المقاومة .

بسم الله الرحمن الرحيم

الوحدة الثانية : الكهرباء المتحركة

الفصل الرابع : التيار الكهربائي والمقاومة

أسئلة الفصل الأول : التيار الكهربائي

س1 : اختر الإجابة الصحيحة فيما يأتي :

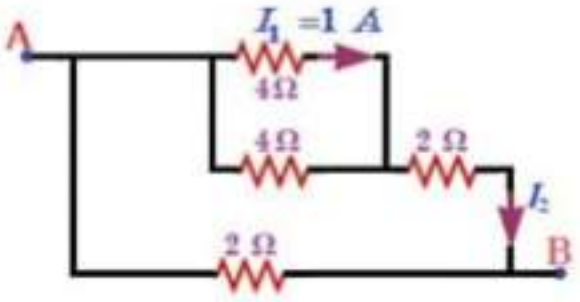
1. تعتمد مقاومية السلك عند ثبوت درجة حرارته على:

أ. مقاومته　　ب. طوله　　ج. مساحة مقطعه العرضي　　د. نوع مادته

2. ما عدد الالكترونات التي تعبر مقطع موصل يمر به تيار شدته ($2\ A$) خلال ثانيتين؟

أ. 2.5×10^{19}　　ب. 25×10^{19}　　ج. 6.25×10^{18}　　د. 1.25×10^{18}

3. يمثل الشكل المجاور جزءاً من دارة كهربائية، إذا كانت شدة التيار المار في المقاومة ($4\ \Omega$) تساوي ($1\ A$) ، فما شدة التيار (I_2) بوحدة (A) ؟



أ. 1　　ب. 2
ج. 3　　د. 4

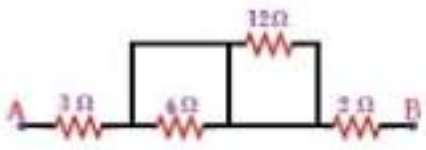
4. عند زيادة فرق الجهد بين طرفي سلك فلزي (مقاومه أومية) ، فإن:

أ. شدة التيار الكهربائي المار فيه تقل　　ب. مقاومية مادة السلك تزداد
ج. مقاومة السلك تبقى ثابتة　　د. شدة المجال الكهربائي فيه تبقى ثابتة

5. وصل مصباح كهربائي مكتوب عليه ($220\ volt$, $100\ watt$) بمصدر فرق جهد يعطي ($175\ volt$) ما القدرة الكهربائية للمصباح بوحدة ($watt$) ؟

أ. 63　　ب. 80　　ج. 100　　د. 175

6. في الشكل المجاور، ما مقدار المقاومة المكافئة بين (A , B) بوحدة (Ω) ؟



أ. 5　　ب. 6　　ج. 2　　د. 3

س2 : وضح المقصود بالمصطلحات الآتية :

- **السرعة الإنسياقية**: هي السرعة التي تكتسبها الإلكترونات نتيجة دفع المجال لها في اتجاه معاكس له بعد كل تصادم مع ذرات الموصل. أو هي متوسط سرعة الشحنات الحرة التي تشكل التيار الكهربائي في موصل.
- **كثافة التيار**: هي شدة التيار الكهربائي لكل وحدة مساحة وتقاس بوحدة (A/m^2) وهي كمية فيزيائية متجهه بنفس اتجاه المجال الكهربائي (اتجاه التيار الاصطلاحي، اتجاه حركة الشحنات الموجبة)
- **الموصلية**: هي خاصية فيزيائية مميزة للمادة وتعبر عن قدرة المادة لتوصيل التيار الكهربائي وتساوي النسبة بين كثافة التيار الكهربائي في موصل والمجال الكهربائي. وتعتمد على نوع المادة ودرجة الحرارة، ووحدة قياسها ($\Omega^{-1}\ m^{-1}$).

س3 : علل ما يأتي :

أ. تكون السرعة الإنسياقية صغيرة جداً.

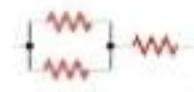
لأن عدد الالكترونات في وحدة الحجم في الموصلات كبيرة جداً فتزداد احتمالية تصادم الالكترونات مع بعضها ومع ذرات الموصل مما يعيق حركتها

ب. تضيء المصابيح الكهربائية بشكل سريع لحظة اغلاق الدارة رغم بعدها عن مصدر فرق الجهد.

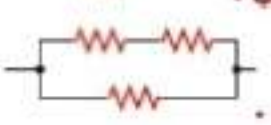
بسبب سرعة انتشار المجال الكهربائي لحظة إغلاق الدارة والتي تقارب سرعة الضوء $(3\times10^8 m/s)$

س4 : لديك ثلاث مقاومات متساوية مقدار كل منها (12 Ω) بين طريقة توصيلها مع الرسم لتصبح المقاومة المكافئة لها :

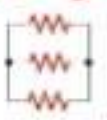
1. (36 Ω) : توصل جميعها على التوالي .



2. (18 Ω) : مقاومتين توازي مع الأخرى على التوالي .

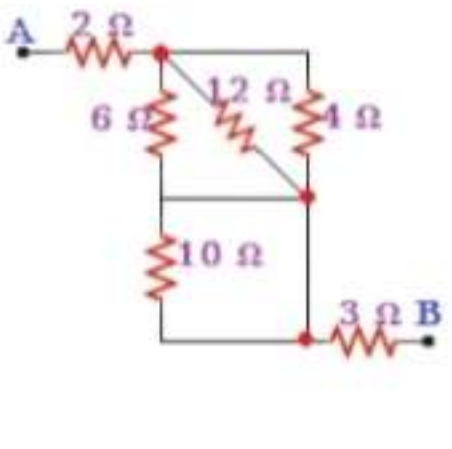


3. (8 Ω) : مقاومتين توالي مع الأخرى على التوازي .



4. (4 Ω) : توصل جميعها على التوازي .

س5 : أوجد مقدار المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات الموصولة بين النقطتين (A , B) في الشكل المجاور.



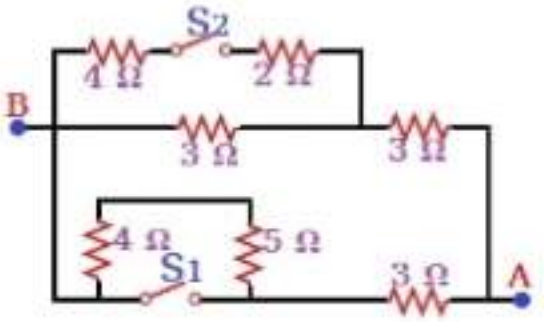
الحل:

المقاومات $(6\Omega,12\Omega,4\Omega)$ موصلة توازي فتكون المكافئة (2Ω).

المقاومة (10Ω) تحذف ، لأنه لا يمر فيها تيار حيث أنها موصلة مع سلك على التوازي .

فتصبح المقاومات $(2\Omega,2\Omega,3\Omega)$ موصلة توالي فتكون المكافئة (7Ω).

س6 : في الشكل المجاور، احسب المقاومة المكافئة بين النقطتين (B , A)، وذلك عندما يكون :



1. (S_1 ,S_2) مفتوحين :

لا يمر تيار في الفرع العلوي ،

الفرع الأوسط : المقاومتان $(3\Omega,3\Omega)$ موصلة توالي فتكون المكافئة (6Ω).

الفرع السفلي : المقاومات $(3\Omega,5\Omega,4\Omega)$ موصلة توالي فتكون المكافئة (12Ω).

المقاومتان $(12\Omega,6\Omega)$ موصلة توازي فتكون المكافئة (4Ω).

2. (S_1) مغلقاً فقط :

لا يمر تيار في الفرع العلوي ،

الفرع الأوسط : المقاومتان $(3\Omega,3\Omega)$ موصلة توالي فتكون المكافئة (6Ω).

الفرع السفلي : لا يمر تيار في المقاومتان $(5\Omega,4\Omega)$ ، فتكون المكافئة (3Ω).

المقاومتان $(3\Omega,6\Omega)$ موصلة توازي فتكون المكافئة (2Ω).

3. (S_2) مغلقاً فقط :

الفرع العلوي : المقاومتان $(4\Omega,2\Omega)$ موصلة توالي فتكون المكافئة (6Ω).

المقاومتان $(3\Omega,6\Omega)$ موصلة توازي فتكون المكافئة (2Ω).

الفرع الأوسط : المقاومتان $(3\Omega,2\Omega)$ موصلة توالي فتكون المكافئة (5Ω).

الفرع السفلي : المقاومات $(3\Omega,5\Omega,4\Omega)$ موصلة توالي فتكون المكافئة (12Ω).

المقاومتان $(12\Omega,5\Omega)$ موصلة توازي فتكون المكافئة $\left(\frac{60}{17}\Omega\right)$.

4. (S_1, S_2) مغلقين :

الفرع العلوي : المقاومتان $(4\Omega,2\Omega)$ موصلة توالي فتكون المكافئة (6Ω).

المقاومتان $(3\Omega,6\Omega)$ موصلة توازي فتكون المكافئة (2Ω).

الفرع الأوسط : المقاومتان $(3\Omega,2\Omega)$ موصلة توالي فتكون المكافئة (5Ω).

الفرع السفلي : لا يمر تيار في المقاومتان $(5\Omega,4\Omega)$ ، فتكون المكافئة (3Ω).

المقاومتان $(3\Omega,5\Omega)$ موصلة توازي فتكون المكافئة $\left(\frac{15}{8}\Omega\right)$.

س7 : وصلت مقاومتان على التوالي، فكانت مقاومتهما المكافئة **(25 Ω)** وعندما وصلتا معًا على التوازي، أصبحت المقاومة المكافئة لهما **(4 Ω)** احسب مقدار كلتا المقا ومتين.

الحل:

$$R_1 + R_2 = 25\Omega \quad .....(1)$$

$$\frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = 4\Omega$$

$$\Rightarrow \frac{R_1 \times R_2}{25} = 4\Omega \quad \Rightarrow R_1 \times R_2 = 100 \quad .....(2)$$

بحل المعادلتين معاً:

$$R_1(25 - R_1) = 100 \quad \Rightarrow R_1^2 - 25R_1 + 100 = 0$$

$$\Rightarrow (R_1 - 5)(R_1 - 20) = 0 \Rightarrow \begin{matrix} R_1 = 20 & , R_2 = 5 \\ R_1 = 5 & , R_2 = 20 \end{matrix}$$

س8 : سخان ماء كهربائي قدرته **(3000 *volt*)** ويعمل على فرق جهد مقداره **(200 *volt*)**، احسب:

أ. شدة التيار المار فيه.

ب. مقاومة سلك السخان الكهربائي.

ج. الطاقة المستهلكة إذا تم تشغيله ساعتين يوميًا خلال شهر.

د. تكاليف استخدامه لمدة ساعتين يوميًا خلال شهر، علمًا بأن ثمن الكيلو واط ساعة**(10)** قروش؟

الحل:

$$Power = I\,\Delta V \Rightarrow I = \frac{Power}{\Delta V} = \frac{3000}{200} = 15\,A$$

$$R = \frac{\Delta V}{I} = \frac{200}{15} = 13.3\Omega$$

$$E_T = Power \times \Delta t = 3 \times 2 \times 30 = 180 k.watt.h$$

د. تكاليف تشغيل الجهاز = الطاقة الحرارية المستهلكة في المقاومة $(k.watt.h)$ × السعر (قرش) .

= القدرة ($k.watt$) × الزمن (h) × السعر (قرش) .
= 3 × 2 × 30 × 10 = 1800 قرش.

س9 : سلك نحاسي طوله ($100\ m$) ومساحة مقطعه العرضي ($1\ mm^2$) ويحمل تياراً كهربائياً شدته ($20\ A$) إذا كانت مقاومية النحاس ($1.72\times10^{-8}\ \Omega.m$) والكثافة الحجمية للإلكترونات الحرة فيه ($8.4\times10^{28}\ electron/m^3$) فاحسب:

أ. كثافة شدة التيار الكهربائي.
ب. السرعة الإنسياقية.
ج. مقاومة السلك.
د. فرق الجهد بين طرفي السلك.
هـ. شدة المجال الكهربائي .

الحل :

$$\mathbf{J}=\frac{I}{A}=\frac{20}{1\times10^{-6}}=2\times10^{7}\ A/m^2$$

$$\Rightarrow \mathbf{J}=n_e\,v_d\,q_e$$

$$\Rightarrow v_d=\frac{\mathbf{J}}{n_e\,q_e}=\frac{2\times10^{7}}{8.4\times10^{28}\times1.6\times10^{-19}}=0.15\times10^{-2}\,m/s$$

$$\Rightarrow R=\rho\frac{l}{A}=\frac{1.72\times10^{-8}\times100}{1\times10^{-6}}=1.72\Omega$$

$$\Rightarrow V=I\,R=20\times1.72=34.4\,volt$$

$$\Rightarrow E=\rho\times\mathbf{J}=1.72\times10^{-8}\times2\times10^{7}=0.344\,volt/m$$

$$\Rightarrow E=\frac{V}{l}=\frac{34.4}{100}=0.344\,volt/m$$