الفصل الأول

التيار الكهربي وقانون أوم وقانونا كيرشوف

- الدرس 1: من بداية الفصل إلى ما قبل توصيل المقاومات
- الدرس 2: من توصيل المقاومات إلى ما قبل قانون أوم للدوائر المغلقة
- الدرس 3: من قانون أوم للدوائر المغلقة إلى ما قبل قانونا كيرشوف
- الدرس 4: من قانونا كيرشوف إلى نهاية الفصل

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

من: بداية الفصل
إلى: ما قبل توصيل المقاومات

التيار الكهربي وقانون أوم

مقدمة لقد تعلمت في السنوات السابقة بعض المفاهيم عن الكهربية التيارية وسوف نتذكر منها الآتي:

بعض المفاهيم عن الكهربية التيارية

1. شدة التيار الكهربى
2. فرق الجهد الكهربى
3. المقاومة الكهربية

1 شدة التيار الكهربي

– يعتمد مرور التيار الكهربي في الموصلات المعدنية على وجود إلكترونات حرة تتحرك داخل المادة الموصلة فتسمح بمرور **التيار الكهربي**.

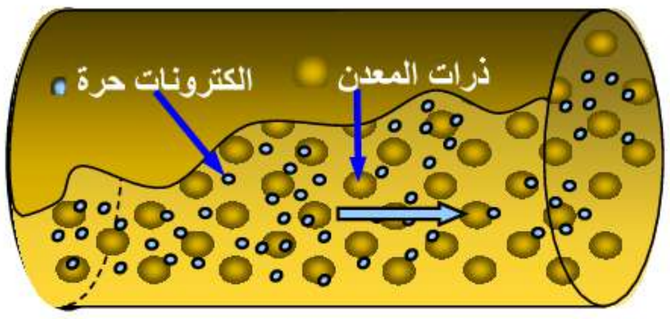
التيار الكهربى

هو فيض من الشحنات الكهربية تسري خلال الموصل

تذكر أن

يلزم لمرور تيار كهربي وجود مصـــدر تيار كهربي (بطارية) متصل بدائرة مغلقة بأسلاك توصيل.

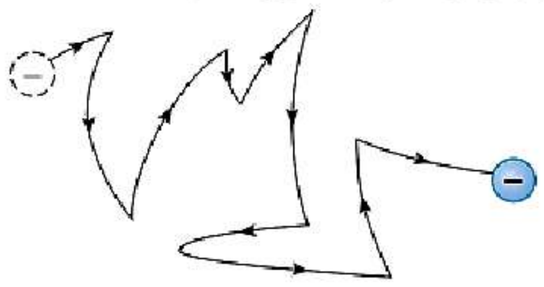
– **وقد تمكن العلماء من الحصول على نوعين من التيار الكهربي وهما:**



▲ سلك معدني يوضح حركة الالكترونات بين الذرات

لاحظ أن

تمثيل تخطيطي للمتعرج لحركـة الإلكترون في الموصـل. التغييرات في الاتجاه هي نتيجة التصـادم بين الإلكترون والذرات فى الموصل.



أنواع التيار الكهربي

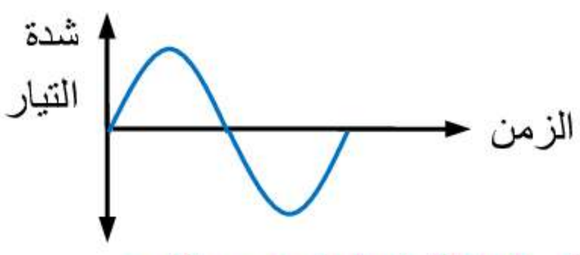
1. التيار المستمر (D.C)

هو تيار ثابت الشـدة والاتجاه ونحصـل عليه من **البطاريات (ومولدات التيار المستمر)**.

▲ ثبات شدة التيار المستمر بمرور الزمن

2. التيار المتردد (A.C)

هو تيار متغير الشـدة والاتجاه ونحصـل عليه من **مولدات التيار المتردد**.



▲ تغير شدة التيار المتردد مع الزمن

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

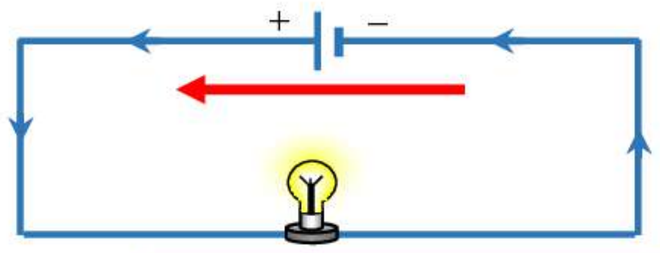
– وقد اصطلح على أن التيار الكهربي يسري من القطب الموجب إلى القطب السالب خارج المصدر ويسمى الاتجاه التقليدي للتيار وعكس اتجاه الإلكترونات (الاتجاه الفعلي للتيار)

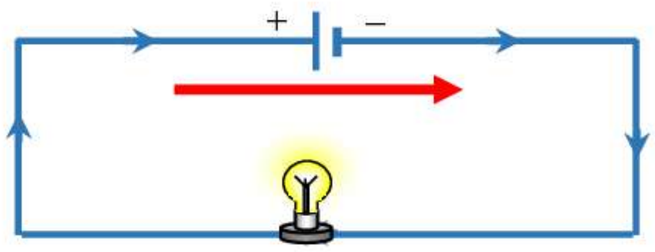
الاتجاه التقليدي(اصطلاحى) للتيار

هو اتجاه حركة الشحنات الموجبة من القطب الموجب إلى القطب السالب خارج المصدر الكهربي.

الاتجاه الفعلى (الالكترونى) للتيار

اتجاه حركة الشحنات السالبة من القطب السالب إلى القطب الموجب خارج المصدر الكهربي.





ملاحظة ... !!

الاتجاه التقليدي هو الاتجاه الذي سنأخذ به في الدوائر الكهربية.

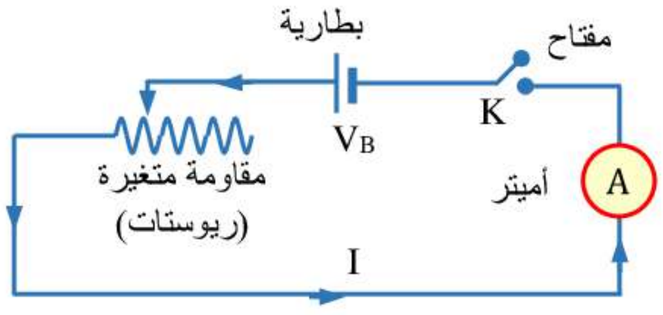
شروط مرور التيار الكهربي

1. وجود بطارية أو أي مصدر آخر للكهربية.
2. وجود دائرة مغلقة (مسار مغلق يسمح بمرور التيار).

إمسح

العناصر الأساسية المكونة لدائرة كهربية بسيطة

1. **مصدر كهربي (بطارية):** يعمل كمضخة لدفع الشحنات للمرور في الدائرة (أي مصدر لإكساب الالكترونات الطاقة).
2. **مقاومة متغيرة (ريوستات):** للتحكم في شدة التيار المار في الدائرة.
3. **أميتر:** لقياس شدة التيار الكهربي.
4. **مفتاح:** لغلق وفتح الدائرة.
5. **أسلاك توصيل:** لتكوين مسار مغلق.



– تُعبر شدة التيار عن كمية الشحنات الكهربية التي تمر عبر مقطع موصل خلال ثانية واحدة.

شدة التيار الكهربى (I)

تقدر بكمية الكهربية المارة خلال مقطع موصل في زمن قدره 1 ثانية.

العالم أمبير

تتعين شدة التيار الكهربي (I) المار في موصل من العلاقة:

$$I = \frac{Q}{t}$$

حيث : (Q) هي كمية الكهربية ووحدة قياسها الكولوم (C)،
(t) هو الزمن ووحدة قياسه الثانية (s).

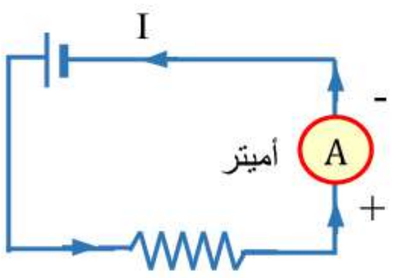
وحدة قياسها: الأمبير (A) ويكافئ: كولوم/ ثانية ($A = C.s^{-1}$)

◄مما سبق يمكن تعريف الأمبير والكولوم كما يلي:

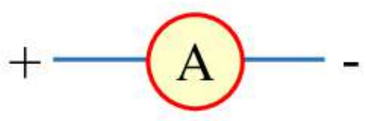
الأمبير

شدة التيار الناتج عن سريان كمية كهربية مقدارها 1 كولوم خلال مقطع موصل في زمن قدره 1 ثانية.

$$1ampere = \frac{1coulomb}{1second}$$



جهاز قياسها: الأميتر ويوصل على التوالي كما بالشكل.



ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

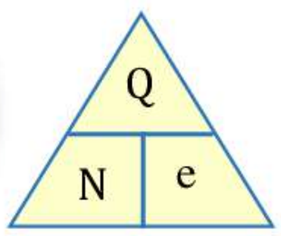
الكولوم

مقدار الشحنة الكهربية التي عند مرورها خلال مقطع موصل في زمن قدره 1 ثانية ينتج عنها تيار كهربي شدته 1 أمبير.

☜ **يمكن حساب عدد الالكترونات (N) المارة عبر مقطع معين من موصل من العلاقة:**

$$N = \frac{Q}{e}$$

العالم كولوم



حيث : (Q) هي كمية الكهربية ووحدة قياسها الكولوم (C)،

(N) عدد الالكترونات، (e) شحنة الالكترون.

☜ **لاحظ أن:** شحنة الإلكترون مقدار ثابت وتساوي ($e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$)

مثال 1

إذا مر 10^{18} إلكترون عبر مقطع من موصل في الدقيقة، احسب شدة التيار المار في الدائرة.
علماً بأن شحنة الإلكترون ($e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$)

المعطيات

$N = 10^{18}$ الكترون
$e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$
$t = 1 \times 60 = 60s$

الإجابة

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{Ne}{t} = \frac{10^{18} \times 1.6 \times 10^{-19}}{1 \times 60} = \mathbf{2.666 \times 10^{-3} A}$$

مثال 2

إذا كانت شدة التيار المار في موصل هو 5 أمبير، احسب كمية الكهربية التي تمر خلال مقطع من الموصل في نصف دقيقة ثم احسب عدد الالكترونات التي تمر خلال هذا المقطع في نفس الزمن. علماً بأن شحنة الإلكترون ($e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$)

المعطيات

$I = 5A$
$e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$
$t = 0.5 \times 60 = 30s$

الإجابة

$$Q = I.t = 5 \times (0.5 \times 60) = \mathbf{150\ C}$$

$$N = \frac{Q}{e} = \frac{150}{1.6 \times 10^{-19}} = \mathbf{9.375 \times 10^{20}\ \textit{electron}}$$

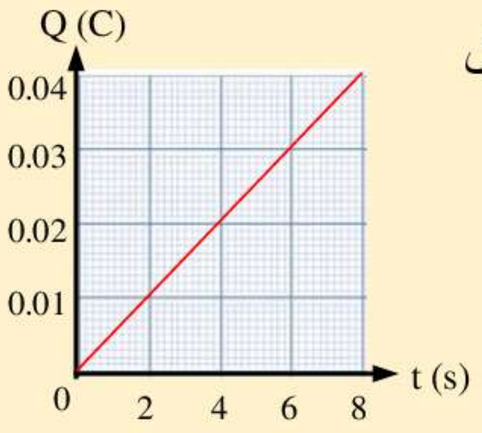
فكر وجاوب

مجاب عنه

اختر:

الرسم لبياني المقابل يمثل العلاقة بين كمية الشحنة الكهربية المارة خلال مقطع من موصل

، والزمن ، تكون شدة التيار المار في الموصل .....



أ) 5×10^{-3} A
ب) 5 A
ج) 10 A
د) 20 A

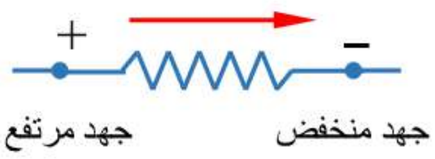
ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

الدرس ①

2 فرق الجهد الكهربي

- لانتقال الشحنات الكهربية من نقطة لأخرى لابد من وجود فرق في الجهد الكهربي (الضغط الكهربي) بين النقطتين، فيمر التيار الكهربي من الجهد الأعلى إلى الجهد الأقل.

إمسح



فرق الجهد الكهربى (V)

مقدار الشغل المبذول لنقل كمية كهربية مقدارها 1كولوم بين النقطتين.

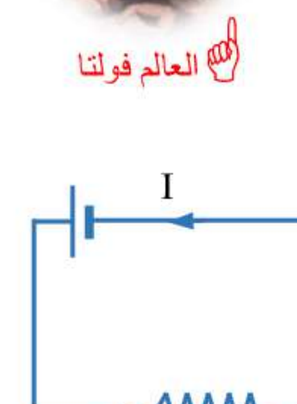
يتعين فرق الجهد الكهربي (V) من العلاقة :

$$V = \frac{W}{Q}$$

حيث : (W) الشغل المبذول ووحدة قياسه الجول (J)،

(Q) كمية الكهربية ووحدة قياسه الكولوم (C).

وحدة قياسه: الفولت (V) ويكافئ: جول/ كولوم ($V = J.C^{-1}$)



العالم فولتا

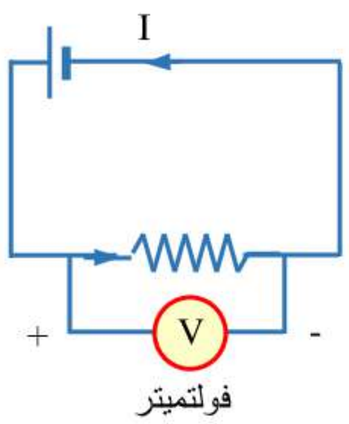
◄مما سبق يمكن تعريف الفولت كما يلي:

الفولت

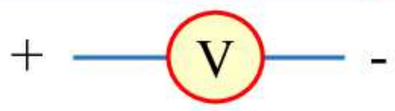
هو فرق الجهد بين نقطتين عندما يلزم بذل شغل مقداره 1 جول لنقل كمية كهربية مقدارها 1 كولوم بين هاتين النقطتين.

$$1volt = \frac{1joule}{1coulomb}$$

جهاز قياسه: الفولتميتر ويوصل على التوازي كما بالشكل.



فولتميتر



تذكر أن

أ -عندما يكون جهد نقطتين في موصل متساوي لا يبذل شغل لنقل الشحنات بين النقطتين ولا يمر تيار كهربي.

ب -عندما يكون جهد نقطتين في موصل مختلف يبذل شغل لنقل الشحنات بين النقطتين ويمر تيار كهربي من النقطة الأعلى جهداً الى النقطة الأقل جهداً

اتجاه مرور التيار الكهربي

مثال 3

إذا كان الشغل المبذول لنقل 100 إلكترون بين نقطتين هو 16×10^{-18} جول احسب فرق الجهد بين النقطتين، علماً بأن شحنة الإلكترون ($e = 1.6 \times 10^{-19}$ C)

المعطيات

N =100 الكترون
$W = 16 \times 10^{-18}$ J
$e = 1.6 \times 10^{-19}$ C

الإجابة

$$V = \frac{W}{Q} = \frac{W}{Ne} = \frac{16 \times 10^{-18}}{100 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 1V$$

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

القوة الدافعة الكهربية

- تعمل البطارية في الدائرة عمل المضخة أي تدفع الشحنات من أحد طرفيها وتسحبها من الطرف الآخر.

القوة الدافعة الكهربية (V_B)

مقدار الشـغل الكلي اللازم لنقل كمية كهربية قدرها واحد كولوم خلال الدائرة خارج وداخل المصـدر خلال دورة كاملة.

$$V_B = \frac{W_{كلى}}{Q}$$

وحدة قياسها: الفولت. **جهاز قياسها :** الفولتميتر.

3 المقاومة الكهربية

- عند سريان تيار كهربي خلال مادة ما تتولد قوة تعوق وتقاوم حركة شحنات التيار تنشأ عن احتكاك واصطدام شحنات التيار مع بعضها البعض ومع ذرات وأيونات الموصل.
- تعرف هذه القوة التي تعوق حركة الشحنات باسم **المقاومة الكهربية.**

إمسح

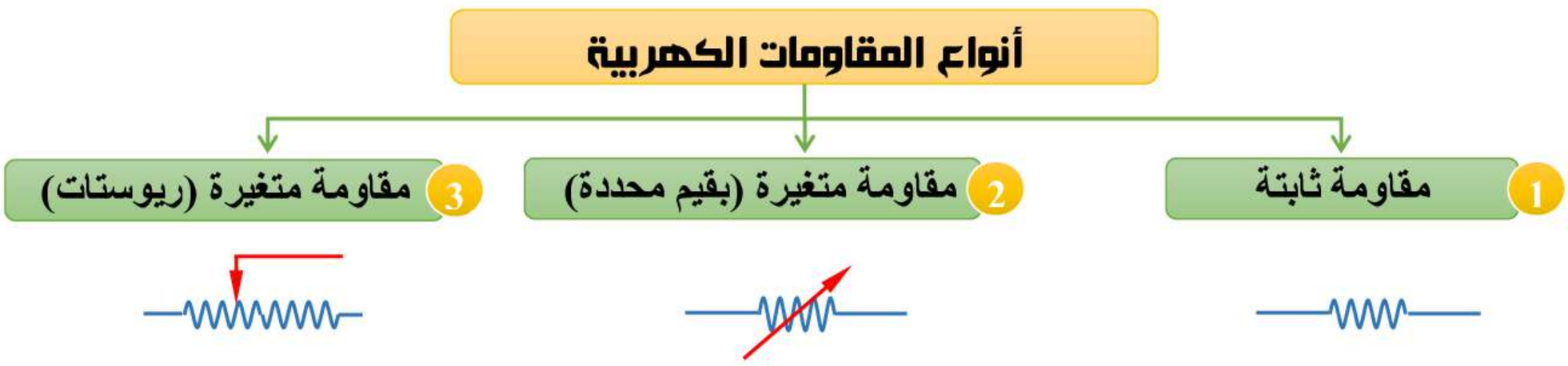
- تختلف المواد عن بعضها البعض في مقاومتها للتيار الكهربي حيث توجد:

أ) مواد جيدة التوصيل (موصلات): هي مواد مقاومتها صغيرة نسبياً للتيار الكهربي.

وذلك لوفرة الإلكترونات الحرة بها مثل الفلزات (نحاس، الومنيوم، حديد، .....)

ب) مواد غير جيدة التوصيل (عازلات): هي مواد مقاومتها كبيرة للتيار الكهربي.

وذلك لندرة الالكترونات الحرة بها مثل اللافلزات (الخشب والزجاج والمطاط والغازات).



أضرار المقاومة الكهربية.

- تسبب فقد جزء من الطاقة الكهربية على صورة طاقة حرارية مما يؤدي إلى تسخين الأسلاك والأجهزة وقد تؤدي إلى تلف الأجهزة.

أهمية المقاومة الكهربية.

- التحكم في شدة التيار المار في الدوائر الكهربية وذلك لحمايتها من التلف.
- الاستفادة من الطاقة الحرارية المتولدة في صناعة الأجهزة مثل السخان والمكواة والمصابيح الكهربية العادية.

خلى بالك

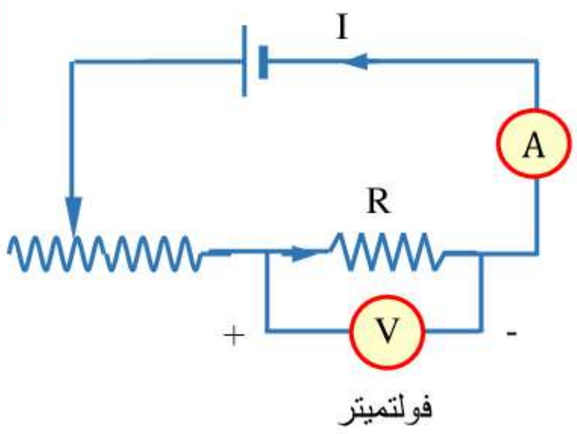
- يلقى التيار مقاومة عند مروره في الموصلات ؟

بسبب احتكاك واصطدام شحنات التيار مع بعضها البعض ومع ذرات وأيونات الموصل

الدرس ①

قانون أوم

عند استخدام الدائرة المقابلة لإيجاد العلاقة بين فرق الجهد بين طرفي موصل (V) وشدة التيار المار فيه (I) **نجد أن:**

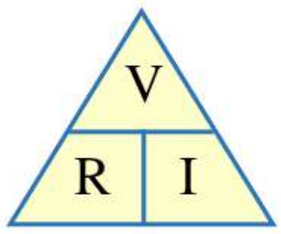


فولتميتر

شدة التيار المار في موصل تتناسب طردياً مع فرق الجهد بين طرفي الموصل عند ثبوت درجة الحرارة.

$$\because V \propto I \quad \Rightarrow \therefore V = const.\, I \quad \Rightarrow \quad \therefore V = IR$$

◈ **الصيغة الرياضية لقانون أوم:** $V = IR$

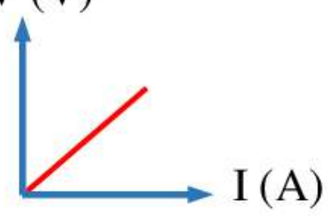


◈ **قانون حسابها:** $R = \frac{V}{I}$

◈ **وحدة قياسها:** الأوم (Ω) ويكافئ فولت/أمبير.

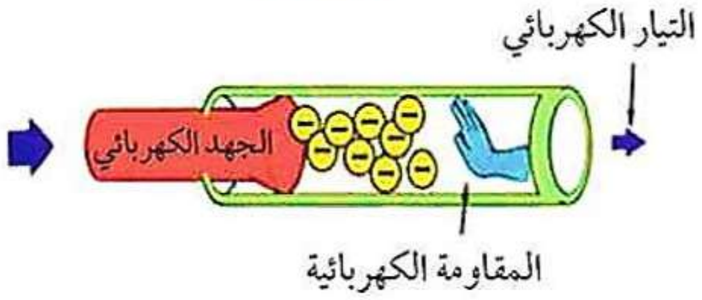
◈ **جهاز قياسها:** الأوميتر.

العالم أوم



المقاومة الكهربية (R)

هي الممانعة التي يلقاها التيار الكهربي عند مروره في الموصل **أو** هي النسبة بين فرق الجهد بين طرفي الموصل بالفولت إلى شدة التيار المار فيه بالأمبير.



خلى بالك

- **يلزم بذل شغل لنقل شحنة كهربية بين نقطتين في دائرة كهربية.** ليتغلب على المقاومة الكهربية بين النقطتين.

الأوم

هو مقاومة موصل يمر به تيار شدته 1 أمبير عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه 1 فولت.

$$1\Omega = \frac{1V}{1A}$$

ماذا يحدث ...؟

1) لشدة التيار الكهربي المار في دائرة إذا زادت المقاومة الكهربية للضعف.
جـ: تقل شدة التيار الى النصف عند ثبوت فرق الجهد

2) لشدة التيار الكهربي المار في دائرة إذا قلت المقاومة الكهربية للربع
جـ: تزداد شدة التيار الي أربع أمثالها عند ثبوت فرق الجهد

تذكر أن

$$\because I \propto \frac{1}{R} \Rightarrow \therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

مثال 4

موصل كهربي يمر به شحنة كهربية مقدارها 600C خلال دقيقة، إذا كان فرق الجهد بين طرفيه 300V ، احسب مقاومته.

المعطيات

Q = 600 C
t = 1×60 = 60s
V=300V

الإجابة

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{600}{1\times60} = \mathbf{10A}$$

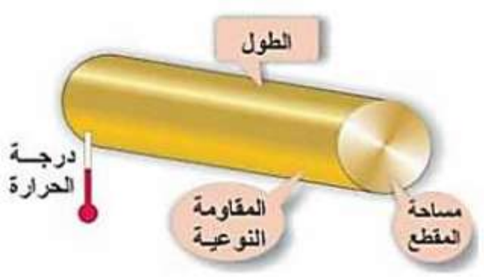
$$R = \frac{V}{I} = \frac{300}{10} = \mathbf{30\Omega}$$

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

استنتاج المقاومة الكهربية لموصل

من خلال دراسة المقاومة الكهربية بالتجارب والملاحظات يتضح أن المقاومة الكهربية لموصل:

- تتناسب المقاومة الكهربية لموصل طردياً مع طول الموصل: $R \propto \ell$
- تتناسب المقاومة الكهربية لموصل عكسياً مع مساحة مقطع الموصل: $R \propto \frac{1}{A}$



$$\because R \propto \frac{\ell}{A} \qquad \therefore R = \text{const.}\frac{\ell}{A}$$

$$\therefore R = \rho_e \frac{\ell}{A}$$

حيث: (ρ_e) كمية فيزيائية ثابتة للمادة الواحدة عند ثبوت درجة الحرارة وتسمى **المقاومة النوعية لمادة الموصل.**

- **إذا كان السلك ذو مقطع دائري** فإن مساحة مقطعه (A) تحسب من العلاقة: $A = \pi r^2$

$$\therefore R = \frac{\rho_e \ell}{\pi r^2}$$

حيث: مضاعفة نصف قطر سلك من النحاس يؤدي إلى نقصان مقاومته الكهربية إلى الربع؟

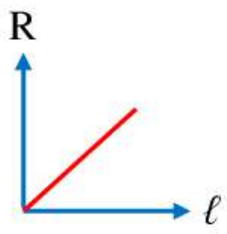
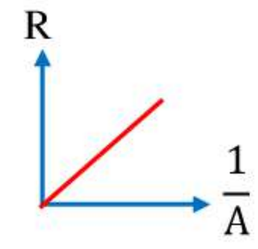
لأن المقاومة الكهربية تتناسب عكسيا مع مربع نصف القطر $R = \frac{\rho_e \ell}{\pi r^2}$

- **يمكن حساب مقاومة سلك أسطواني الشكل أيضا بمعلومية الحجم والكثافة والكتلة من العلاقة:**

من العلاقة السابقة بضرب البسط والمقام في (ℓ) :

$$R = \frac{\rho_e \ell \ell}{A\ell} = \frac{\rho_e \ell^2}{V_{ol}} \quad \text{OR} \quad \because V_{o\ell} = \frac{m}{\rho} \quad , \quad \therefore R = \frac{\rho_e \rho \ell^2}{m}$$

العوامل التي تتوقف عليها المقاومة الكهربية لموصل

العوامل	الشكل البياني	القانون ودلالة الميل
❶ طول الموصل (ℓ) (علاقة طردية)		$R = \frac{\rho_e \ell}{A}$ $\therefore \text{slope} = \frac{R}{\ell} = \frac{\rho_e}{A}$
❷ مساحة مقطع الموصل (A) (علاقة عكسية)		$R = \frac{\rho_e \ell}{A}$ $\therefore \text{slope} = RA = \rho_e \ell$
❸ نوع مادة الموصل ❹ درجة الحرارة	----	----

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

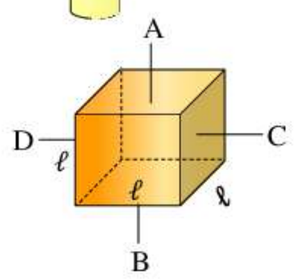
خلي بالك

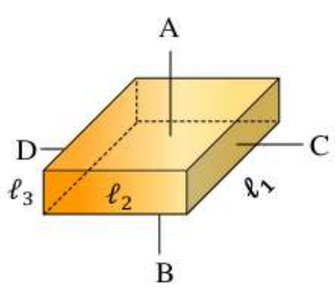
❶ تزداد مقاومة موصل فلزي عند ارتفاع درجة حرارته؟ لأن ارتفاع درجة الحرارة يعمل على زيادة سرعة اهتزاز جزيئاته فتزداد الممانعة لسريان الإلكترونات خلاله.

❷ متوازي المستطيلات المعدني له أكثر من مقاومة بينما المكعب المعدني له مقاومة واحدة؟

- لأن أطوال أضلاع متوازي المستطيلات مختلفة فتختلف مساحة أوجهه وبالتالي تختلف المقاومة تبعا لطريقة التوصيل،
- بينما في المكعب تتساوى أطوال الأضلاع فتتساوى مساحة أوجهه فلا تتغير مقاومته مهما تغيرت طريقة التوصيل

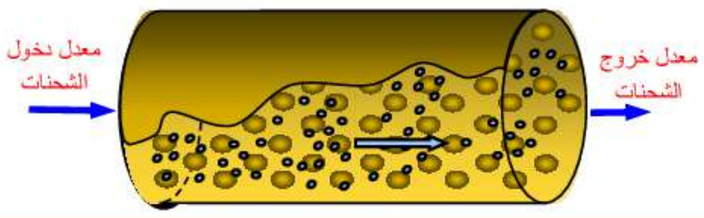
(وذلك كله تبعاً للعلاقة: $R = \rho_e \frac{\ell}{A}$)





❸ لا يشحن سلك بالكهرباء عند مرور تيار كهربي فيه؟

لأن التيار الكهربي عبارة عن شحنات تدخل من طرف وتخرج بنفس المعدل من الطرف الآخر فيظل عدد الشحنات الحرة على السلك ثابت.

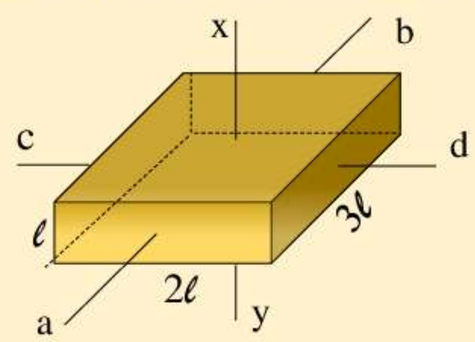


فكر وجواب

مجاب عنه

اختر:

مكعب معدني على شكل متوازي مستطيلات أبعاده (ℓ ، 2ℓ ، 3ℓ) يستخدم كموصل ، تكون مقاومته أقل ما يمكن عندما يتم توصيله من الوجهين .....



أ) ab ب) cd حـ) xy د) أي وجهين

المقاومة النوعية لمادة موصل (ρ_e)

المقاومة النوعية لمادة موصل

تقدر بمقاومة موصل طوله 1 متر ومساحة مقطعه1 متر^2 عند درجة حرارة معينة.

قانون حسابها: $\rho_e = \frac{RA}{\ell}$

وحدة قياسها: أوم. متر ($\Omega.m$) ويكافئ (فولت.متر/أمبير).

العوامل التي تتوقف عليها: ❶ نوع مادة الموصل ❷ درجة الحرارة.

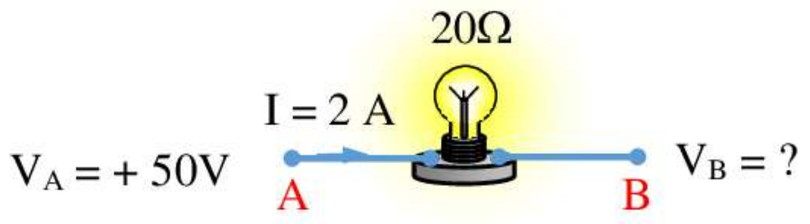
إمسح

تذكر أن

لحساب جهد النقطة B في الشكل التالي نجد أن فرق الجهد بين نقطتين (A ، B) هو (V_{AB}) يحسب من العلاقة:

$V_{AB} = V_A - V_B \Rightarrow \therefore IR = V_A - V_B$

$2 \times 20 = 50 - V_B \Rightarrow \therefore V_B = +10\ V$



ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

التوصيلية الكهربية لمادة موصل (σ)

التوصيلية الكهربية لمادة موصل

مقلوب مقاومة موصل طوله 1 متر ومساحة مقطعه 1 متر^2 عند درجة حرارة معينة

أو

"مقلوب المقاومة النوعية لمادة موصل"

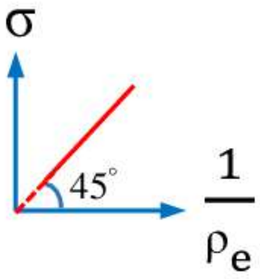
◈ **قانون حسابها:**

$$\sigma = \frac{1}{\rho_e} = \frac{\ell}{RA}$$

◈ **وحدة قياسها:** أوم$^{-1}$. متر$^{-1}$ ($\Omega^{-1}.m^{-1}$) ويكافئ (أمبير/ فولت.متر).

◈ **العوامل التي تتوقف عليها:** ❶ نوع مادة الموصل ❷ درجة الحرارة.

◈ **التمثيل البياني للعلاقة بين المقاومة النوعية والتوصيلية الكهربية كما بالشكل المقابل:**



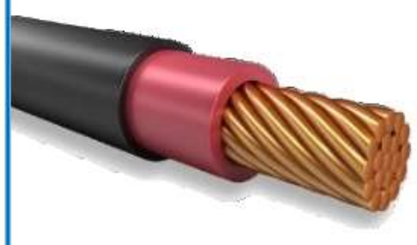
$$\text{Slope} = \sigma \times \rho_e = 1$$

خلى بالك

❶ **المقاومة النوعية خاصية مميزة للمادة؟** لأنها تتوقف على نوع المادة ودرجة الحرارة حيث لا توجد مادتان لهما نفس المقاومة النوعية.

❷ **التوصيلية الكهربية خاصية فيزيائية مميزة للمادة؟** لأن التوصيلية الكهربية = مقلوب المقاومة النوعية للمادة والتي لا تتغير إلا بتغير نوع المادة ودرجة الحرارة.

❸ **حاصل ضرب المقاومة النوعية للمادة × معامل التوصيل الكهربي للمادة = 1** لأن المقاومة النوعية = مقلوب التوصيلية الكهربية: $\rho_e = \frac{1}{\sigma}$



❹ **تصنع كابلات نقل التيار الكهربي من النحاس؟** لأن المقاومة النوعية للنحاس صغيرة وبالتالي تكون مقاومة الأسلاك المصنوعة منه صغيرة أي أن التوصيلية الكهربية للنحاس كبيرة فيقل الفقد في الطاقة الكهربية.

❺ **بارتفاع درجة حرارة الموصل:** 1) تزداد مقاومة الموصل وتزداد مقاومته النوعية.

2) تقل التوصيلية الكهربية لمادته.

❻ **إذا أعيد تشكيل سلك معدني (أو سحب السلك بانتظام) فإن:**

(1) حجم السلك قبل السحب = حجم السلك بعد السحب

(2) مقدار الزيادة في الطول تعادل مقدار النقص في مساحة المقطع

(3) النسبة بين القطرين كالنسبة بين نصفي قطريهما.

$$V_{ol1} = V_{ol2}$$

$$A_1\ell_1 = A_2\ell_2$$

$$\frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

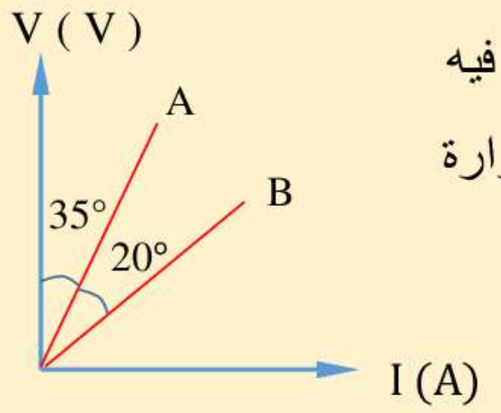
$$\therefore \ell \propto \frac{1}{A}$$

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

فكر وجاوب ؟ مجاب عنه

اختر:

① في الشكل المقابل علاقة بيانية بين فرق الجهد بين طرفي موصل وشدة التيار المار فيه



فإذا كان الموصلان (A ، B) لهم نفس المادة ونفس الطول وعند نفس درجة الحرارة

تكون النسبة بين نصفي قطريهما $\frac{r_A}{r_B}$ .....

أ) $\frac{1}{2}$ ب) $\sqrt{2}$ ج) $\frac{1}{\sqrt{2}}$ د) 4

② إذا زادت مساحة المقطع أربعة أمثال وزاد الطول للضعف فأن مقاومته ..... ومقاومته النوعية .....

أ) تقل للنصف – تزداد للضعف ب) تقل للنصف – تظل ثابته

ج) تزداد للضعف – تقل للنصف د) تقل للربع – تظل ثابته

③ سحب السلك المعدني بإنتظام (أعيد تشكيله) فزاد طوله بحيث أصبح ثلاث أمثال طوله الأصلي فإن مقاومته الكهربية ..... ومقاومته النوعية .....

أ) تزداد الى تسع أمثالها – تزداد للضعف ب) تقل للربع – تظل ثابته

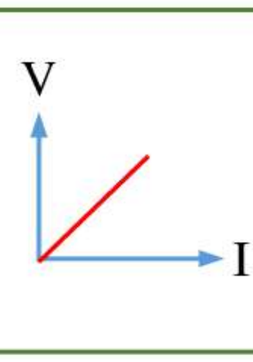
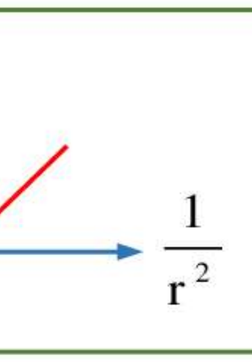
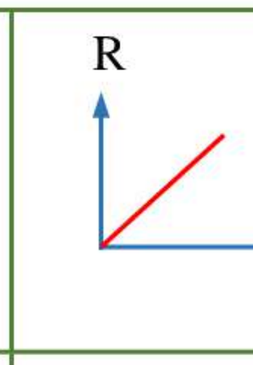
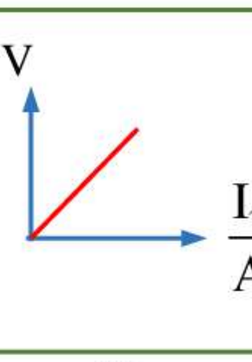
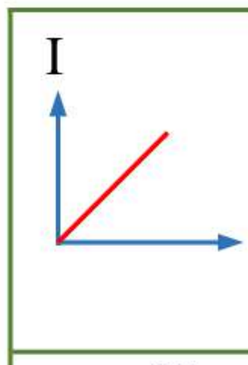
ج) تزداد للضعف – تقل للربع د) تزداد الى تسع أمثالها – تظل ثابته

④ زيادة شدة التيار المار في الموصل للضعف أو زيادة فرق الجهد للضعف فإن مقاومته الكهربية.....

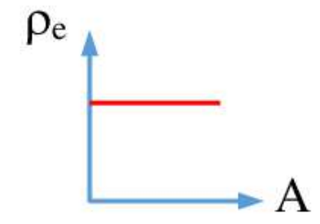
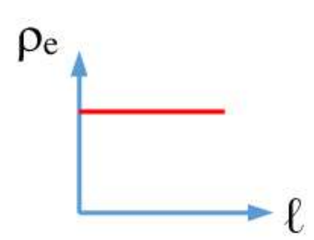
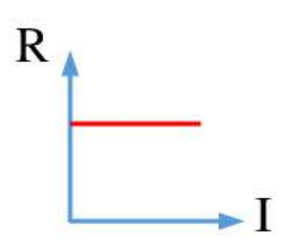
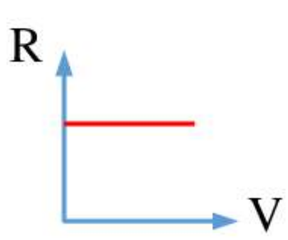
أ) تقل للنصف ب) تزداد للضعف

ج) تظل ثابته د) تقل للربع

بعض العلاقات البيانية الهامة

العلاقة البيانية					
العلاقة	$V = IR$	$R = \rho_e \frac{\ell}{\pi r^2}$	$R = \rho_e \frac{\ell}{A}$	$R = \frac{V}{I} = \frac{\rho_e \ell}{A}$	$R = \frac{V}{I} = \frac{\rho_e \ell}{A}$
ما يساويه الميل	$slope = \frac{V}{I} = R$	$Slope = Rr^2 = \rho_e \frac{\ell}{\pi}$	$Slope = \frac{RA}{\ell} = \rho_e$	$Slope = \frac{VA}{I\ell} = \frac{RA}{\ell} = \rho_e$	$Slope = \frac{I\ell}{VA} = \frac{\ell}{RA} = \sigma$

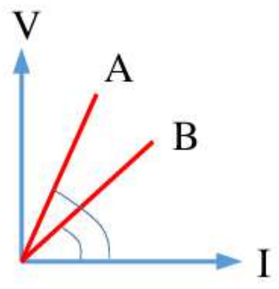
ثانوية ديجيتال Thanawayh Digital

رسم العلاقة البيانية بين المقاومة النوعية لموصل و:		رسم العلاقة البيانية بين المقاومة لموصل و:	
❶ مساحة مقطعه	❷ طول الموصل	❶ شدة التيار	❷ فرق الجهد
			
كلا منهما علاقة ثابتة لا تتغير بتغير الطول ولا المساحة لأنهم صفة مميزة للمادة تتوقف على: ❶ نوع المادة ❷ درجة الحرارة الميل في كلا منهما = صفر slope = 0		كلا منهما علاقة ثابتة لا تتغير بتغير شدة التيار ولا فرق الجهد لأن المقاومة تتوقف على: ❶ نوع المادة ❷ درجة الحرارة ❸ طول الموصل ❹ مساحة مقطعه الميل في كلا منهما = صفر slope = 0	

تطبيق (1)

الرسم البياني المقابل: يوضح العلاقة بين فرق الجهد وشدة التيار الكهربي لموصلين A، B من نفس المادة عند ثبوت درجة الحرارة:

❶ أيهما أكبر مقاومة ولماذا؟ ❷ أيهما ذو مساحة مقطع أكبر ولماذا؟

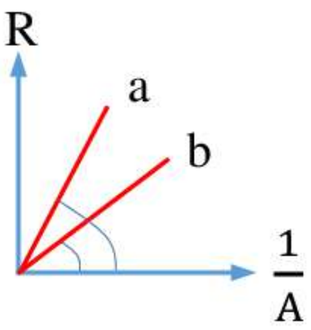


الإجابة

❶ السلك (A) أكبر مقاومة لأنه أكبر ميلاً. ❷ السلك (B) أكبر مساحة لأنه أقل مقاومة.

تطبيق (2)

الشـكل المقابل: يمثل العلاقة البيانية بين المقاومة الكهربية R ومقلوب مساحة المقطع A لسلكين a، b من مادتين مختلفتين ولهما نفس الطول، وضح أي السلكين له مقاومة نوعية أكبر؟ ولماذا؟



الإجابة

السلك a أكبر مقاومة نوعية لأنه أكبر ميلا عند ثبوت الطول.

القدرة والطاقة

القدرة الكهربية (P_w)

هي الشغل المبذول في وحدة الزمن.
أو هي الطاقة الكهربية المستنفذة في زمن واحد ثانية.

قانون حسابها

$$P_W = \frac{W}{t} = I \cdot V = I^2 \cdot R = \frac{V^2}{R}$$

وحدة القياس

وات = جول / ثانية = أمبير^2 .أوم = فولت^2 / أوم

الطاقة الكهربية المستنفذة (E)

هي الشغل الكهربي المبذول لتحريك شحنة كهربية.
أو هي المقدرة على بذل شغل.

قانون حسابها

$$E = W = V \cdot Q = V \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t = \frac{V^2 \cdot t}{R}$$

وحدة القياس

جول = فولت . كولوم = فولت. أمبير. ث

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

ملاحظات لحل المسائل (1)

◈ ☜ لحساب شدة التيار المار في موصل (مقاومة):

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{N.e}{t} = \frac{V}{R}$$

◈ ☜ لحساب فرق الجهد الكهربي:

$$V = \frac{W}{Q} = IR$$

◈ ☜ لحساب القدرة الكهربية:

$$P_W = \frac{W}{t} = I\,.V = I^2.\,R = \frac{V^2}{R}$$

◈ ☜ لحساب الطاقة الكهربية المستنفذة (الطاقة الحرارية المتولدة):

$$W = P_w\,.t = VIt = I^2.\,R.t = \frac{V^2}{R}\,.t$$

مثال 5

إذا كان الشغل المبذول لنقل كمية من الكهربية قدرها 5C خلال 1s بين نقطتين في موصل هو 100J، احسب:

❶ فرق الجهد بين النقطتين. ❷ شدة التيار المار. ❸ القدرة الكهربية.

❹ عدد الالكترونات المارة خلال 2s (علما بأن شحنة الالكترون $1.6\times10^{-19}\,C$).

الإجابة

❶ $V = \frac{W}{Q} = \frac{100}{5} = \mathbf{20V}$

❷ $I = \frac{Q}{t} = \frac{5}{1} = \mathbf{5A}$

❸ $P_w = V.I = 20 \times 5 = \mathbf{100Watt}$

❹ $Q = I.t = 5 \times 2 = 10\,C$ ، $N = \frac{q}{e} = \frac{10}{1.6\times10^{-19}} = \mathbf{6.25 \times 10^{19}\ electron}$

ملاحظات لحل المسائل (2)

◈ ☜ لحساب المقاومة الكهربية لموصل R:

$$R = \frac{V}{I} \;,\; R = \frac{\rho_e \ell}{A} \;,\; R = \frac{\rho_e \ell}{\pi r^2} \;,\; R = \frac{\rho_e \rho \ell^2}{m} \;,\; R = \frac{\ell}{\sigma A}$$

◈ ☜ لحساب المقاومة النوعية:

$$\rho_e = \frac{RA}{\ell} = \frac{R\pi r^2}{\ell} = \frac{1}{\sigma}$$

◈ ☜ لحساب التوصيلية الكهربية (معامل التوصيل الكهربي):

$$\sigma = \frac{1}{\rho_e} \;،\; \sigma = \frac{\ell}{R\pi r^2} \;،\; \sigma = \frac{\ell}{RA}$$

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

مثال 6

احسب شدة التيار المار في مقاومة سلك طوله 2m ومساحة مقطعه $0.1cm^2$ والتوصيلية الكهربية للسلك $4\times10^4\ \Omega^{-1}.m^{-1}$ علما بأن فرق الجهد بين طرفي السلك 10V

المعطيات

$\ell = 2m$
$A = 0.1cm^2$
$\sigma = 4\times10^4\ \Omega^{-1}.m^{-1}$
$V = 10V$

الإجابة

$$\because \rho_e = \frac{1}{\sigma} \Rightarrow \therefore \rho_e = \frac{1}{4\times10^4} = 25\times10^{-6}\Omega.m$$

$$\because R = \rho e\frac{\ell}{A} \Rightarrow \therefore R = \frac{25\times10^{-6}\times2}{0.1\times10^{-4}} = 5\Omega$$

$$\therefore I = \frac{V}{R} = \frac{10}{5} = \mathbf{2A}$$

مثال 7

وصل سلك على التوالي في دائرة كهربية طوله 200 متر ونصف قطره 0.3 mm فمر تيار شدته 4A عندما كان فرق الجهد بين طرفيه 80V احسب: ❶ المقاومة النوعية لمادة السلك ❷ التوصيلية الكهربية لمادة السلك

المعطيات

$\ell = 200\ m$
$r = 0.3\ mm$
$I = 4\ A$
$V = 80V$

الإجابة

❶ $R = \frac{V}{I} = \frac{80}{4} = 20\Omega$ $\quad \because \rho_e = \frac{RA}{\ell} \Rightarrow \quad \therefore \rho_e = \frac{R\pi r^2}{\ell}$

$$\therefore \rho_e = \frac{20\times\pi\times(0.3\times10^{-3})^2}{200} = \mathbf{2.8\times10^{-8}\Omega.m}$$

❷ $\therefore \sigma = \frac{1}{\rho e} = \frac{1}{2.8\times10^{-8}} = \mathbf{35.36\times10^6\ \Omega^{-1}m^{-1}}$

ملاحظات لحل المسائل (3)

◈ للمقارنة بين مقاومتين يمكن استخدام العلاقات الآتية على حسب المعطيات الموجودة بالمسألة:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{(\rho_e)_1\ell_1A_2}{(\rho_e)_2\ell_2A_1} \quad ، \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{(\rho_e)_1\ell_1r_2^2}{(\rho_e)_2\ell_2r_1^2} \quad ، \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{(\rho_e)_1\rho_1\ell_1^2m_2}{(\rho_e)_2\rho_2\ell_2^2m_1}$$

◈ للمقارنة بين المقاومة النوعية لسلكين من مادتين مختلفتين:

$$\frac{(\rho_e)_1}{(\rho_e)_2} = \frac{R_1}{R_2}\frac{A_1\ell_2}{A_2\ell_1} \quad ، \quad \frac{(\rho_e)_1}{(\rho_e)_2} = \frac{R_1}{R_2}\frac{r_1^2\ell_2}{r_2^2\ell_1}$$

◈ لحساب مقاومة متر واحد من السلك:

$$R_{متر} = \frac{R_{كلية}}{\ell}$$

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

مثال 8

سلكان من النحاس طول أحدهما 10cm وكتلته 0.1kg وطول الآخر 40cm وكتلته 0.2kg قارن بين مقاومة كل منهما.

المعطيات

$\ell_1 = 10cm$

$\ell_2 = 40cm$

$m_1 = 0.1Kg$

$m_2 = 0.2Kg$

الإجابة

∵ السلكان من نفس المادة ∴ المقاومة النوعية لهما واحدة وكثافتهما واحدة

$$\because \frac{R_1}{R_2} = \frac{(\rho_e)_1 \rho_1 \ell_1^2 m_2}{(\rho_e)_2 \rho_2 \ell_2^2 m_1}$$

$$\therefore \frac{R_1}{R_2} = \frac{\ell_1^2 m_2}{\ell_2^2 m_1} \Rightarrow \therefore \frac{R_1}{R_2} = \frac{10^2 \times 0.2}{40^2 \times 0.1} = \frac{1}{8}$$

مثال 9

سلكان من مادتين مختلفتين طول الأول ضعف طول الثاني ونصف قطر الأول ضعف نصف قطر الثاني ومقاومة الأول تساوي مقاومة الثاني أوجد النسبة بين المقاومتين النوعيتين لهاتين المادتين.

المعطيات

$\ell_1 = 2\ell_2$

$r_1 = 2r_2$

$R_1 = R_2$

الإجابة

$$\because \rho_{e1} = \frac{R_1 A_1}{\ell_1} \qquad \because \rho_{e2} = \frac{R_2 A_2}{\ell_2}$$

$$\therefore \frac{\rho_{e1}}{\rho_{e2}} = \frac{\pi r_1^2 \ell_2}{\pi r_2^2 \ell_1} \Rightarrow \therefore \frac{\rho_{e1}}{\rho_{e2}} = \frac{4r_2^2 \ell_2}{r_2^2 2\ell_2} \Rightarrow \therefore \frac{\rho_{e1}}{\rho_{e2}} = \frac{2}{1}$$

ملاحظات لحل المسائل (4)

◈ ☜ إذا أعيد تشكيل سلك معدني (أو سحب السلك بإنتظام) فإن:

❶ حجم السلك قبل السحب = حجم السلك بعد السحب. $V_{ol1} = V_{ol2}$

❷ مقدار الزيادة في الطول تعادل مقدار النقص في مساحة المقطع.

$$\because \frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{A_2}{A_1} \qquad \therefore \frac{R_1}{R_2} = \frac{\ell_1 A_2}{\ell_2 A_1} = \frac{\ell_1^2}{\ell_2^2} = \frac{A_2^2}{A_1^2}$$

❸ النسبة بين القطرين كالنسبة بين نصفي قطريهما.

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

مثال 10

سحب سلك معدني حتى قل قطره للنصف احسب:

❶ النسبة بين طولي السلك قبل وبعد السحب .
❷ النسبة بين مقاومتي السلك قبل وبعد السحب.
❸ النسبة بين المقاومة النوعية للسلك قبل وبعد السحب.

المعطيات

$2r_2 = r_1$

الإجابة

❶ حجم السلك ثابت ∴ حجم السلك بعد السحب = حجم السلك قبل السحب

$$\therefore A_1\ell_1 = A_2\ell_2 \Rightarrow \therefore \frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{A_2}{A_1} \Rightarrow \therefore \frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{\pi r_2^2}{\pi r_1^2} \Rightarrow \therefore \frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{r_2^2}{4r_2^2} \Rightarrow \therefore \frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{1}{4}$$

❷ $\because \frac{R_1}{R_2} = \frac{{\ell_1}^2}{{\ell_2}^2} \Rightarrow \therefore \frac{R_1}{R_2} = \frac{1^2}{4^2} = \frac{1}{16}$

❸ $\frac{(\rho_e)_1}{(\rho_e)_2} = \frac{1}{1}$ لأن المقاومة النوعية خاصية مميزة للمادة فتظل ثابتة

مثال 11

سُحب سلك مقاومته 10 Ω فزاد طوله إلى ثلاث أمثاله، احسب مقاومة السلك بعد السحب.

المعطيات

$R_1 = 10\,\Omega$ ، $\ell_2 = 3\,\ell_1$

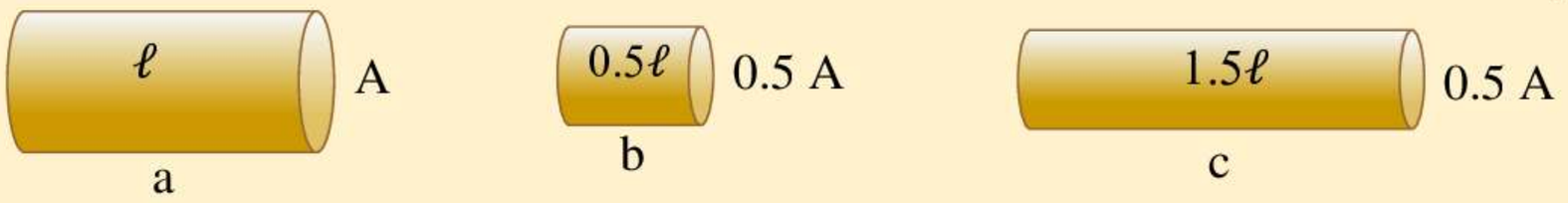
الإجابة

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\ell_1^2}{\ell_2^2} \Rightarrow \frac{10}{R_2} = \frac{\ell_1^2}{(3\ell_1)^2} \Rightarrow \therefore R_2 = 90\Omega$$

فكر وجاوب مجاب عنه

اختر:

(١) ثلاث موصلات نحاسية (a , b , c) تختلف عن بعضها في مساحة المقطع (A) والطول (ℓ) ، كما يوضح الشكل عندما وصل طرفي كل منهما بمصدر فرق جهد متساوي (V) ، فإن ترتيب الموصلات حسب شدة التيار الكهربي المار في كل منهما ....



أ) $a = b > c$ ب) $a > b = c$ ج) $c < b < a$ د) $a < b < c$

(٢) اعيد تشكيل موصل مقاومته R حتى قل طوله بنسبة 60% من طوله الأصلى فإن مقاومته .....

أ) تزداد بمقار 0.16 R ب) تقل بمقار 0.16 R
ج) تزار بمقار 0.84 R د) تقل بمقار 0.84 R

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

مثال بياني

- عينت المقاومة الأومية لعدد من أسلاك من معدن طول كل منها 12m ومختلفة في مساحة المقطع وقد تم الحصول على النتائج الآتية:

R (Ω)	6	7.5	10	15	23	30
$\frac{1}{A} \times 10^6\ (m^{-2})$	2	2.5	3.3	5	7.7	10

❶ ارسم علاقة بيانية بين مقاومة السلك على المحور الرأسي ومقلوب مساحة المقطع على المحور الأفقي:

❷ من الرسم أوجد:

a. مقاومة سلك من نفس المادة وله نفس الطول مساحة مقطعه $0.0025cm^2$

b. المقاومة النوعية لمادة السلك.

المعطيات

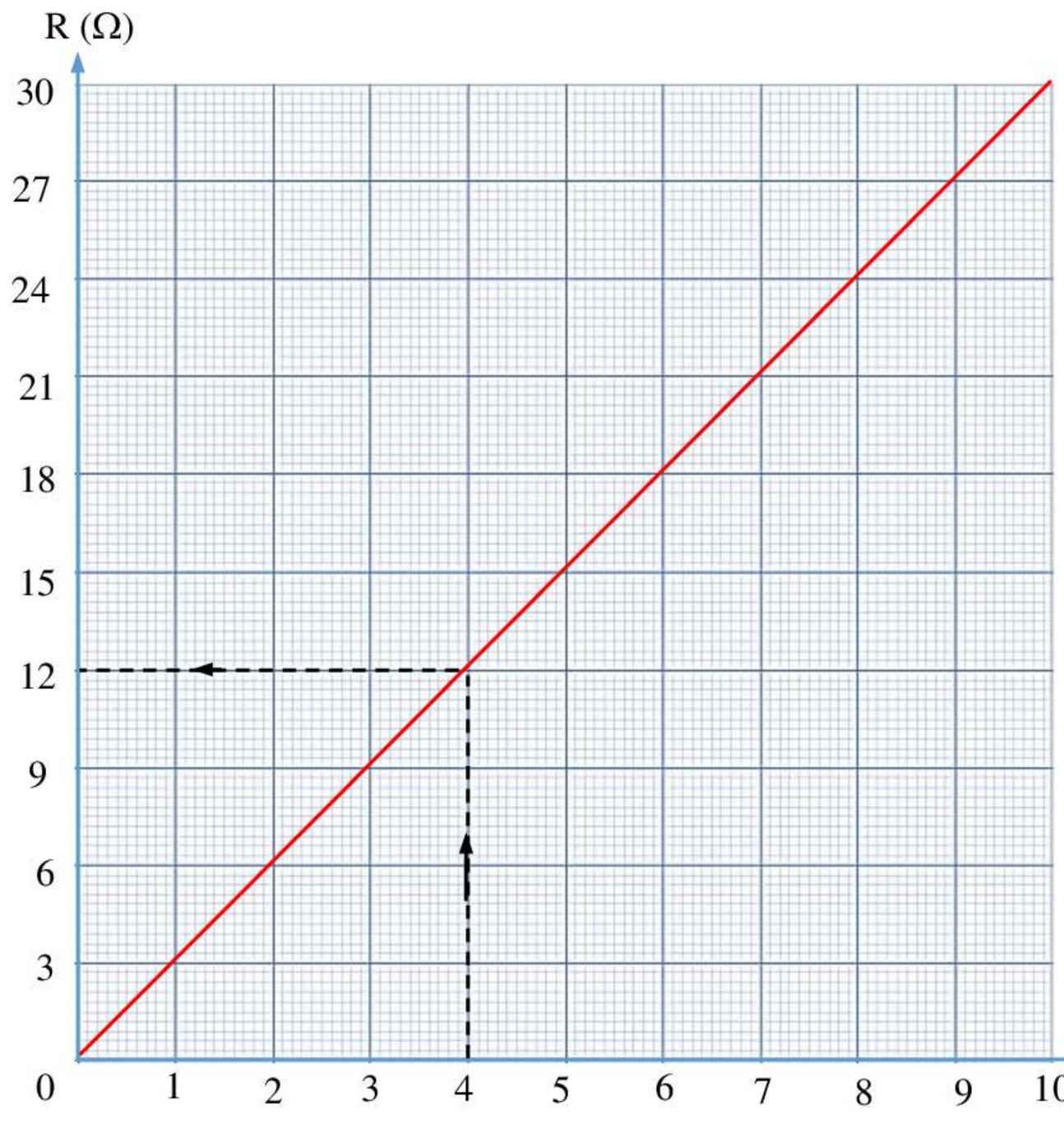
$\ell = 12\ m$

$R = ?$

$A = 0.0025cm^2$

الإجابة

❶ الرسم البياني:



❷ $A = 0.0025 \times 10^{-4}\ m^2$

$\therefore \frac{1}{A} = 4 \times 10^6\ m^{-2}$

$\therefore R = 12\Omega$

$$slope = \frac{\Delta R}{\Delta \frac{1}{A}} = RA$$

$$= \frac{30 - 6}{(10 - 2) \times 10^6} = 3 \times 10^{-6}$$

$$\rho_e = \frac{RA}{\ell} = \frac{slope}{\ell}$$

$$\therefore \rho_e = \frac{3 \times 10^{-6}}{12} = 0.25 \times 10^{-6}\ \Omega\ .m$$

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

من: توصيل المقاومات
إلى: ما قبل قانون أوم للدوائر المغلقة

توصيل المقاومات

مقدمة

إمسح

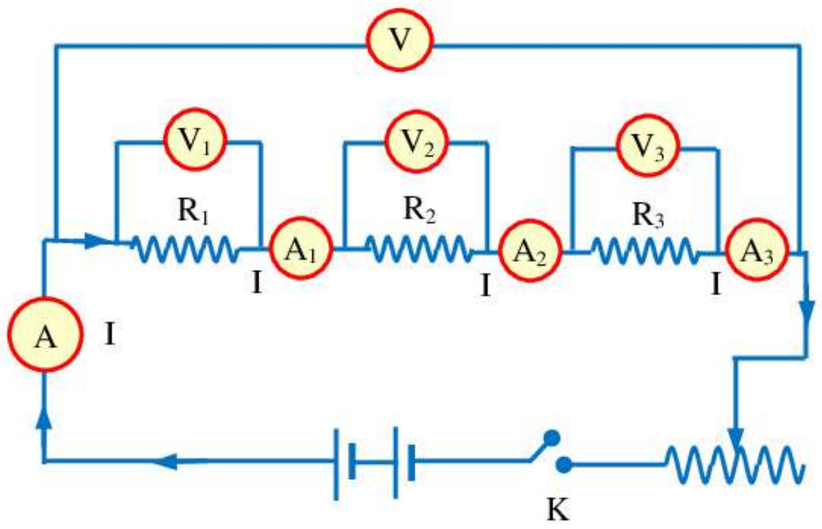
– يمكن توصيل عدة مقاومات في دائرة كهربية بطريقتين هما:

1) التوصيل على التوالي　　2) التوصيل على التوازي

1 توصيل المقاومات علي التوالي

◀ **الغرض منه:** الحصول على مقاومة كبيرة من مجموعة من المقاومات الصغيرة، وتكون أكبر من أكبر مقاومة.

◀ **طريقة التوصيل:** توصيل المقاومات بحيث تكون مسار متصل في دائرة كهربية تتكون من بطارية وأميتر وفولتميتر وريوستات كما هو موضح بالرسم.



◀ **شدة التيار الكهربي:** متساوي في جميع المقاومات

$$I_{كلي} = I_1 = I_2 = I_3 = \cdots$$

◀ **فرق الجهد:** يختلف فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة

$$V^{\backslash}_{الكلية} = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots\ldots$$

– **استنتاج القانون المستخدم لتعيين قيمة المقاومة المكافئة لثلاث مقاومات متصلة على التوالي**

❶ ندمج المجموعة في دائرة كهربية كالموضحة بالشكل ثم نغلق المفتاح ونعدل من قيمة الريوستات لإمرار تيار كهربي مناسب

❷ نأخذ قراءة الأميترات الأربعة نجد أنها متساوية وهذا دليل على أن التوصيل على التوالي يتميز بثبوت شدة التيار

❸ نأخذ قراءة الفولتميرات الأربعة نجد أن فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة متغير، كما نجد أن فرق الجهد الكلي V بين طرفي المجموعة يساوي مجموع فروق الجهد بين طرفي المقاومات.

$\because V = V_1 + V_2 + V_3$,　$\because V = IR$,　$IR^{\backslash} = IR_1 + IR_2 + IR_3$　$R^{\backslash} = R_1 + R_2 + R_3$

∴ تزداد المقاومة المكافئة (الكلية) وتساوي مجموع المقاومات.

∴ **القانون المستخدم لتعيين المقاومة المكافئة:**

◈ **لعدة مقاومات مختلفة:** $R^{\backslash} = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots\ldots$

◈ **لعدة مقاومات متساوية عددها (N) وقيمة كل منها (R):** $R^{\backslash} = NR$

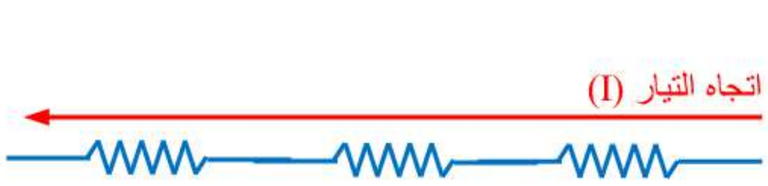
ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

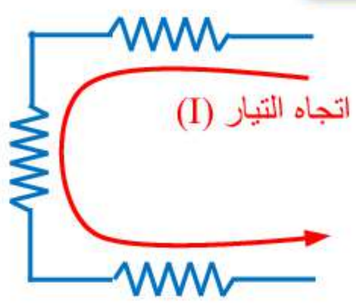
خلي بالك

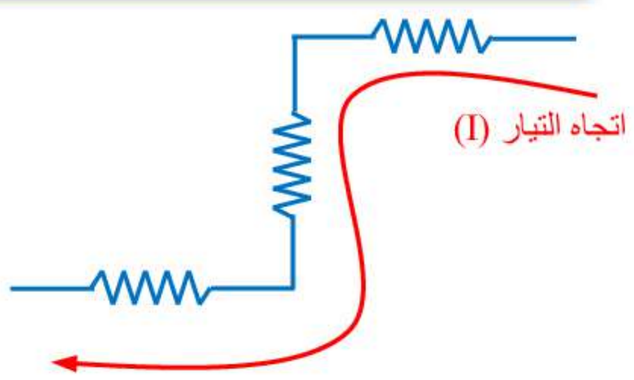
1) **تزداد مقاومة موصل بزيادة طوله.** لأنه يمكن اعتبار الموصل مكون من عدة مقاومات متصلة على التوالي وكلما زاد طوله زاد عدد المقاومات المتصلة على التوالي , فتزداد المقاومة الكلية .

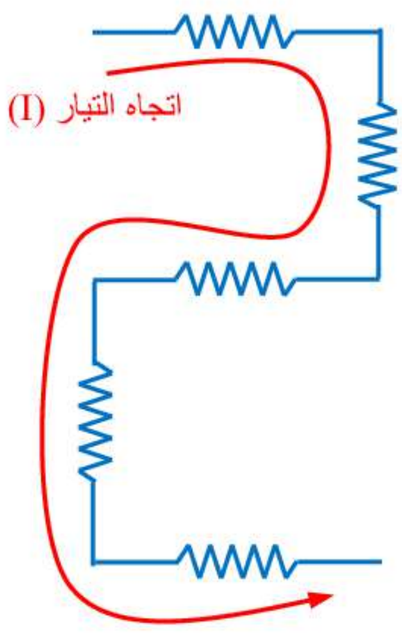
2) **لا توصل الأجهزة المنزلية على التوالي.** لأن التوصيل على التوالي يجعل المقاومة الكلية كبيرة فتضعف شدة التيار كما أنه عند فصل التيار عن أحد الأجهزة فإن باقي الأجهزة سوف تنطفئ أيضا.

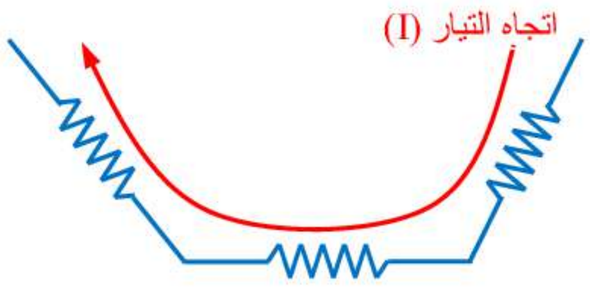
بعض أشكال للمقاومات المتصلة على التوالي

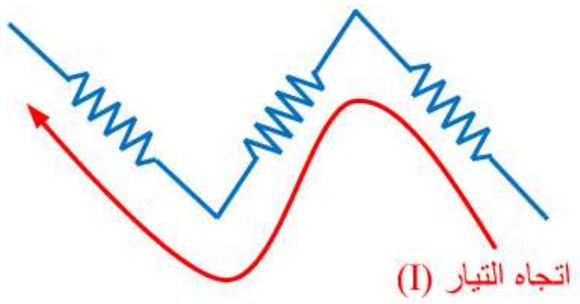


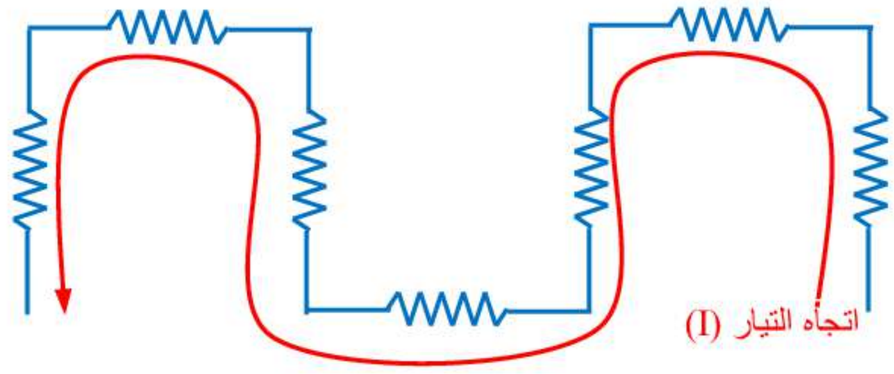


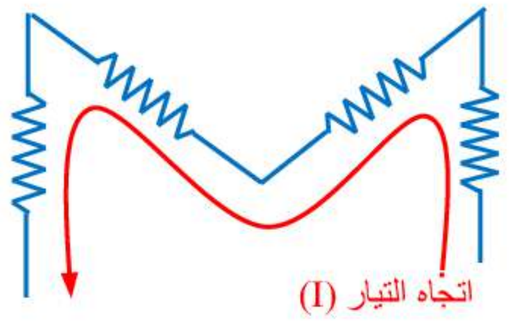










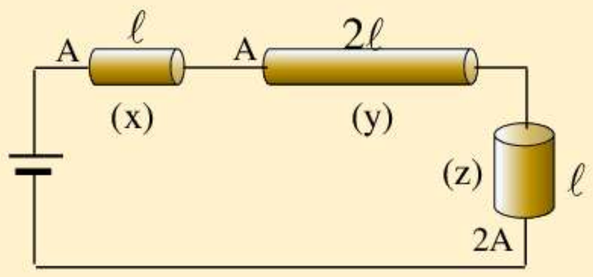


لاحظ أن: التيار ثابت في جميع المقاومات.

فكر وجاوب — مجاب عنه

اختر:

ثلاث موصلات (x) ، (y) ، (z) من نفس المادة متصلة معا كما بالشكل فإذا كانت مقاومة الموصل (x) هي R من البيانات المدونة على الرسم للطول (ℓ) ومساحة المقطع (A) تكون المقاومة الكلية.....



أ) 1.5R　　ب) 3R　　ج) 3.5R　　د) 7R

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

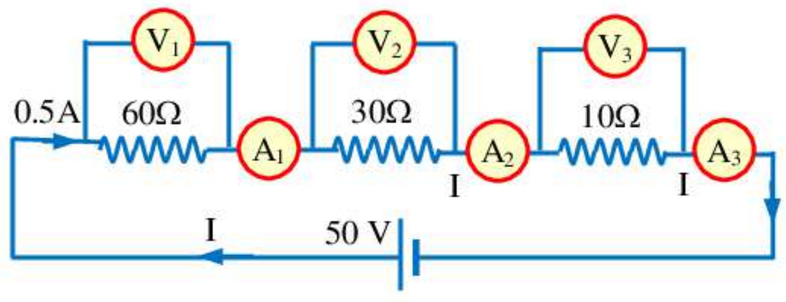
مثال 1

ثلاث مقاومات 10Ω، 30Ω، 60Ω متصلة علي التوالي مع بطارية القوة الدافعة الكهربية لها 50V ، احسب:
❶ شدة التيار الكهربي المار في الثلاث مقاومات. ❷ فرق الجهد على كل مقاومة.

المعطيات

$R_1 = 60\Omega$
$R_2 = 30\Omega$
$R_3 = 10\Omega$
$V = 50\ V$

الإجابة



الثلاث مقاومات متصلة على التوالي ∴ شدة التيار المار في كل منها = 0.5 أمبير

$R' = R_1 + R_2 + R_3 = 60 + 30 + 10 = 100\Omega$

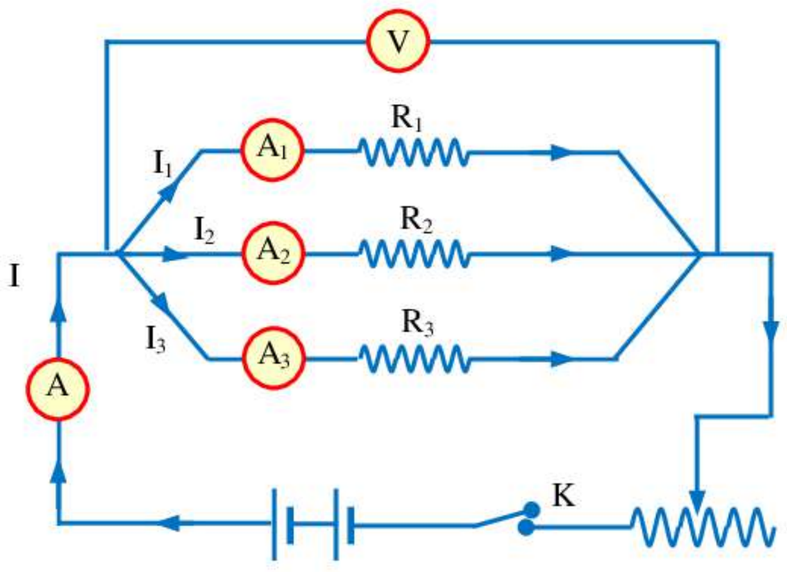
$I = \frac{V}{R} = \frac{50}{100} = 0.5A$

$V_1 = IR_1 = 0.5 \times 60 = \mathbf{30V}$
$V_2 = IR_2 = 0.5 \times 30 = \mathbf{15V}$
$V_3 = IR_3 = 0.5 \times 10 = \mathbf{5V}$

2 توصيل المقاومات علي التوازي

◀ **الغرض منه:** الحصول على مقاومة صغيرة من مجموعة من المقاومات الكبيرة، وتكون أصغر من أصغر مقاومة.

◀ **طريقة التوصيل:** توصل المقاومات في دائرة كهربية تتكون من بطارية وأميتر وفولتميتر وريوستات ومفتاح بحيث يتصل طرفي كل مقاومة بنفس النقطتين كما هو موضح بالرسم.



◀ **شدة التيار الكهربي:** يتجزأ التيار في المقاومات

$I_{كلي} = I_1 + I_2 + I_3 + \ldots\ldots$

◀ **فرق الجهد:** يتساوى فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة

$V_{كلي} = V_1 = V_2 = V_3 = \ldots\ldots$

– **استنتاج القانون المستخدم لتعيين قيمة المقاومة المكافئة لثلاث مقاومات متصلة على التوازي.**

❶ ندمج المجموعة في دائرة كهربية كالموضحة بالشكل السابق ونغلق المفتاح ونعدل من مقاومة الريوستات لإمرار تيار كهربي مناسب ونعين فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة على حدة باستخدام فولتميتر نجد أن القراءات متساوية ونقيس فرق الجهد الكلي بين طرفي المجموعة بواسطة فولتميتر نجد أن قراءة الفولتميتر تساوي نفس القراءات السابقة

∴ فرق الجهد الكلي = فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة

❷ نعين شدة التيار المار في كل مقاومة بواسطة الأميتر ونقيس كذلك شدة التيار الكلي المار في الدائرة نجد أن:

$\therefore I' = I_1 + I_2 + I_3$ ، $\because I = \frac{V}{R}$ $\qquad \frac{V}{R'} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \quad \Rightarrow \quad \therefore \frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

∴ تقل المقاومة المكافئة (الكلية) حيث مقلوب المقاومة الكلية يساوي مجموع مقلوبات المقاومات.

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

∴ القانون المستخدم لتعيين المقاومة المكافئة:

◈ **لعدة مقاومات مختلفة:**

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

◈ **لعدة مقاومات متساوية عددها (N) وقيمة كل منها (R):**

$$R' = \frac{R}{N}$$

◈ **لمقاومتين مختلفتين فقط:**

$$R' = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

خلى بالك

1) تقل مقاومة موصل عند زيادة مساحة مقطعه. لأنه يمكن اعتبار الموصل مكون من عدة مقاومات متصلة على التوازي وكلما زادت مساحة مقطعه زاد عدد المقاومات المتصلة على التوازي , فتقل المقاومة الكلية .

2) عند تقل المقاومة المكافئة لعدة مقاومات توصيلها على التوازي. لأن المقاومة المكافئة تتعين من العلاقة:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots$$ ومن المعادلة تكون المقاومة المكافئة أقل من أي من المقاومات

أو لأن مقلوب المقاومة المكافئة يساوي مجموع مقلوبات المقاومات

3) توصل الأجهزة المنزلية على التوازي.

أ - لأن فرق الجهد ثابت بين طرفي كل جهاز ويساوي فرق الجهد الكلي للمصدر

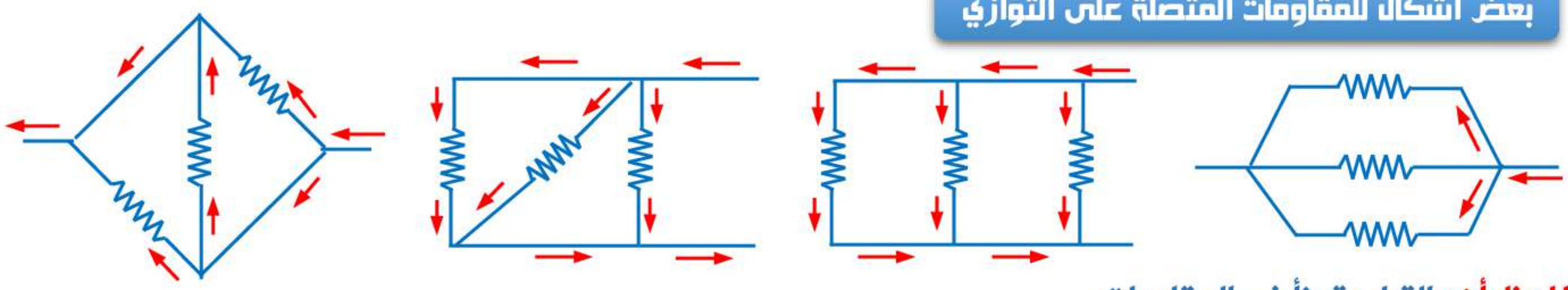
ب - تقل المقاومة الكلية للدائرة فيمر تيار كهربي كبير يناسب تشغيل الأجهزة , كما يمكن التحكم في كل جهاز على حدة.

4) في دائرة مقاومات متصلة على التوازي تستخدم أسلاك سميكة عند طرفي البطارية بينما تستخدم أسلاك أقل سمكا عند طرفي كل مقاومة. لأن شدة التيار في دوائر التوازي تكون أكبر ما يمكن عند كل من مدخل ومخرج التيار (قطبي البطارية) ثم يتجزأ التيار على المقاومات فتقل قيمة التيار عند كل مقاومة 0

5) تزداد القدرة المسحوبة في دائرة عند توصيل المقاومات على التوازي.

لنقص المقاومة الكهربية فتزداد القدرة لأنها تتناسب عكسيا مع المقاومة الكلية عند ثبوت فرق الجهد طبقا للعلاقة: $P_w = \frac{V^2}{R}$

بعض أشكال للمقاومات المتصلة على التوازي



لاحظ أن: التيار يتجزأ في المقاومات.

متى

- تتساوى شدتي التيار المار في مقاومتين مختلفين في القيمة متصلتين معاً في دائرة كهربية مغلقة.

جـ : عندما توصل المقاومتين على التوالي.

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

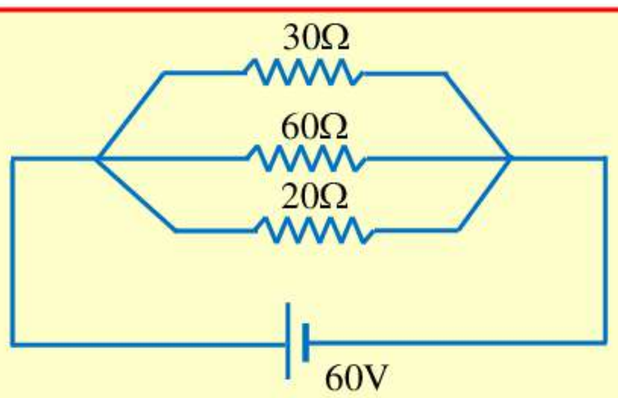
مثال 2

في الشكل المقابل، أوجد :

❶ المقاومة الكلية.

❷ شدة التيار في كل مقاومة.

❸ شدة التيار الكلي.



المعطيات

$R_1 = 30\Omega$
$R_2 = 60\Omega$
$R_3 = 20\Omega$
$V = 60\ V$

الإجابة

❶ $\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{30} + \frac{1}{60} + \frac{1}{20} = \frac{1}{10}$

$\therefore R' = \mathbf{10\Omega}$

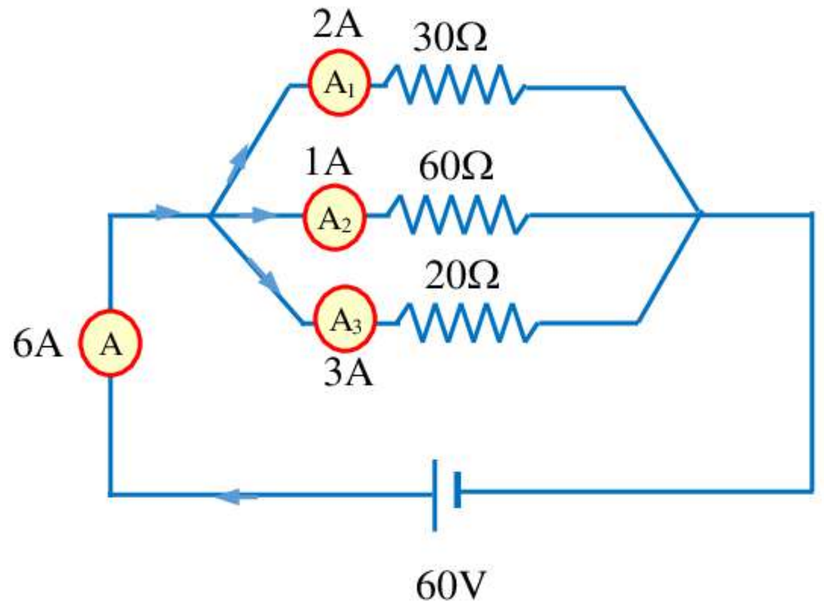
❷

$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{60}{30} = \mathbf{2A}$

$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{60}{60} = \mathbf{1A}$

$I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{60}{20} = \mathbf{3A}$

❸ $I_{\text{كلي}} = I_1 + I_2 + I_3 = 2 + 1 + 3 = \mathbf{6A}$



فكر وجاوب

مجاب عنه

اختر:

(١) للحصول على مقاومة صغيرة من عدة مقاومات توصل هذه المقاومات على .....

(أ) التوالي (ب) التوازي (حـ) الاثنين معاً

(٢) ثلاث مقاومات متصلة على التوازي إذا كانت مقاومة إحداها تساوي واحد أوم فإن المقاومة المكافئة لهذه المقاومات ..... واحد أوم

(أ) أكبر من (ب) أقل من (حـ) تساوي

(٣) توصيل المقاومات على التوازي يشبه.....

(أ) فتح المفتاح في دائرة كهربية (ب) زيادة مقاومة الريوستات

(حـ) زيادة سمك الموصل (د) توصيل الأميتر في دائرة كهربية

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

مثال 3

ثلاث مقاومات متساوية قيمة كل منها 60 أوم، كيف يمكن توصيلهم بأربع طرق مختلفة وحساب قيمة المقاومة المكافئة في كل حالة:

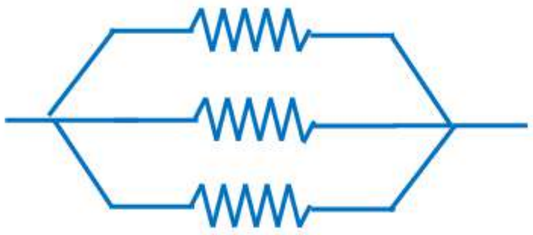
الإجابة

1) توصيل الثلاث مقاومات على التوالي:

فتكون المقاومة الكلية:

$$R' = NR = 3 \times 60 = \mathbf{180\ \Omega}$$

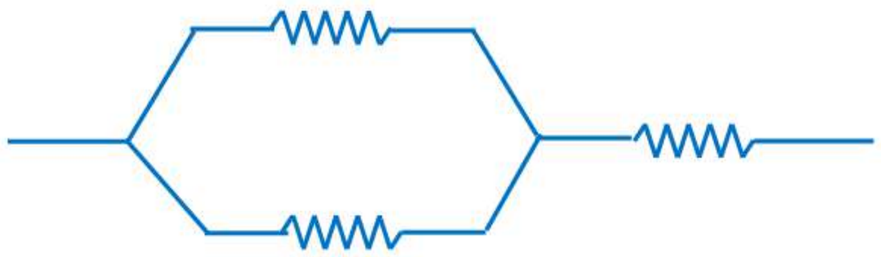
2) توصيل الثلاث مقاومات على التوازي:



فتكون المقاومة الكلية:

$$R' = \frac{R}{N} = \frac{60}{3} = \mathbf{20\Omega}$$

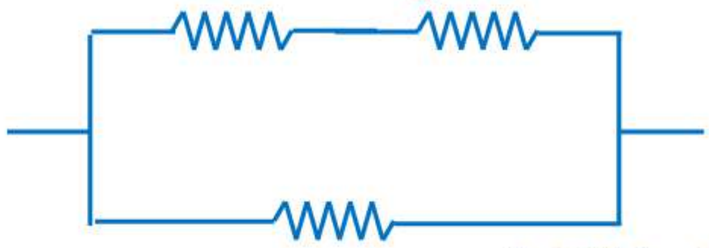
3) توصيل مقاومتين توازي والمجموعة على التوالي:



فتكون المقاومة الكلية:

$$R' = \frac{60}{2} + 60 = \mathbf{90\ \Omega}$$

4) توصيل مقاومتين توالي والمجموعة على التوازي:

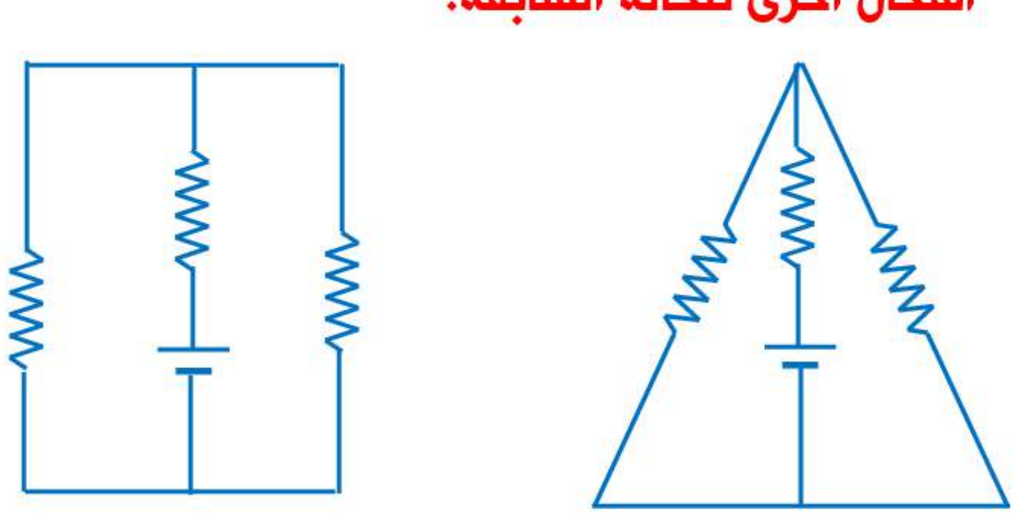


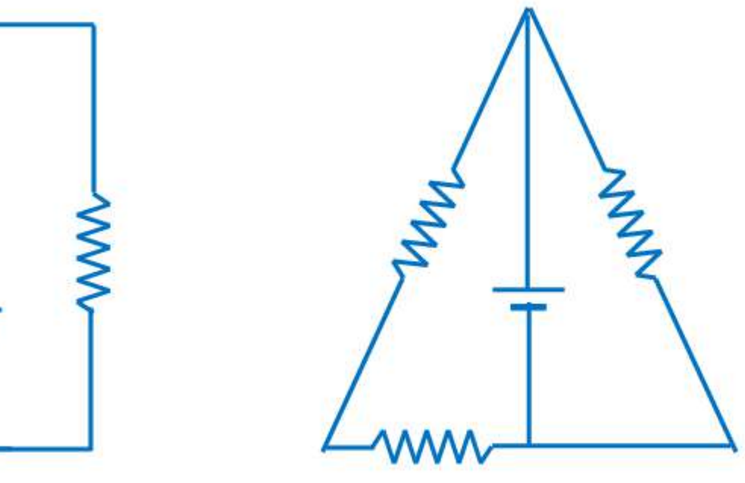
فتكون المقاومة الكلية:

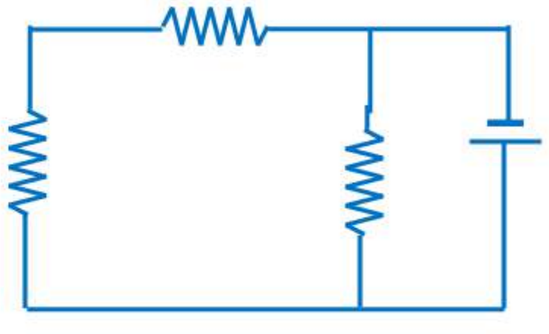
$$R' = 60 + 60 = \mathbf{120\Omega}$$

$$R' = \frac{120 \times 60}{120 + 60} = \mathbf{40\Omega}$$

أشكال أخرى للحالة السابقة:







ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

ايجاد المقاومة المكافئة لأشكال معقدة

الطريقة العادية (الاختزال)

في حالة وجود دائرة كهربية مرسومة بهما عدة مقاومات متصلة معا على التوالي والتوازي فإننا نقوم بالآتي:

1) قم بتحديد اتجاه التيار في جميع الافرع
2) تجد أن المقاومات المتصلة على التوالي يمر بها نفس التيار (شدة التيار ثابته) والمقاومات المتصلة على التوازي يتجزأ (يتوزع) عليها التيار عند نقطة ثم يتجمع التيار عند نقطة أخرى.
3) دائما في حالة تبسيط (اختزال) المقاومات أي لحساب المقاومة الكلية نبدأ من الطرف البعيد عن المصدر.
أو ابدأ بالفرع الأكثر تعقيداً ثم الأقل تعقيداً حتى تصل للمصدر الكهربي (البطارية).

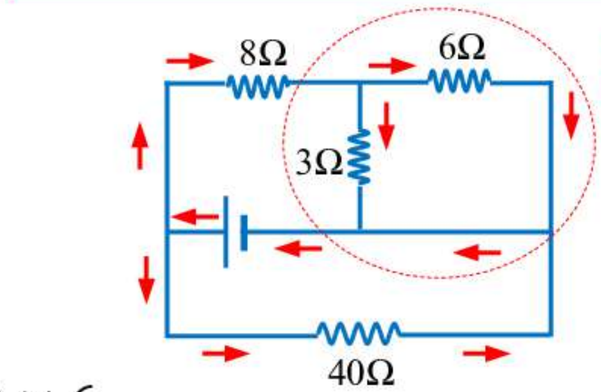
طريقة النقط

هى طريقة لتبسيط شكل الدائرة الكهربية وسهولة التعامل معها

1) نبدأ الترقيم للدائرة من منبع التيار (نقطة بداية دخول التيار للدائرة لأنها أعلي جهداً).
2) نسلك أطول مسار ممكن للتيار يحتوي على عدد أكبر من المقاومات، ونضع عند بداية كل مقاومة نقطة برقم جديد، وعندما يمر التيار بالمقاومة يحدث له هبوط في الجهد وبتالي ننتقل من نقطة ① الي النقطة ②. وهكذا ...
3) إذا كان التيار يمر في سلك عديم المقاومة فلا يحدث هبوط في الجهد وبالتالي لا تختلف النقط.
4) نضع النقاط على استقامة واحدة ثم توصل المقاومات المحصورة بين كل نقطتين وبالتالي يتم تبسيط الشكل.

مثال 4

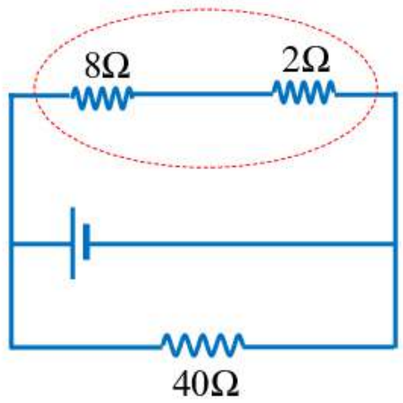
في الشكل المقابل:
احسب المقاومة المكافئة.



الإجابة

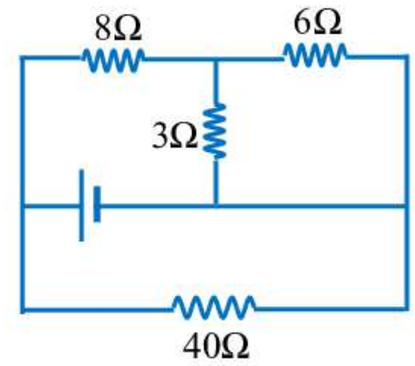
طريقة الاختزال

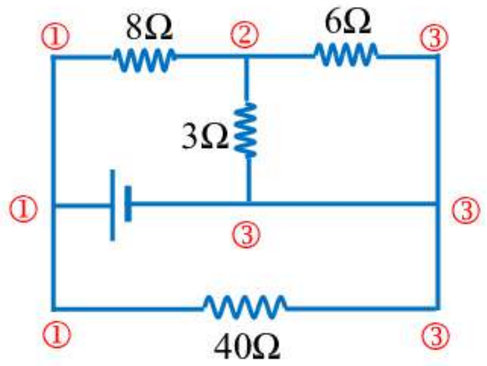
$$R_1^{\setminus} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2\Omega$$

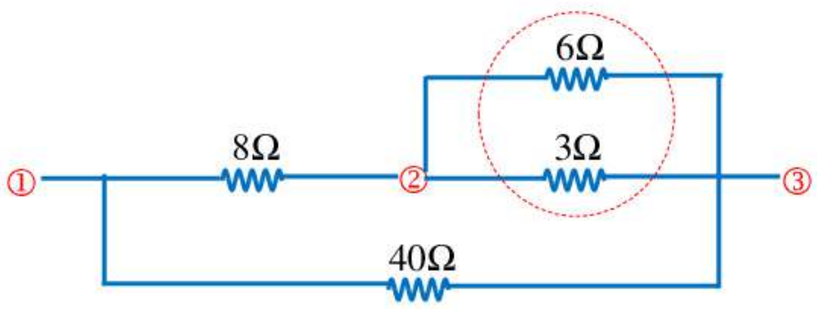


$$R_2^{\setminus} = 8 + 2 = 10\Omega$$

طريقة النقاط

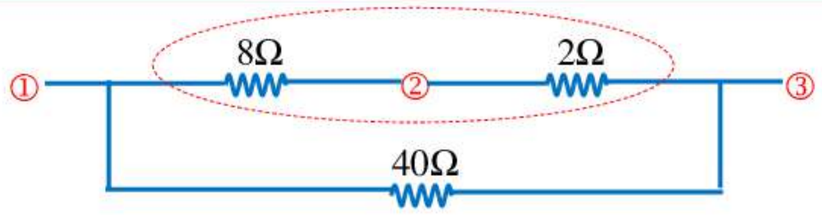




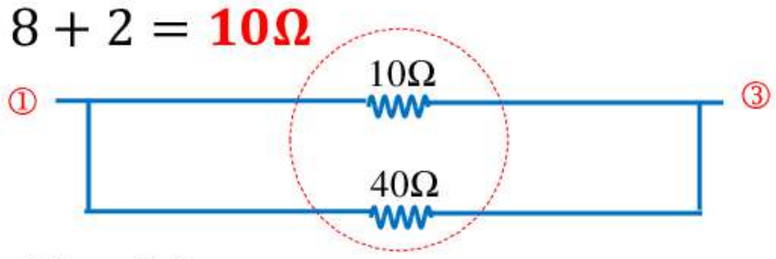


$$R_1^{\setminus} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2\Omega$$

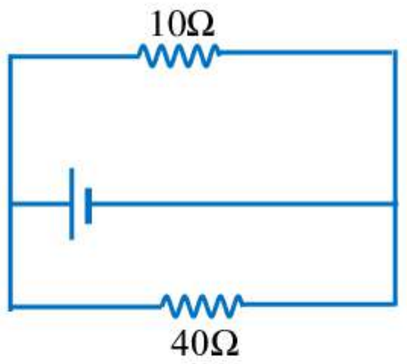
ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital



$$R'_2 = 8 + 2 = \mathbf{10\Omega}$$



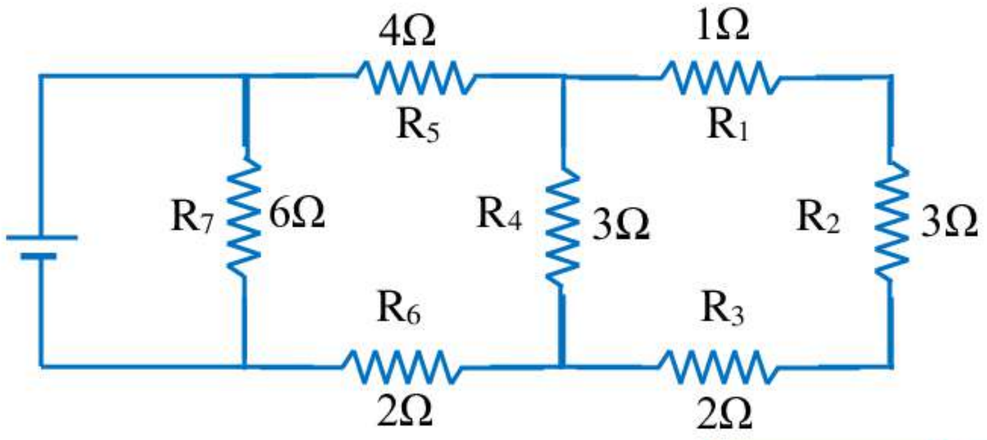
$$R'_3 = \frac{40 \times 10}{40 + 10} = \mathbf{8\Omega}$$



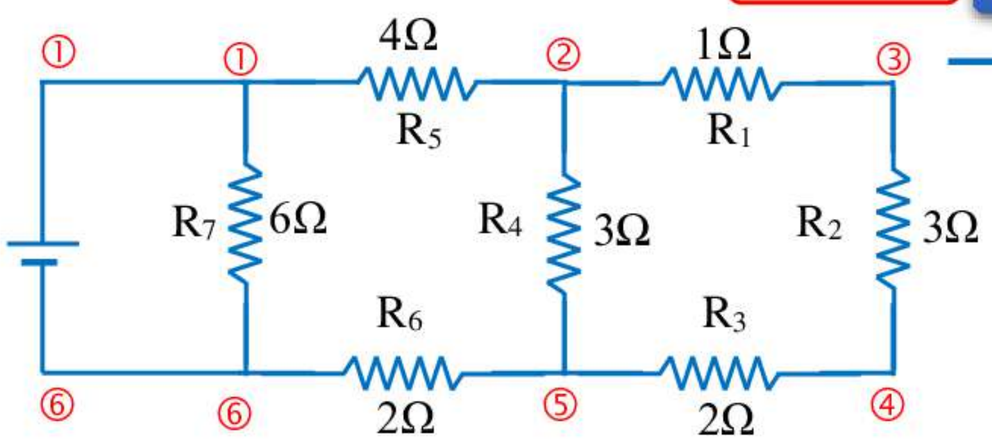
$$R'_3 = \frac{40 \times 10}{40 + 10} = \mathbf{8\Omega}$$

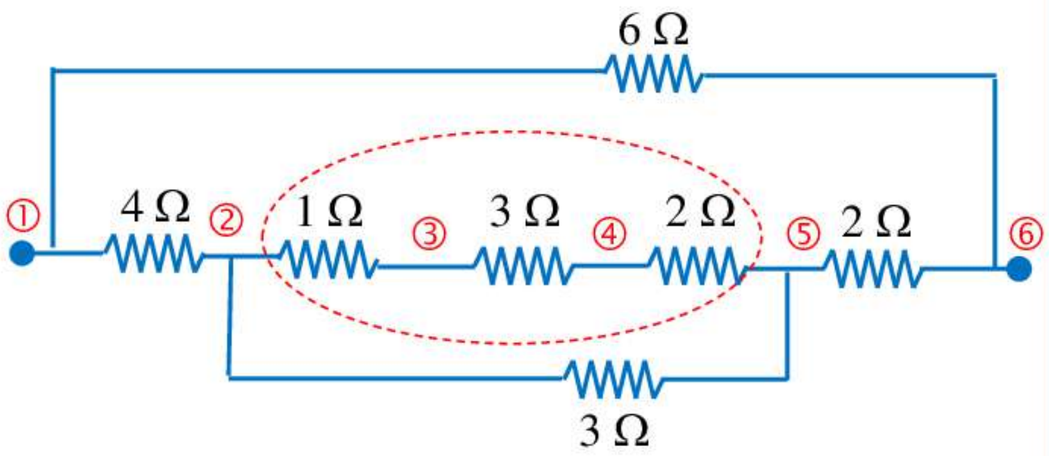
مثال 5

في الشكل المقابل:
احسب المقاومة المكافئة.

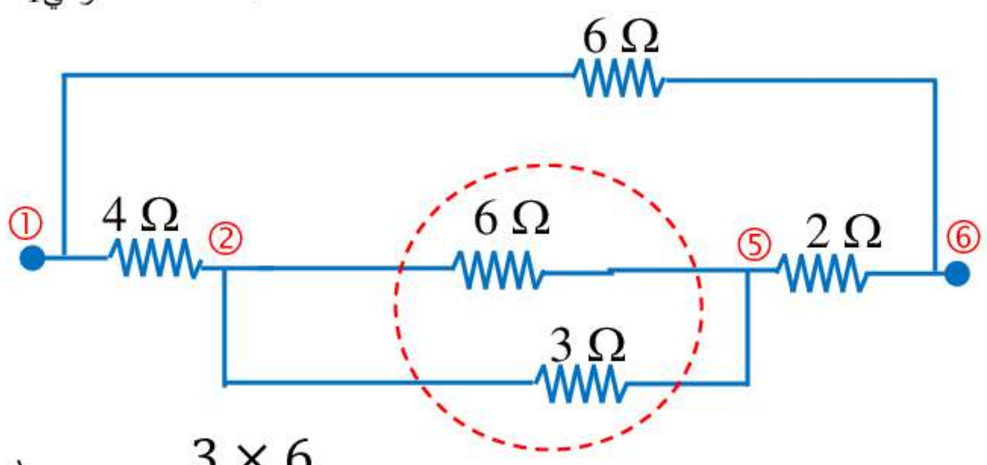


الطريقة العادية | **الإجابة** | **طريقة النقاط**

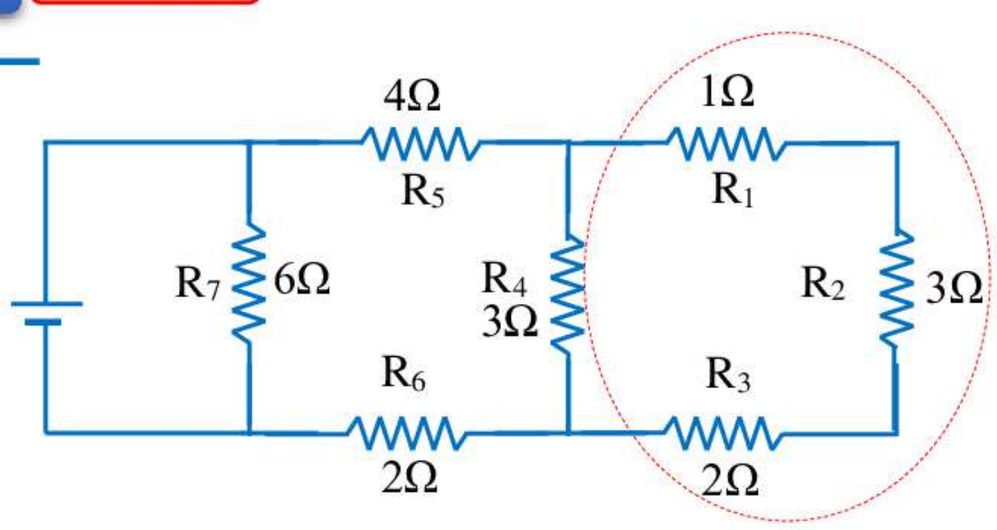




$$R'_{1\text{توالي}} = 1 + 3 + 2 = 6\ \Omega$$

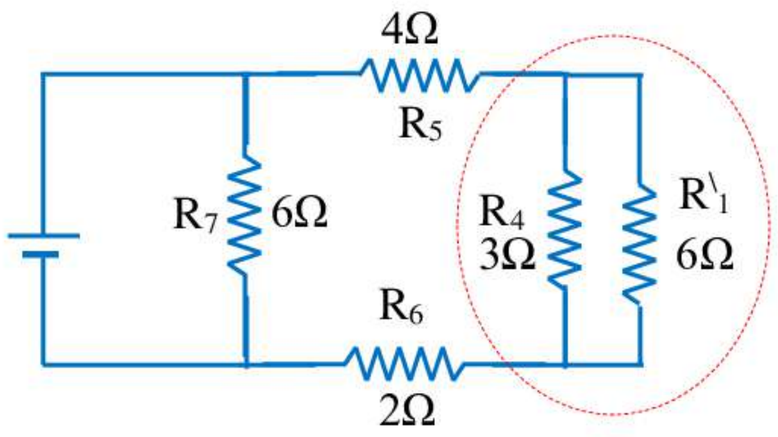


$$R'_{2\text{توازي}} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2\Omega$$



المقاومات (R_1، R_2 ، R_3) متصلة على التوالي
فتكون المقاومة المكافئة لهم:

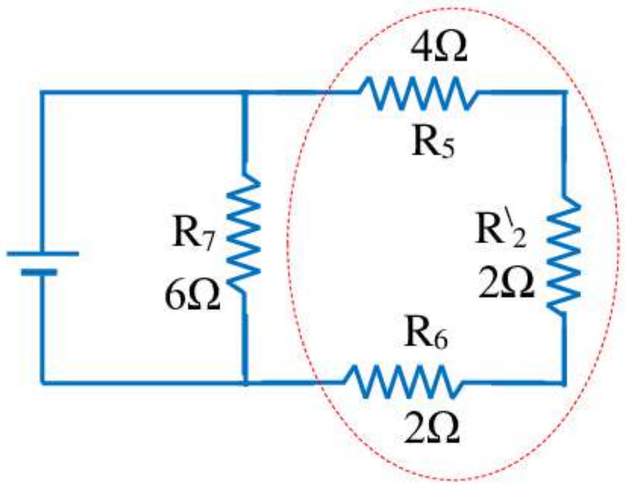
$$R'_{1\text{توالي}} = 1 + 3 + 2 = 6\ \Omega$$



∴ المقاومة 6 على التوازي مع R_4

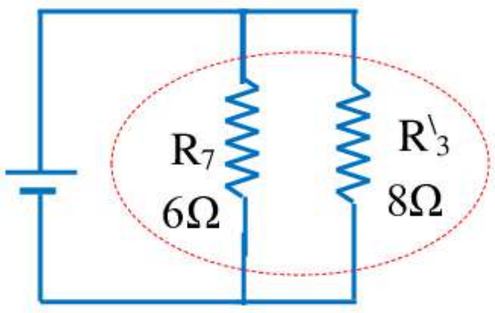
$$R'_{2\text{توازي}} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2\Omega$$

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital



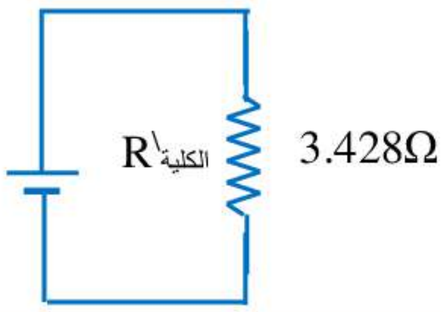
بالمثل المقاومات (R_6 ، R'_2 ، R_5) على التوالي

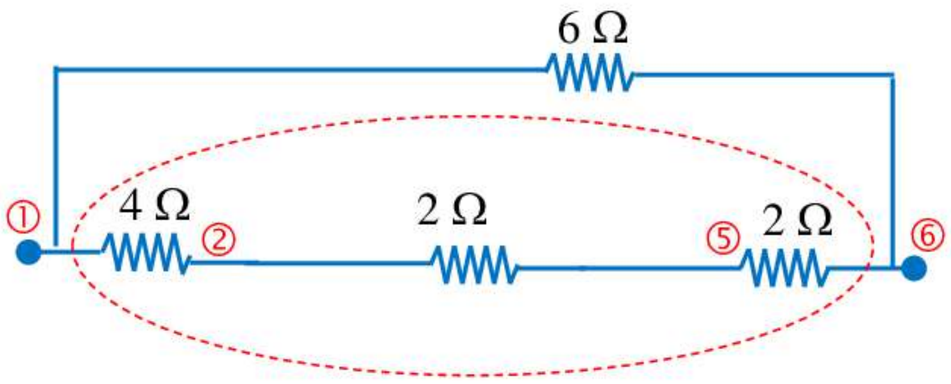
$$R'_3 = 4 + 2 + 2 = 8\Omega$$



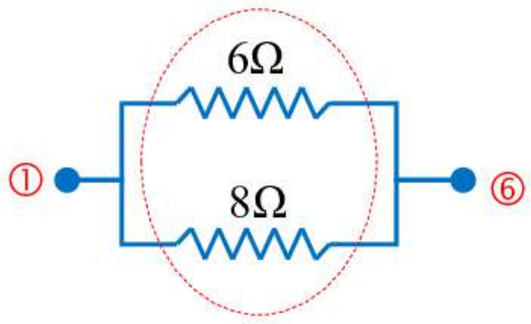
تصبح المقاومة (R'_3 ، R_7) على التوازي

$$R'_{\text{الكلية}} = \frac{8 \times 6}{8 + 6} = 3.428\Omega$$

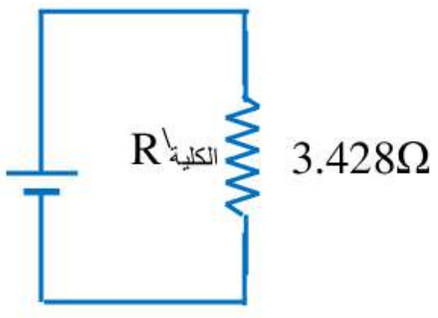




$$R'_3 = 4 + 2 + 2 = 8\Omega$$



$$R'_{\text{الكلية}} = \frac{8 \times 6}{8 + 6} = 3.428\Omega$$

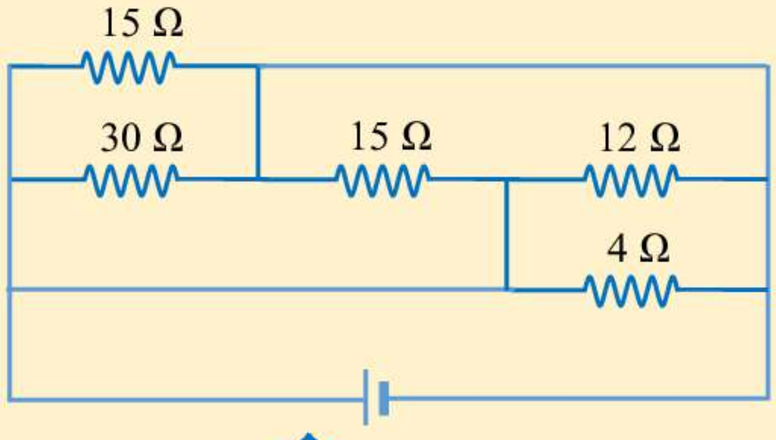


فكر وجاوب

مجاب عنه

اختر:

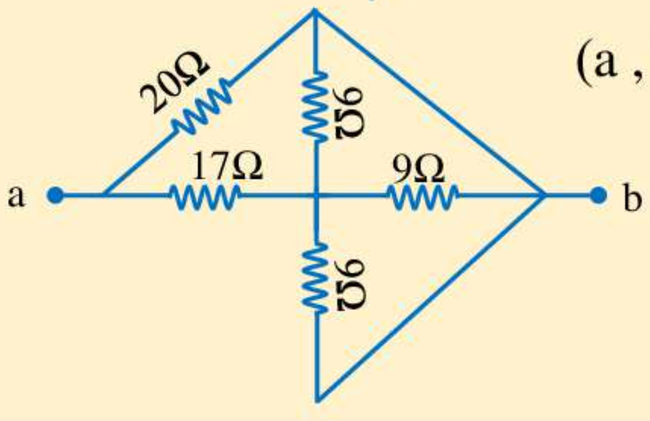
① في الشكل المقابل: أوجد قيمة المقاومة المكافئة.



أ) 2 Ω　　ب) 6 Ω

حـ) 8 Ω　　د) 10 Ω

② ما مقدار المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات الموصلة بين النقطتين (a , b) في الشكل المجاور؟



أ) 2 Ω　　ب) 3 Ω

حـ) 10 Ω　　د) 11 Ω

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

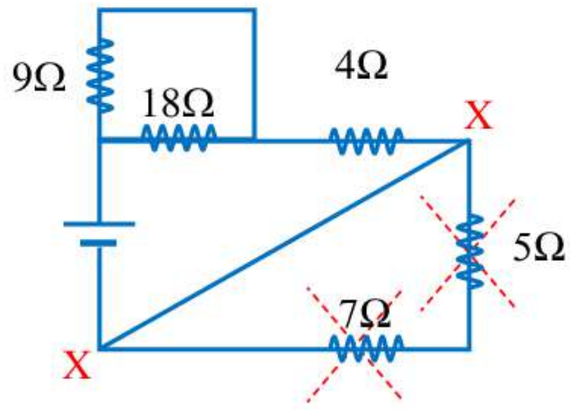
ملاحظات لحل المسائل (1)

إيجاد المقاومة المكافئة لشبكة بها سلك عديم المقاومة يلغي مقاومات:

ملحوظة: إذا اتصل سلك عديم المقاومة بين طرفي مقاومة على التوازي بين نقطتين، تلغى المقاومة لعدم مرور التيار في المقاومة ومرور التيار في السلك عديم المقاومة (لعدم وجود فرق جهد بينهما) وتصبح النقطتين كنقطه واحدة.

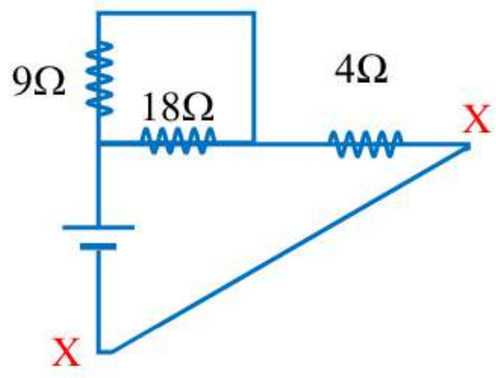
مثال 6

في الأشكال المقابلة:
احسب المقاومة المكافئة.



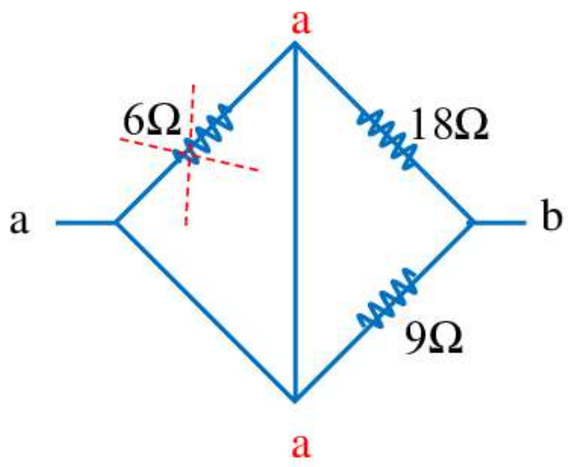
الإجابة

نلاحظ أن: السلك الفاضي عديم المقاومة أى لا يوجد فرق جهد فتكون (X) نقطة واحدة لها نفس الجهد فتلغى المقاومتان 5Ω، 7Ω

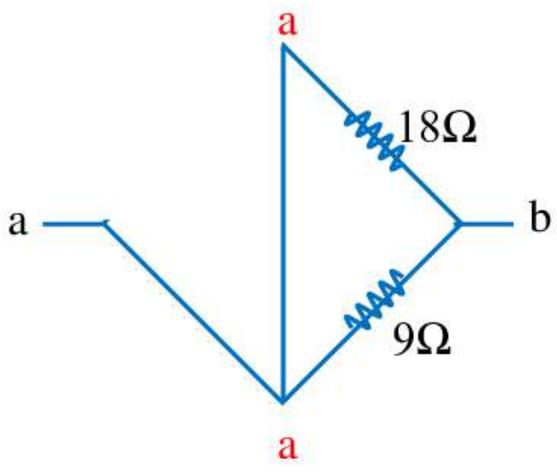


$$R_1^{\setminus} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{9 \times 18}{9 + 18} = 6\Omega$$

$$\therefore R_2^{\setminus} = 6 + 4 = \mathbf{10\Omega}$$



نلاحظ أن: السلك الفاضي عديم المقاومة أى لا يوجد فرق جهد فتكون (a) نقطة واحدة لها نفس الجهد فتلغي المقاومة 6Ω



$$R_1^{\setminus} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{9 \times 18}{9 + 18} = \mathbf{6\Omega}$$

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

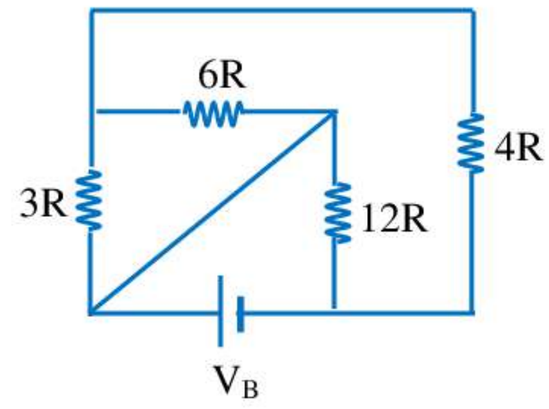
ملاحظات لحل المسائل (2)

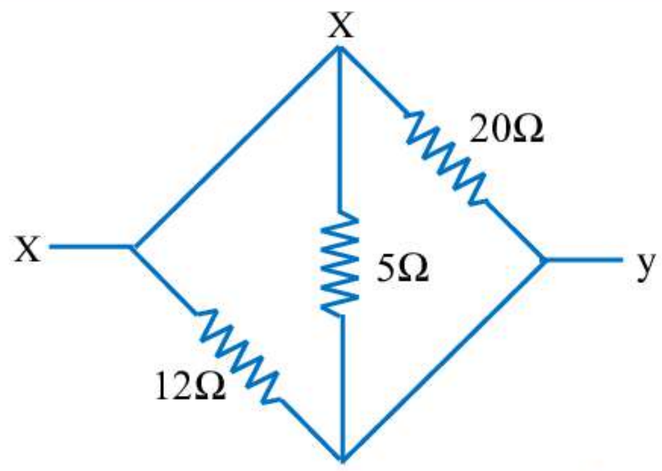
◈ **إيجاد المقاومة المكافئة لشبكة بها سلك عديم المقاومة لا يلغي مقاومات:**

ملحوظة: إذا اتصل سلك عديم المقاومة بين نقطتين تدمج النقطتين وتصبحان كنقطة توزيع تيار واحدة.

مثال 7

في الأشكال المقابلة:
احسب المقاومة المكافئة.





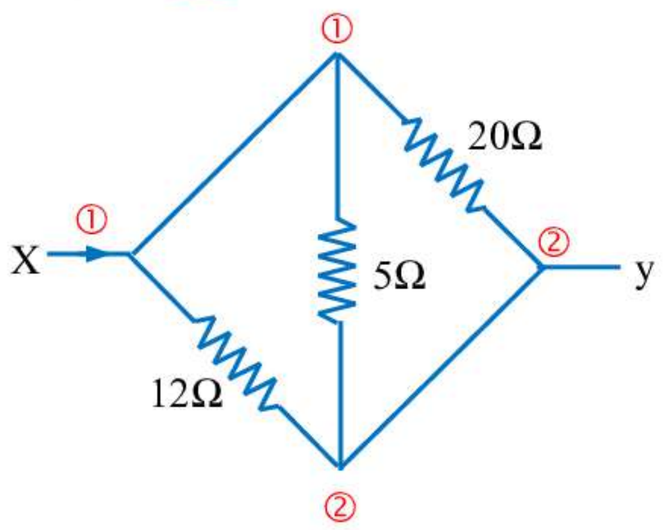
الإجابة

نلاحظ أن: بداية كل المقاومات هي النقطة X وتنتهي عند نقطة واحدة y فتكون جميع المقاومات متصلة على التوازي

$$\frac{1}{R_t}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}=\frac{1}{12}+\frac{1}{5}+\frac{1}{20}=\frac{1}{3}$$

$$\therefore R_t = \mathbf{3\Omega}$$

طريقة النقاط



$$\frac{1}{R_t}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}=\frac{1}{12}+\frac{1}{5}+\frac{1}{20}=\frac{1}{3}$$

$$\therefore R_t = \mathbf{3\Omega}$$

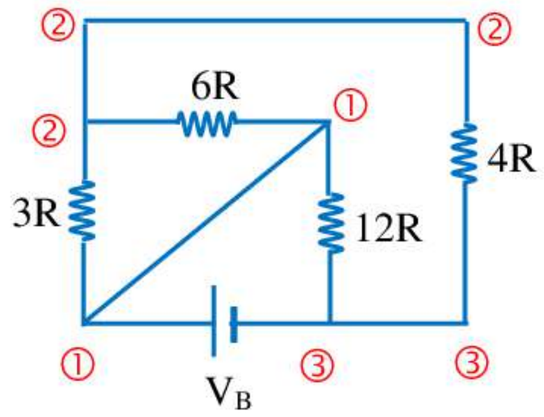
نلاحظ أن: بداية المقاومات 3R، 6R لهم نقطة واحدة ولهم نهاية عند نقطة واحدة فتكون على التوازي والمجموعة توالي مع 4R وتصبح المجموعة الكلية توازي مع المقاومة 12R

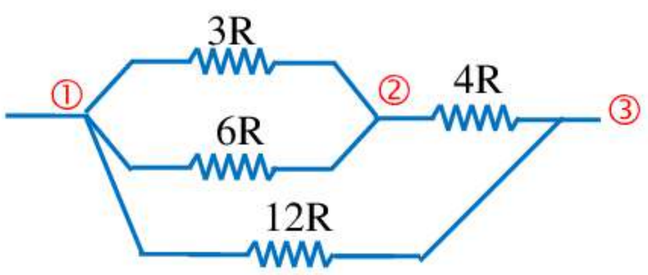
$$R_1^{\setminus}=\frac{R_1\times R_2}{R_1+R_2}=\frac{3R\times 6R}{3R+6R}=2R$$

$$\therefore R_2^{\setminus}=2R+4R=6R\Omega$$

$$R_t^{\setminus}=\frac{R_1\times R_2}{R_1+R_2}=\frac{12R\times 6R}{12R+6R}=\mathbf{4R}$$

طريقة النقاط





$$R_1^{\setminus}=\frac{R_1\times R_2}{R_1+R_2}=\frac{3R\times 6R}{3R+6R}=2R$$

$$\therefore R_2^{\setminus}=2R+4R=6R\Omega$$

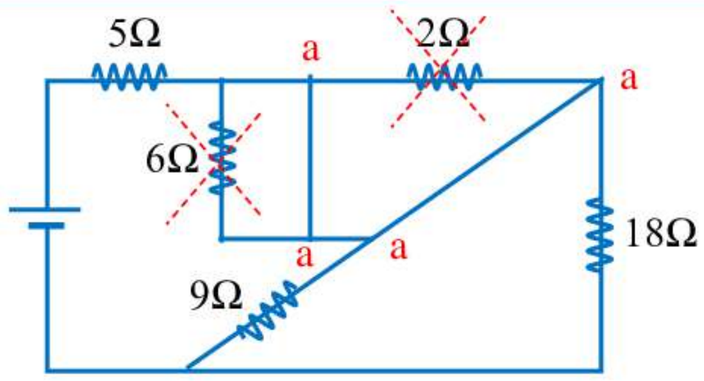
$$R_t^{\setminus}=\frac{R_1\times R_2}{R_1+R_2}=\frac{12R\times 6R}{12R+6R}=\mathbf{4R}$$

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

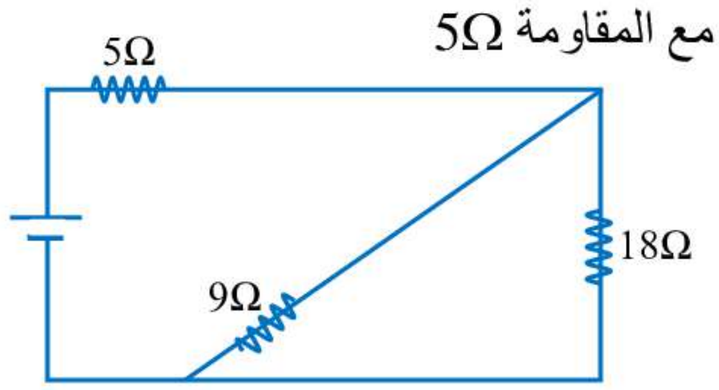
ايجاد المقاومة المكافئة لشبكة بها الحالتين السابقتين

مثال 8

في الاشكال المقابلة:
احسب المقاومة المكافئة.



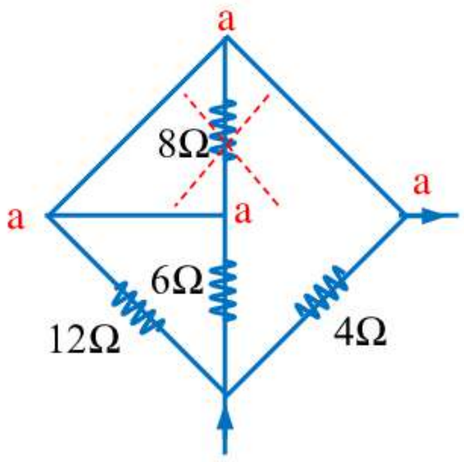
نلاحظ أن: كل النقاط (a) كنقطة واحدة ونلاحظ أن المقاومتان 2Ω ، 6 Ω ملغيتان فلا يمر بها تيار كهربي فتصبح المقاومتان 18Ω، 9Ω توازي والمجموعة توالي مع المقاومة 5Ω



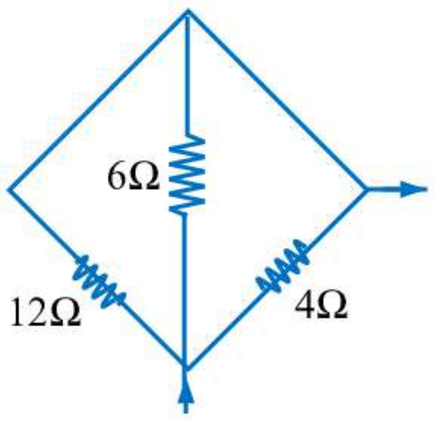
$$R_1^{\setminus} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{9 \times 18}{9 + 18} = 6\Omega$$

$$\therefore R_2^{\setminus} = 6 + 5 = \mathbf{11\Omega}$$

الإجابة



نلاحظ أن: كل النقاط (a) كنقطة واحدة ونلاحظ أن المقاومة 4Ω ، 6Ω ، 12Ω علي التوازي ، والمقاومة 8Ω ملغية لعدم مرور بها تيار

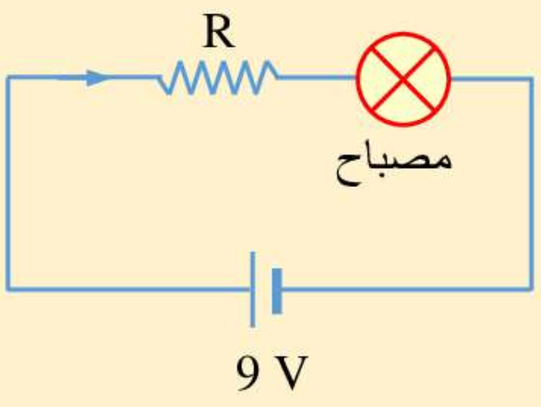


$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{12} + \frac{1}{6} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$$

$$\therefore R = \mathbf{2\Omega}$$

فكر وجاوب — مجاب عنه

اختر:
مصباح كهربي كتب عليه (4V , 2.5 W) يراد إضاءته من بطارية قوتها الدافعة (9 V) ولحماية المصباح من التلف إضيفت مقاومة خارجية (R) إلي الدائرة ، كما في الشكل المجاور، فإن قيمة المقاومة (R) .....



أ) 0.8 Ω ب) 6.4 Ω ج) 8 Ω د) 14.4 Ω

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

ملاحظات لحل المسائل (3)

إيجاد المقاومة المكافئة لشبكة بها مفتاح في حالة الفتح والغلق:

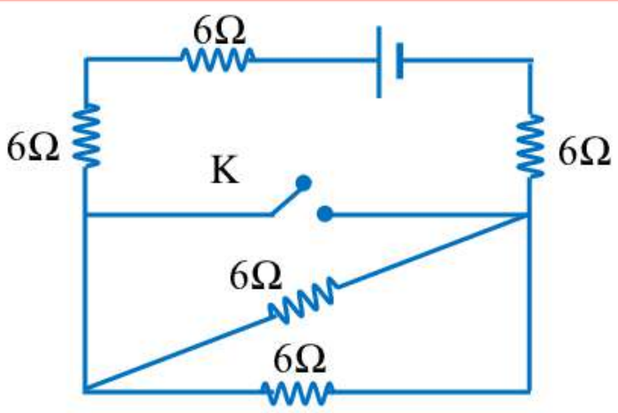
ملحوظة: عند فتح وغلق مفتاح في الدائرة تتغير المقاومة المكافئة في الدائرة.

1) عند غلق المفتاح المتصل على التوازي مع المقاومة الكهربية فتلغى المقاومة لعدم مرور تيار بها.

2) عند فتح المفتاح المتصل على التوالي مع المقاومة الكهربية فتلغى المقاومة لعدم مرور تيار بها.

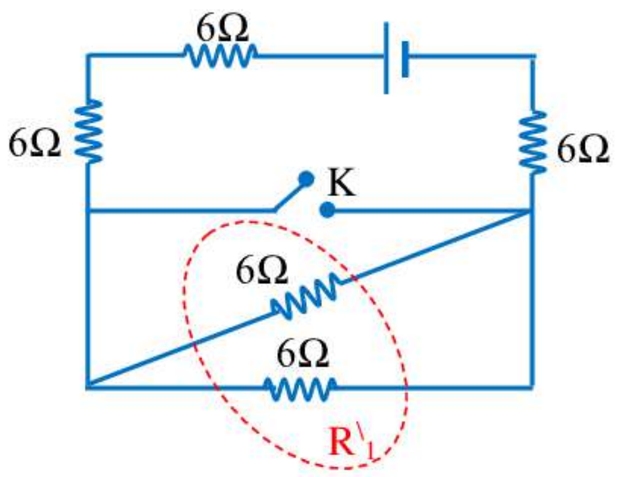
مثال 9

في الشكل المقابل:
احسب المقاومة المكافئة عند فتح وغلق المفتاح.

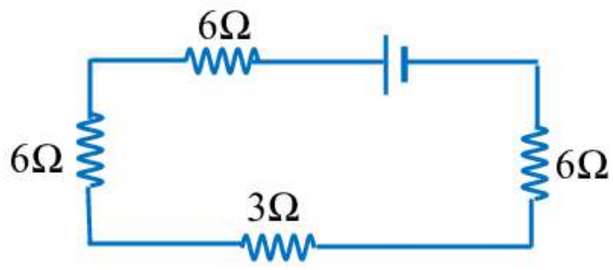


الإجابة

1) في حالة فتح المفتاح:

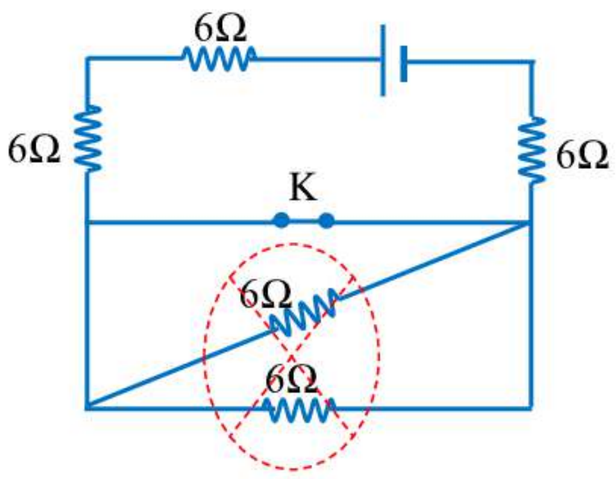


$$R_1^{\setminus} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \times 6}{6 + 6} = 3\Omega$$

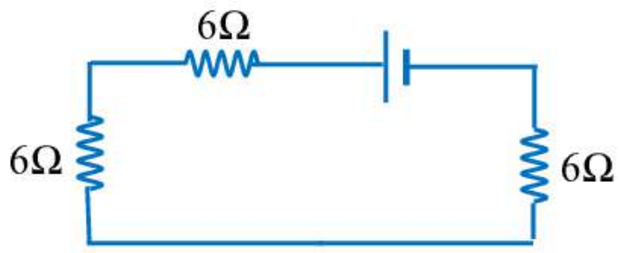


$$R_t^{\setminus} = 6 + 6 + 3 + 6 = \mathbf{21\Omega}$$

2) في حالة غلق المفتاح:



المقاومتان في المجموعة السفلى تلغى لعدم مرور تيار بهما ومروره في السلك عديم المقاومة .



$$R_t^{\setminus} = 6 + 6 + 6 = \mathbf{18\Omega}$$

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

ملاحظات لحل المسائل (4)

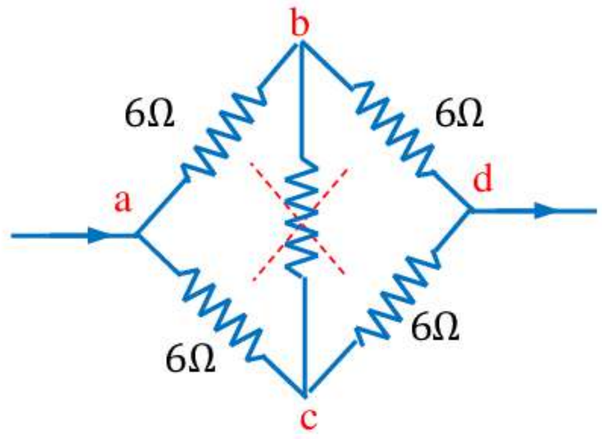
إيجاد المقاومة المكافئة لشبكة بها مقاومة ملغية بسبب تساوي فرق الجهد بين طرفيها:

ملحوظة: إذا تساوى فرق الجهد بين طرفي مقاومة في دائرة كهربية بها مقاومات متساوية فلا يمر بها تيار كهربي فيها وتلغى.

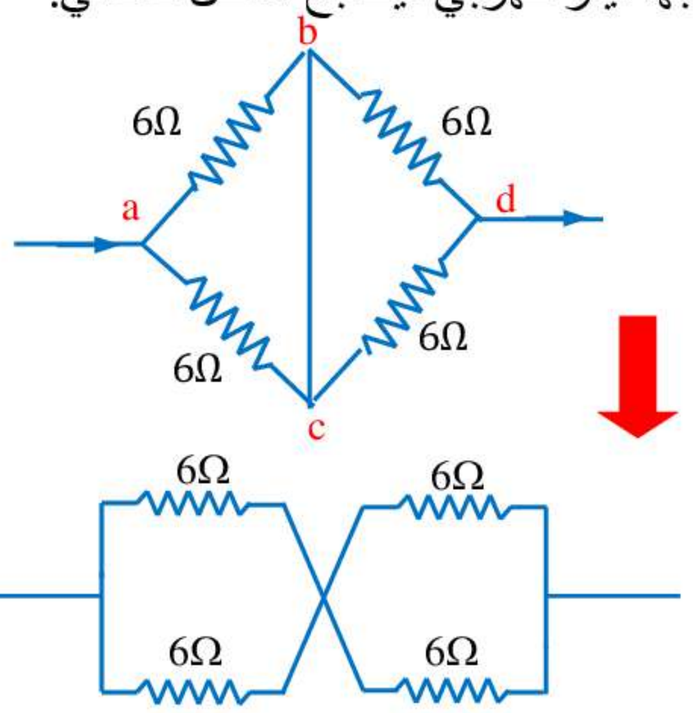
- **في حالة تساوي فرق الجهد بين طرفي المقاومة الكهربية:** مثل تساوي الجهد عند XY

مثال 10

في الأشكال المقابلة: احسب المقاومة المكافئة.



نلاحظ أن: النقاط b، c كنقطة واحدة لهما نفس الجهد فيكون فرق الجهد بينهما = صفر، وتكون المقاومة 4Ω ملغيه فلا يمر بها تيار كهربي فيصبح الشكل كالتالي.

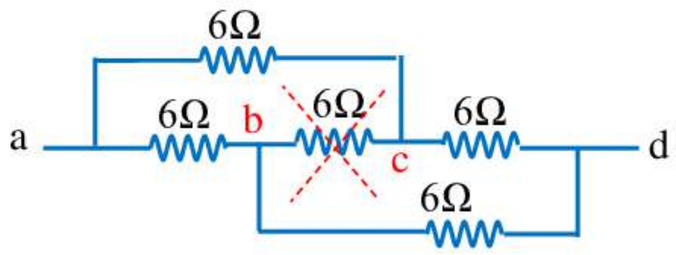


$$R_1^{\setminus} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \times 6}{6 + 6} = 3\Omega$$

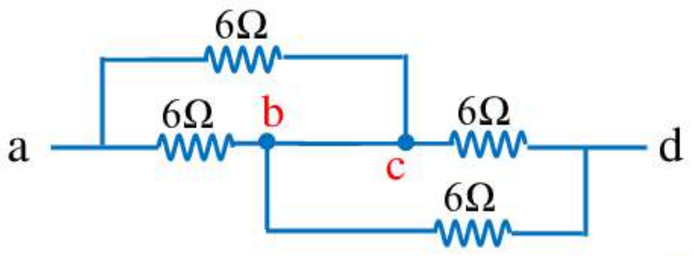
$$R_2^{\setminus} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \times 6}{6 + 6} = 3\Omega$$

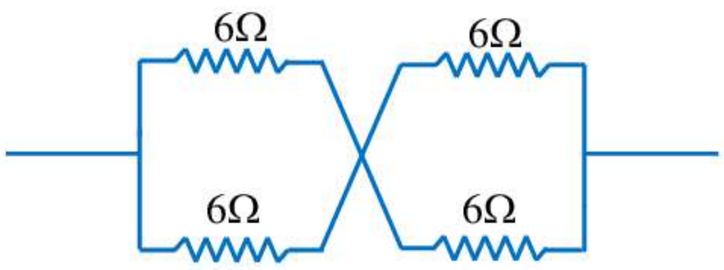
$$R_t^{\setminus} = 3 + 3 = \mathbf{6\Omega}$$

الإجابة



نلاحظ أن: النقاط b، c كنقطة واحدة لهما نفس الجهد فيكون فرق الجهد بينهما = صفر، وتكون المقاومة 6 Ω ملغيه فلا يمر بها تيار كهربي فيصبح الشكل كالتالي.





$$R_1^{\setminus} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \times 6}{6 + 6} = 3\Omega$$

$$R_2^{\setminus} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \times 6}{6 + 6} = 3\Omega$$

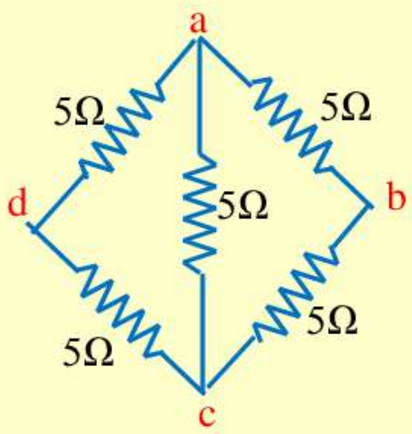
$$R_t^{\setminus} = 3 + 3 = \mathbf{6\Omega}$$

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

مثال 11

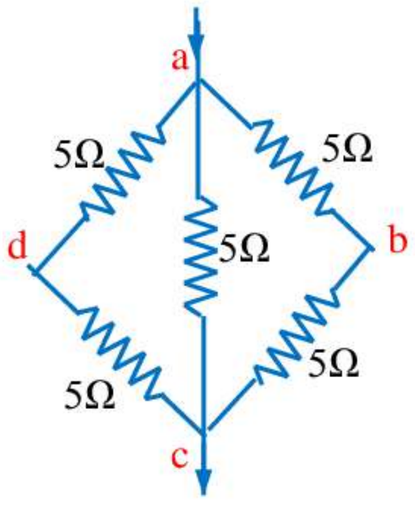
في الشكل المقابل: يوضح خمس مقاومات متساوية قيمة كل منها 5Ω متصلة معا في دائرة كهربية، احسب المقاومة المكافئة لها عند توصيل مصدر كهربي بين:

❶ النقطتين a، c ❷ النقطتين b، d ❸ النقطتين a، d



الإجابة

❶ عند توصيل البطارية بالنقطتين a،c

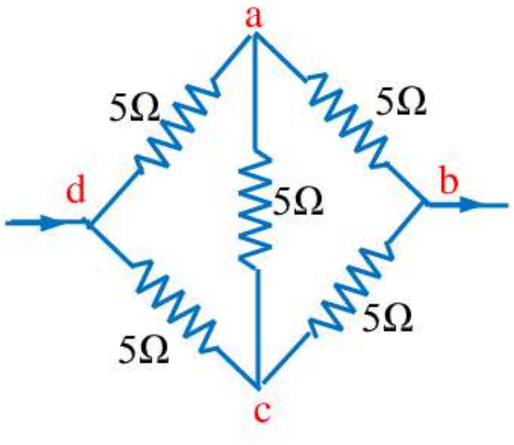


$$R_{abc} = R_{adc} = 5 + 5 = 10$$

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_{abc}} + \frac{1}{R_{adc}} + \frac{1}{R_{ac}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{5} \quad \Rightarrow \quad \therefore R' = \mathbf{2.5\Omega}$$

---

❷ عند توصيل المصدر بين النقطتين d،b لا يمر تيار في المقاومة ac لأن الجهد عند a يساوي الجهد عند c وبالتالي لا يمر تيار في R_{ac} فتلغى.

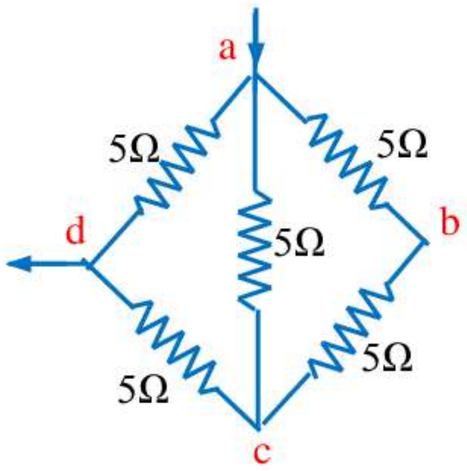


$$R_{bad} = R_{bcd} = \frac{R}{N} = \frac{5}{2} = 2.5\Omega$$

$$R' = 2.5 + 2.5 = \mathbf{5\ \Omega}$$

---

❸ عند توصيل المصدر بين النقطتين a , d



$$R_{abc} = 5 + 5 = 10\Omega$$

المقاومة المكافئة لكل من R_{abc} ، R_{ac}:

$$R' = \frac{R_{abc} \times R_{ac}}{R_{abc} + R_{ac}} = \frac{10 \times 5}{15} = 3.33\Omega$$

$$R_{abcd} = 5 + 3.33 = 8.33\Omega,$$

$$R' = \frac{8.33 \times 5}{8.33 + 5} = 3.125\Omega$$

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

ملاحظات لحل المسائل (5)

◈ التعرف على طريقة توصيل المقاومات في المسألة أو حساب قيمة مقاومة من خلال فرق الجهد وشدة التيار.

❶ نقوم بحساب فرق الجهد وشدة التيار لكل مقاومة على حدة فإذا كان:

a. التيار قيمته متساوية (ثابتة) وفرق الجهد مختلف (غير متساوي) فإن المقاومات تكون متصلة على التوالي

b. التيار قيمته مختلفة وفرق الجهد متساوي فإن المقاومات تكون متصلة على التوازي

❷ أو نقوم بحساب المقاومة الكلية للدائرة من العلاقة: $R_t = \frac{V}{I}$ ثم نستنتج طريقة التوصيل توالي أم توازي.

مثال 12

وصلت ثلاث مقاومات قيمتها (6، 3، 1) أوم بمصدر تيار كهربي وكانت شدة التيار الكهربي المار في كل مقاومة هي (0.1 ، 0.2 ، 0.3) أمبير على الترتيب وضح بالرسم كيفية توصيل تلك المقاومات ، ثم احسب المقاومة الكلية للدائرة الكهربية.

الإجابة

$R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 3\ \Omega$, $R_3 = 1\Omega$

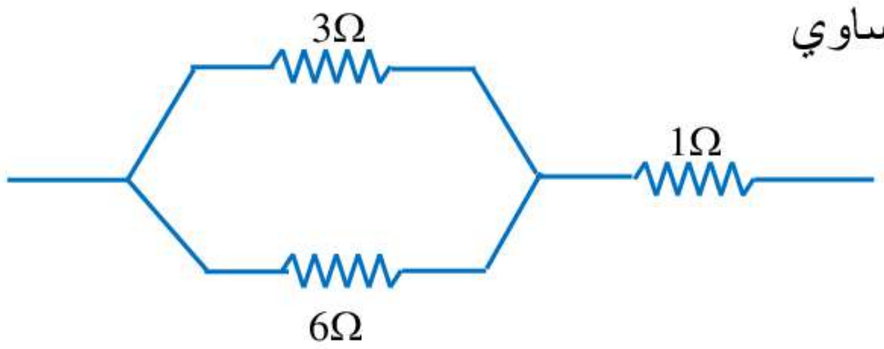
$I_1 = 0.1A$, $I_2 = 0.2A$, $I_3 = 0.3A$

$V_1 = I_1R_1$, $V_2 = I_2R_2$, $V_3 = I_3R_3$

$V_1 = 0.1\times6 = \mathbf{0.6\ V}$, $V_2 = 0.2 \times 3 = \mathbf{0.6\ V}$, $V_3 = 0.3 \times 1 = \mathbf{0.3V}$

∵ شدة التيار في المقاومتين 6، 3 غير متساوية وفرق الجهد لهما متساوي

∴ المقاومتان توازي والمجموعة توالي مع المقاومة 1

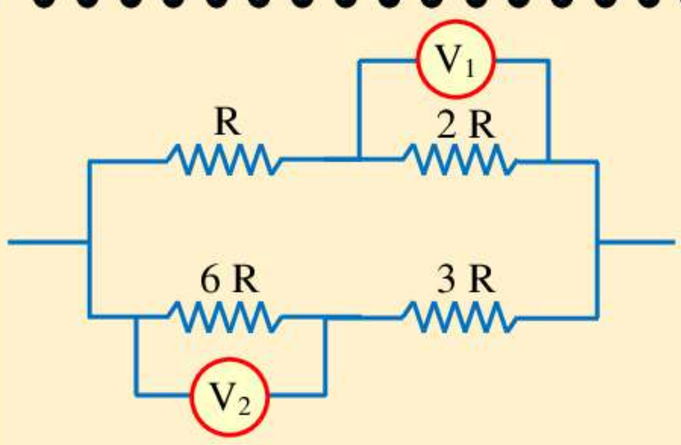


$R_{\text{توازي}} = \frac{R_1\times R_2}{R_1+R_2} = \frac{6\times3}{6+3} = 2\Omega$, $\therefore\ R_t = R_{\text{توازي}} + 1 = 2 + 1 = \mathbf{3\ \Omega}$

فكر وجاوب — مجاب عنه

اختر:

في الشكل المقابل: تكون النسبة بين $\frac{V_1}{V_2}$ .....



أ) $\frac{1}{3}$ ب) $\frac{1}{2}$ ج) $\frac{1}{1}$ د) $\frac{3}{1}$

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

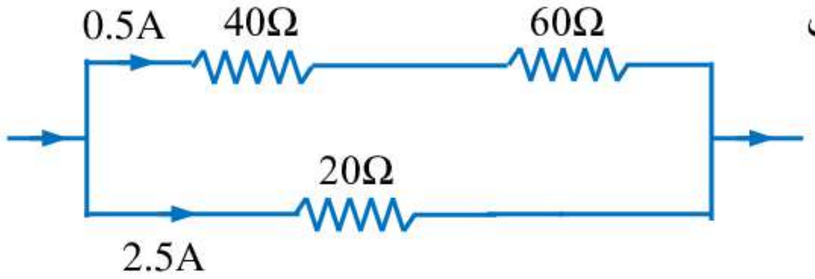
مثال 13

وصلت ثلاث مقاومات 20 ، 40 ، 60 أوم بمصدر تيار كهربي فإذا كان فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة هو 50 ، 20 ، 30 فولت على الترتيب بين بالرسم كيفية توصيل هذه المقاومات ثم احسب المقاومة الكلية للدائرة وشدة التيار الكلي .

الإجابة

نحسب أولا شدة التيار المار في كل مقاومة حتى نتمكن من معرفة طريقة التوصيل:

$\because I = \frac{V}{R} \quad \therefore I_1 = \frac{50}{20} = \mathbf{2.5A} \ , \therefore I_2 = \frac{20}{40} = \mathbf{0.5A} \ , \ \therefore I_3 = \frac{30}{60} = \mathbf{0.5A}$



∵ شدة التيار في المقاومتين 40Ω، 60Ω متساوية وفرق الجهد لهما مختلف

∴ المقاومتان توالي والمجموعة توازي مع المقاومة 20Ω كما بالرسم:

المقاومتان 40Ω، 60Ω توالي فتكون:

$$R_{\text{توالي}} = 60 + 40 = 100\ \Omega$$

المقاومة 100Ω والمقاومة 20Ω توازي فتكون المقاومة الكلية:

$$R' = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{100 \times 20}{100 + 20} = 16.67\Omega$$

$I_{\text{كلي}} = 0.5 + 2.5 = \mathbf{3A}$ **OR** $I_t = \frac{V_B}{R_t} = \frac{50}{16.67} = \mathbf{3A}$

ملاحظات لحل المسائل (6)

مسائل المعادلات:

1) نكون معادله رياضية من كل مشهد أو حالة.

2) ثم بتعويض إحداهما في الأخرى.

مثال 14

وصلت مقاومتان على التوالي فكانت المقاومة الكلية = 25Ω وعندما وصلتا على التوازي كانت المقاومة الناتجة 6 Ω احسب قيمة كل من المقاومتين على حدة.

الإجابة

في حالة التوالي:

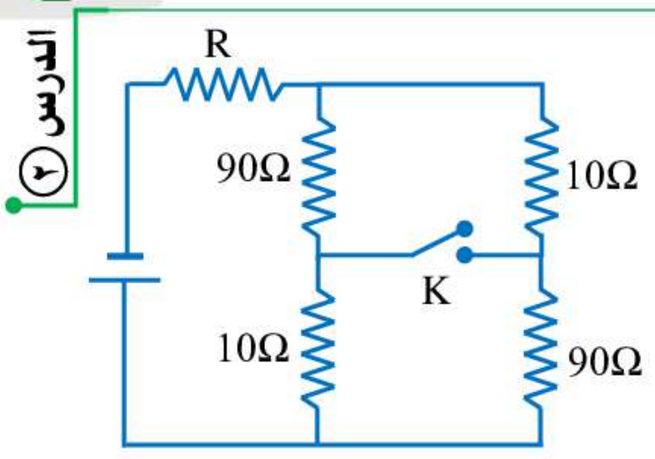
$\because R' = R_1 + R_2 \ , \ \therefore 25 = R_1 + R_2 \ , \ \therefore R_1 = (25 - R_2)$

في حالة التوازي:

$\because R' = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow \therefore 6 = \frac{(25 - R_2)R_2}{25} \Rightarrow \therefore 150 = 25R_2 - R_2^2 \Rightarrow \therefore R_2^2 - 25R_2 + 150 = 0$

$\therefore (R_2 - 10)(R_2 - 15) = 0 \quad \Rightarrow \quad \therefore R_2 = \mathbf{10} \text{ or } \mathbf{15\Omega} \ , \Rightarrow \therefore R_1 = \mathbf{15} \text{ or } \mathbf{10\Omega}$

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital



مثال 15

في الدائرة الموضحة بالشكل: عند غلق المفتاح K تقل قيمة المقاومة المكافئة للدائرة إلى النصف، احسب قيمة المقاومة R (علما بأن المقاومة الداخلية للبطارية مهملة).

الإجابة

نفرض أن: المقاومة الكلية قبل غلق المفتاح هي R_{t1} وبعد غلق المفتاح هي R_{t2}

$$\therefore R_{t2} = \frac{1}{2} R_{t1} \quad \Rightarrow \quad (1)$$

$$\because R_{t1} = R + R_{\text{توازي}} \quad \Rightarrow \quad \therefore R_{t1} = R + \frac{100}{2} \quad \Rightarrow \quad \therefore R_{t1} = R + 50 \quad \Rightarrow \quad (2)$$

$$R_{t2} = R + R_{\text{توالي}} \quad \Rightarrow \quad \therefore R_{t2} = R + 9 + 9 \quad \Rightarrow \quad \therefore R_{t2} = R + 18 \quad \Rightarrow \quad (3)$$

بالتعويض من (2) ، (3) في (1)

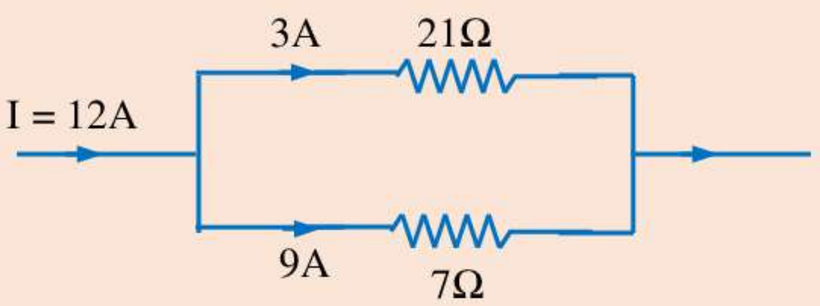
$$\therefore R + 18 = \frac{1}{2}(R + 50) \quad \Rightarrow \quad \therefore 2R + 36 = R + 50, \quad \Rightarrow \quad \therefore R = 14\ \Omega$$

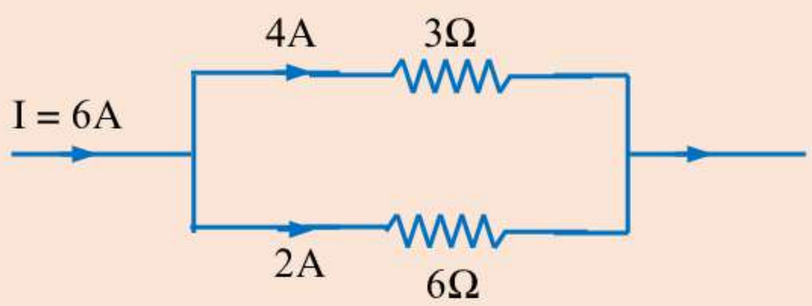
ملاحظات لحل المسائل (7)

ملاحظات حل مسائل حساب قيمة شدة التيار المار في المقاومات وفرق الجهد بين طرفي أي مقاومة وقراءة الأميتر أو الفولتميتر.

1. شدة التيار تتناسب عكسيا مع المقاومة الكهربية لذلك فإنه في التوصيل على التوازي يعمل علي توزيع التيار بنسب عكس نسب المقاومات (أي أن المقاومة الكبيرة يمر بها تيار أقل والعكس صحيح).

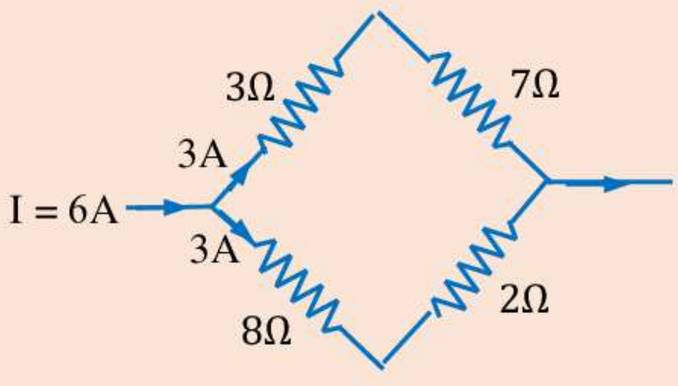
أمثلة توضيحية:

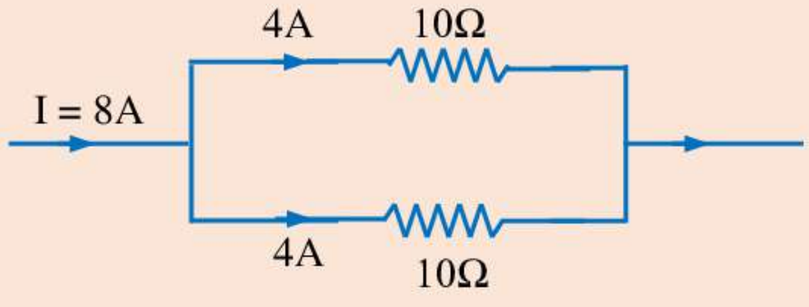




2. إذا كانت المقاومات المتصلة على التوازي متساوية في المقدار فإن التيار يتجزأ عليها بمقادير متساوية :

أمثلة توضيحية:





ثانوية ديجيتال Thanawayh Digital

❸ يمكن حساب النسبة بين التيارين أو المقاومتين من العلاقة:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \text{ or } \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

❹ يمكن حساب التيار الكلي لمقاومتين أو أكثر موصلين على التوازي من العلاقة:

$$I_{كلي} = I_1 + I_2 + I_3 + \ldots$$

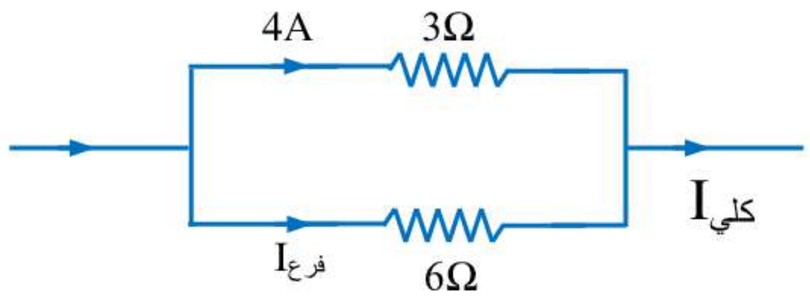
❺ لحساب شدة التيار المار في فرع مقاومة متصل على التوازي نستخدم العلاقات الآتية:

$$V_{فرع} = V_{فرع} \quad \Rightarrow \quad I_{فرع}\, R_{فرع} = I_{فرع}\, R_{فرع}$$

$$V_{توازي} = V_{فرع} \quad \Rightarrow \quad I_{توازي}\, R_{توازي} = I_{فرع}\, R_{فرع}$$

مثال 16

في الشكل المقابل:
احسب شدة التيار المار في المقاومة 6Ω وشدة التيار الكلي



الإجابة

$$V_{فرع} = V_{فرع}$$

$$I_{فرع}\, R_{فرع} = I_{فرع}\, R_{فرع}$$

$$4 \times 3 = I_{فرع} \times 6$$

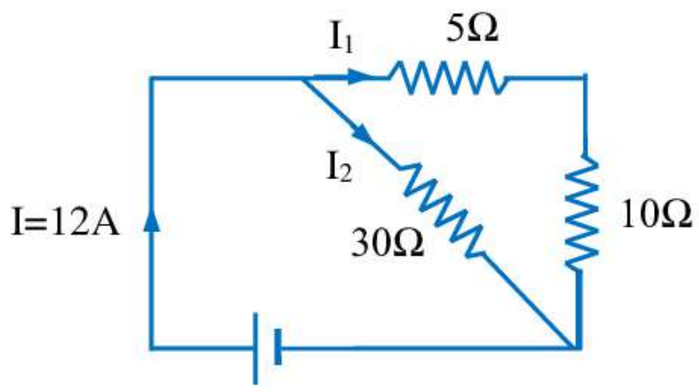
$$I_{فرع} = \mathbf{2A}$$

$$I_{كلي} = I_1 + I_2$$

$$I_{كلي} = 2 + 4 = \mathbf{6A}$$

مثال 17

في الشكل المقابل:
احسب شدة التيار المار في الفرعين (I_1 ، I_2)



الإجابة

$$V_{توازي} = V_{فرع}$$

$$I_{توازي}\, R_{توازي} = I_{فرع}\, R_{فرع}$$

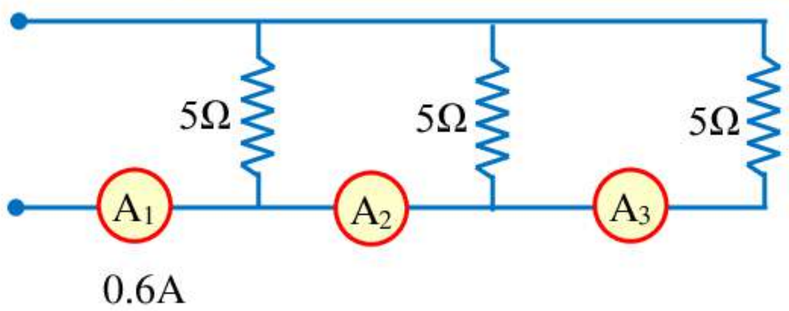
$$12 \times 10 = I_{فرع} \times 15$$

$$I_{فرع1} = \mathbf{8\ A}$$

$$I_{فرع2} = 12 - 8 = \mathbf{4A}$$

مثال 18

من الشكل المقابل: احسب قراءة الأميتر A_2 ، A_3



الإجابة

يتجزأ التيار بالتساوي في المقاومات لأنها متساوية ويصبح تيار كل مقاومة 0.2A

∵ A_2 يقيس تيار مقاومتين: ∴ $A_2 = \mathbf{0.4A}$

∵ A_3 يقيس تيار مقاومة واحدة ∴ $A_3 = \mathbf{0.2A}$

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

مثال 19

مر تيار كهربي شدته 8mA في سلك معدني رفيع (ا ب) , وعندما وصل معه على التوازي سلك آخر له نفس الطول ومن نفس المعدن لزم زيادة شدة التيار إلى 10 mA حتى يظل فرق الجهد بين (ا ب) ثابتاً ، أوجد النسبة بين قطري السلكين .

الإجابة

∵ بعد توصيل السلك الثاني (V) يظل فرق الجهد بين (ا ب) ثابت

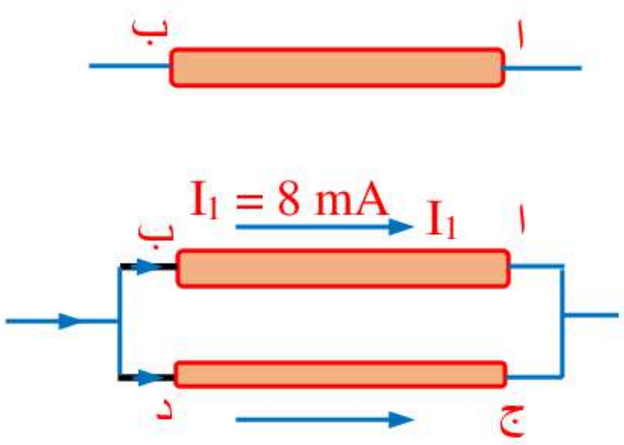
∴ تظل شدة التيار في (ا ب) ثابتة بعد توصيل السلك الثاني

$I_1 = 8\ mA$ في (ا ب)

∴ شدة التيار في السلك الثاني (ج د)

$I_2 = I - I_1 = 10 - 8 = 2\ mA$

فرق الجهد بين طرفي (ا ب) = فرق الجهد بين طرفي (ج د)



$V_{جد} = V_{اب}$

$$I_2R_2 = I_1R_1 \Rightarrow 2R_2 = 8R_1 \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{8}{2} = \frac{4}{1}$$

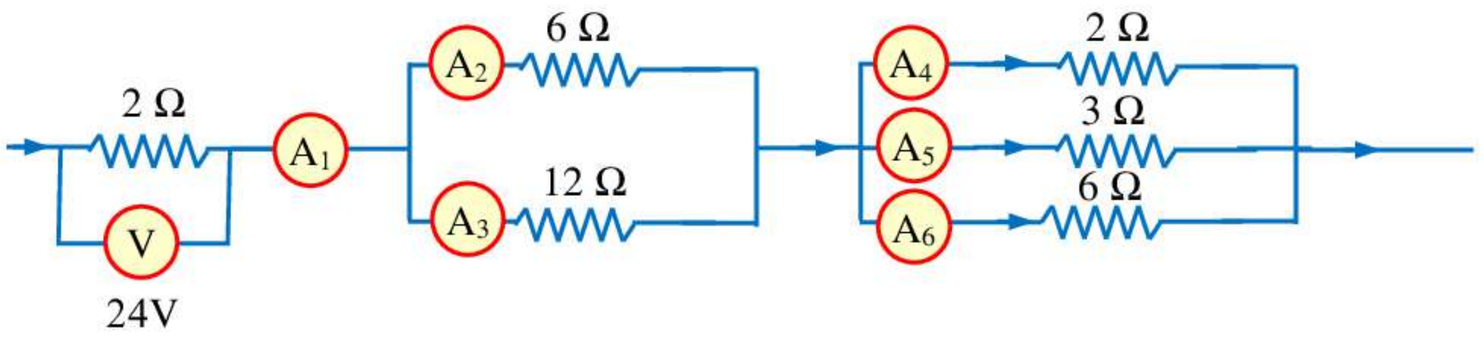
السلكان لهما نفس الطول ومن نفس المادة

$$\therefore \frac{R_2}{R_1} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{\pi r_1^2}{\pi r_2^2}$$

$$\frac{r_1^2}{r_2^2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{4}{1} \Rightarrow \frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{4}{1}} = \frac{2}{1} \Rightarrow \frac{2r_1}{2r_2} = \frac{\mathbf{2}}{\mathbf{1}}$$

مثال 20

من الشكل المقابل:
احسب قراءة الأميترات



A_1

$I = \frac{V}{R} = \frac{24}{2} = \mathbf{12A}$

A_2

$(IR)_{مجموعة} = (IR)_{فرع}$

$(12 \times 4) = (I_2 \times 6)$

$I_2 = \mathbf{8A}$

A_3

$(IR)_{مجموعة} = (IR)_{فرع}$

$(12 \times 4) = (I_3 \times 12)$

$I_3 = \mathbf{4A}$

A_4

$(IR)_{مجموعة} = (IR)_{فرع}$

$(12 \times 1) = (I_4 \times 2)$

$I_4 = \mathbf{6A}$

A_5

$(IR)_{مجموعة} = (IR)_{فرع}$

$(12 \times 1) = (I_5 \times 3)$

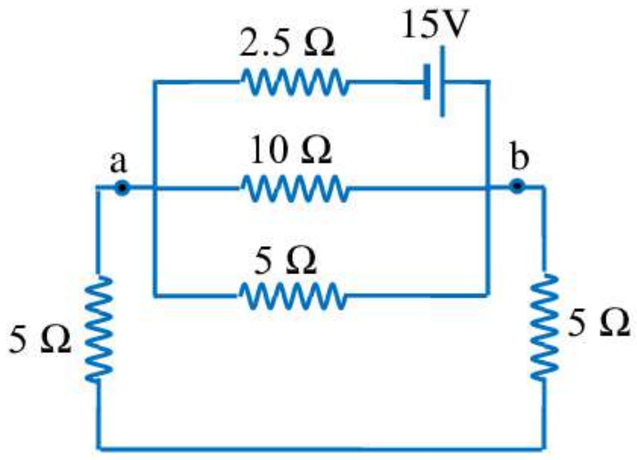
$I_5 = \mathbf{4A}$

A_6

$I_6 = 12 - (6 + 4)$

$I_6 = \mathbf{2A}$

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital



مثال 21

في الدائرة الموضحة بالشكل ، احسب :

1. المقاومة المكافئة للدائرة.
2. شدة التيار الكلي المار في الدائرة.
3. فرق الجهد بين النقطتين a ، b

الإجابة

1. المقاومة المكافئة للدائرة.

$$R'_1 = 5 + 5 = 10\Omega$$

$$\frac{1}{R'_2} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{10} + \frac{1}{5} + \frac{1}{10} = \frac{1}{2.5}$$

$$\therefore R'_2 = 2.5\Omega$$

$$R_t = 2.5 + 2.5 = \mathbf{5\Omega}$$

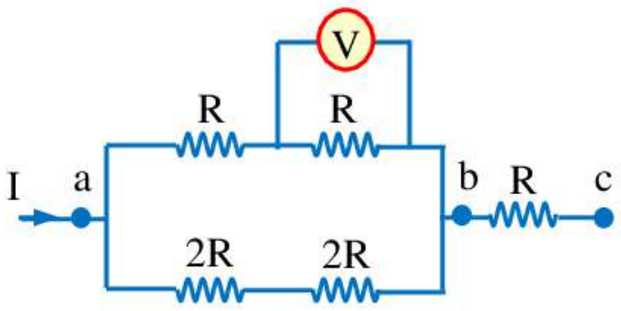
2. حساب شدة التيار الكلي:

$$I_1 = \frac{V}{R} = \frac{15}{5} = \mathbf{3A}$$

3. فرق الجهد بين النقطتين a، b

$$V_{ab} = IR = 3 \times 2.5 = \mathbf{7.5V}$$

مثال 22



في الشكل المقابل إذا كانت قراءة الفولتميتر 4V احسب قراءته عندما يوصل بين:

1. النقطتين b، c
2. النقطتين a , c

الإجابة

1. مقاومتي الفرع العلوي (توالى) ومتساويتان

∴ فرق الجهد بين طرفي الفرع العلوي = ضعف فرق الجهد لإحدى المقاومتين في الفرع العلوي.

$$V_{ab}{}_{\text{فرع علوي}} = 2 \times 4 = 8\ V$$

$R = 2R$ كلية للفرع العلوي

$$I_1 = \frac{V_{ab}}{R_{\text{فرع علوى}}} = \frac{8}{2R} = \frac{4}{R}\,A$$

$$V_{ab}{}_{\text{فرع علوي}} = V_{ab}{}_{\text{فرع سفلي}} \Rightarrow I_1R_1 = I_2R_2 \Rightarrow \frac{4}{R} \times 2R = I_2 \times 4R \Rightarrow \therefore I_2{}_{\text{فرع سفلي}} = \frac{2}{R}$$

$$I_t = I_1 + I_2 = \frac{4}{R} + \frac{2}{R} = \frac{6}{R}$$

$$\therefore V_{cb} = I_t\, R_{cb} = \frac{6}{R} \times R = \mathbf{6\ V}$$

2. $V_{ac} = V_{ab} + V_{bc} = 8 + 6 = 14\ V \Rightarrow \therefore V_{ac} = \mathbf{14\ V}$

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

ملاحظات لحل المسائل (8)

❶ **عندما يكون لديك شكل هندسي أضلاعه غير متساوية وطلب منك طريقة توصيل البطارية بأي ضلع للحصول على:**

- أكبر مقاومة للشكل (أي يمر أقل تيار) توصل البطارية بالضلع الأكبر مقاومة
- أقل مقاومة للشكل (أي يمر أكبر تيار) توصل البطارية بالضلع الأقل مقاومة

❷ **عند تشكيل سلك مقاومته (R) على شكل مضلع منتظم فإن مقاومة كل ضلع تحسب من العلاقة:**

$$R_{\text{ضلع}} = \frac{R_{\text{سلك}}}{N}$$

حيث : N عدد الاضلاع

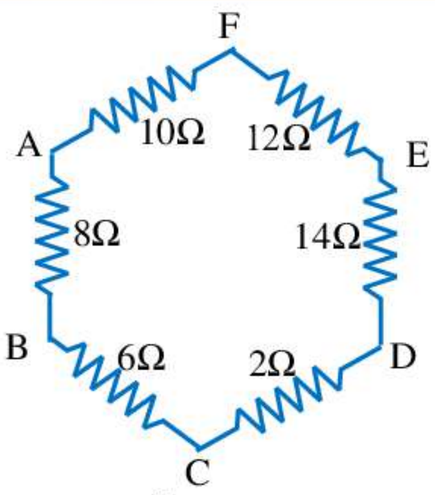
❸ **عند تشكيل سلك مقاومته (R) على شكل دائرة ودخول وخروج التيار بين طرفي قطر أو وتر للدائرة فإن المقاومة تحسب كالآتي:**

- يقسم السلك إلى مقاومتان النسبة بينهم تساوي النسبة بين الزاويتين ويقسم التيار عكس نسب المقاومات:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

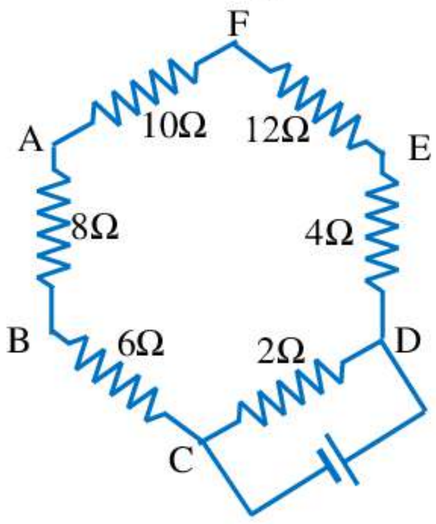
مثال 23

في الشكل المقابل: مضلع سداسي رؤوسه ABCDEF وصلت مقاومات في أضلاعه 2 ، 6 ، 8 ، 10 ، 12 ، 4 أوم على الترتيب ، وضح كيف توصل رأسين من رؤوسه ببطارية بحيث تكون المقاومة الكلية أصغر ما يمكن وما قيمتها .



الإجابة

للحصول على أصغر مقاومة من المضلع السداسي توصل البطارية بين طرفي أصغر مقاومة وهي 2 أوم كما بالشكل:

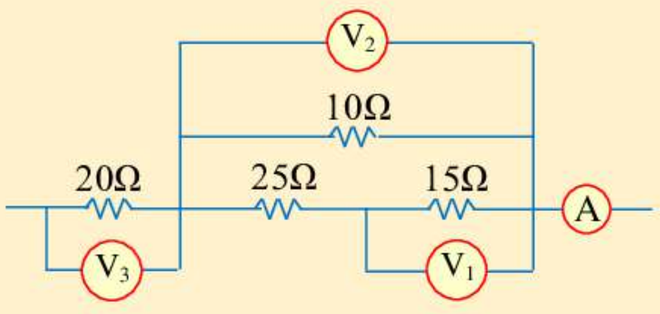


$$R' = \frac{R_1 \times R_{\text{توالي}}}{R_1 + R_{\text{توالي}}} = \frac{2 \times 40}{2 + 40} = \mathbf{1.9\Omega}$$

فكر وجاوب — مجاب عنه

اختر:

في الدائرة الكهربية المقابلة: إذا علمت أن قراءة الفولتميتر (V_1) تساوي (6V) تكون قراءة الأميتر (A) والفولتميتر (V_2) والفولتميتر (V_3)



	الأميتر (A)	الفولتميتر (V_2)	الفولتميتر (V_3)
أ	0.4A	4V	8V
ب	1.6A	16V	32V
حـ	2A	16V	40V
ء	2A	20V	3.2V

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

مثال 24

سلك منتظم المقطع يمر به تيار شدته 0.1 أمبير عندما كان فرق الجهد بين طرفيه 1.2 فولت ، ثم جعل السلك على شكل مربع مغلق ا ب ج د ، احسب المقاومة المكافئة للسلك في الحالتين الآتيتين :

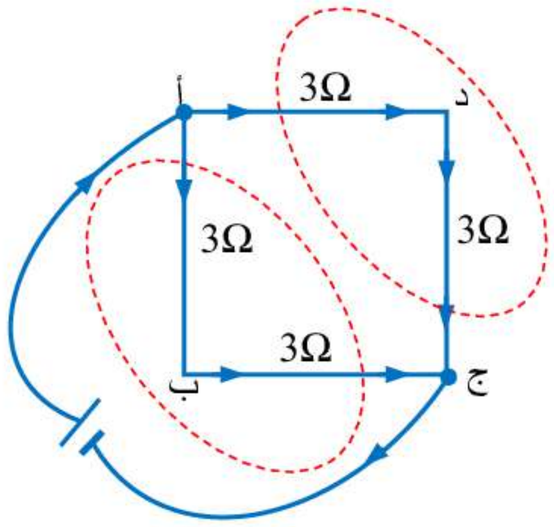
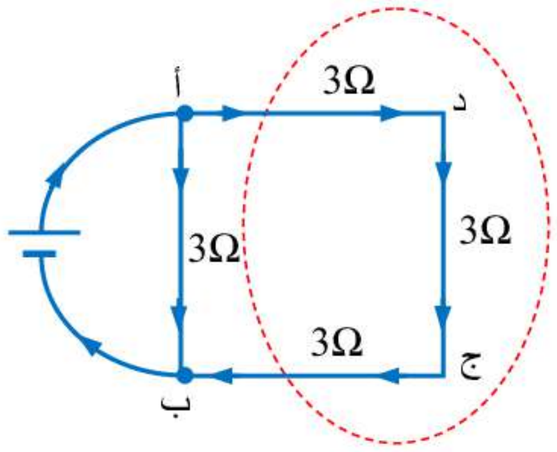
❶ توصيل المصدر بالنقطتين ا, ج

❷ توصيل المصدر بالنقطتين ا, ب

الإجابة

∴ مقاومة السلك $R = \frac{V}{I} = \frac{1.2}{0.1} = 12\ \Omega$

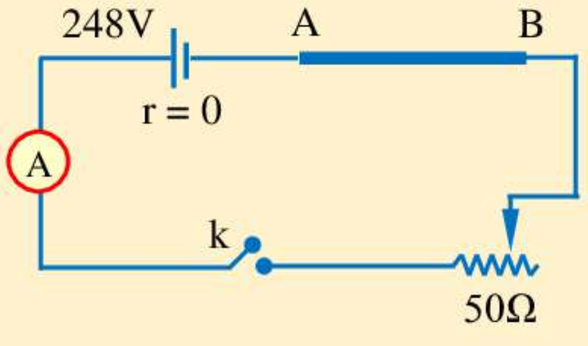
السلك على شكل مربع مقاومة كل ضلع من أضلاعه $R_{\text{ضلع}} = \frac{12}{4} = 3\ \Omega$

❶ عند توصيل المصدر بالنقطتين أ ، ج	❷ عند توصيل المصدر بالنقطتين أ , ب
	
الضلعين ا د , د ج توالي $\therefore R_{\text{ا د ج}} = 6\Omega$ الضلعين ا ب , ب ج توالي $R_{\text{ا ب ج}} = 6\Omega$ ∴ المقاومة $R_{\text{ا ب ج}}$ توازي مع $R_{\text{ا د ج}}$ $\therefore R_{\text{كلية}} = \frac{6}{2} = \mathbf{3\Omega}$	الأضلاع ا د , د ج , ج ب توالي $R_{\text{ا د ج ب}} = 3 \times 3 = 9\Omega$ وهما مع ا ب توازي $R_{\text{ا ب}} = 3\Omega$ $R_{\text{كلية}} = \frac{3\times9}{3+9} = \mathbf{2.25\Omega}$

فكر وجاوب — مجاب عنه

اختر:

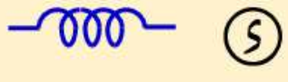
إذا تم إعادة تشكيل السلك AB مع ثبوت قيمة المقاومة المتغيرة عند 50Ω ، لتتغير قراءة الأميتر من 4A إلى 4.679A فإن الشكل الصحيح للسلك بعد تشكيله هو



أ

ب

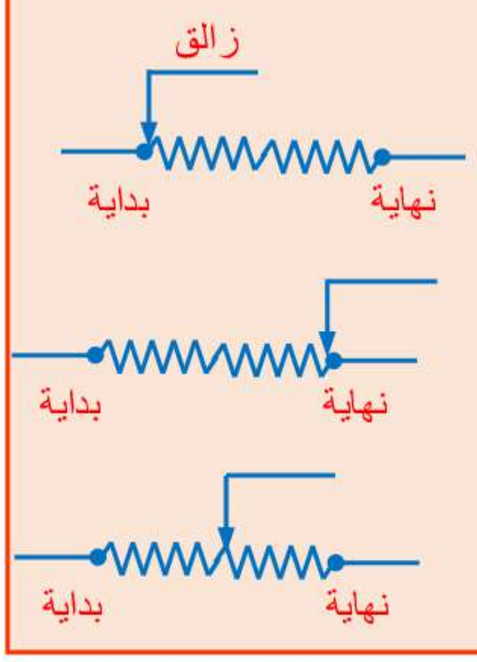
ج

د 

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

ملاحظات لحل المسائل (9)

عند وجود وريوستات مقاومته R في دائرة كهربية:



فعند ضبط الزالق: -

♦ **عند بداية الريوستات:**

فان المقاومة المأخوذة من الريوستات تساوى صفر حيث لا يمر تيار بمقاومة الريوستات.

♦ **عند نهاية الريوستات:**

فان المقاومة المأخوذة من الريوستات تساوى R حيث يمر التيار بمقاومة الريوستات كلها.

♦ **عند منتصف الريوستات:** فان المقاومة المأخوذة من الريوستات تساوى $\frac{R}{2}$ (نصف مقاومة الريوستات) حيث يمر التيار بنصف بمقاومة الريوستات فقط.

مثال 25

وصل بطارية 6V وأميتر ومقاومته ثابته (R) وريوستات معا علي التوالي ، فعند ضبط الزالق عند بداية الريوستات مر بالدائرة تيار شدته 0.6 A وعند ضبط الزالق عند نهاية الريوستات مر بالدائرة تيار شدته 0.1 A احسب:

❶ المقاومة (R) ❷ مقاومة الريوستات (R_V)

❶ لحساب المقاومة (R)

الإجابة

(في بداية الريوستات فان المقاومة المأخوذة من الريوستات = صفر حيث لا يمر فيها تيار كهربي).

$$\because I = \frac{V}{R}$$

$$\therefore 0.6 = \frac{6}{R} \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad \therefore R = \mathbf{10\Omega}$$

❷ لحساب مقاومة الريوستات (R_V)

عند نهاية الريوستات فان المقاومة المأخوذة من الريوستات تكون كاملة حيث يمر التيار بمقاومة الريوستات كلها.

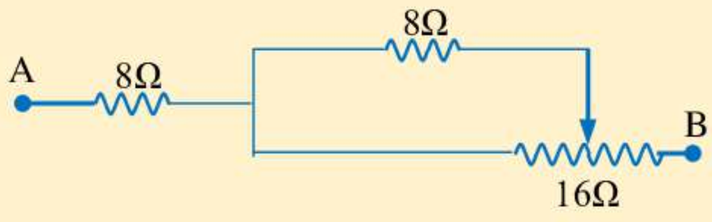
$$\because I = \frac{V}{R + R_V}$$

$$\therefore 0.1 = \frac{6}{10 + R_V} \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad \therefore R_V = \mathbf{50\Omega}$$

فكر وجاوب — مجاب عنه

اختر:

الشكل يوضح: جزء من دائرة كهربية ، إذا كانت مقاومة الريوستات 16Ω ، والزالق في المنتصف تماما، تكون المقاومة المكافئة بين النقطتين A ، B تساوي ..... (Ω) .



أ) $\frac{8}{3}$ ب) $\frac{3}{8}$ حـ) 20 د) 24

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

ملاحظات لحل المسائل (10)

◈ مفهوم شدة الاضاءة في المصابيح = مقدار القدرة:

الطاقة الكهربية (E) :

$$E = W = P_W . t = V \cdot Q = V \cdot I \cdot t = I^2 . R . t = \frac{V^2 \cdot t}{R}$$

القدرة الكهربية (P_W) :

$$P_W = \frac{W}{t} = IV = I^2 . R = \frac{V^2}{R}$$

◈ القدرة اللازمة لتشغيل عدة مصابيح متماثلة = عدد المصابيح × قدرة المصباح الواحد.

مثال 26

مصدر كهربي مكتوب عليه (5000W – 240V) يستخدم في إضاءة الطوارئ لمدرسة في حالة انقطاع التيار للمصدر الرئيسي يوصل بمصابيح على التوازي عددها 35 مصباح مدون على كل مصباح (60W – 240V) احسب :

❶ أكبر شدة تيار صمم المصدر من أجلها.
❷ القدرة اللازمة لإضاءة كل المصابيح معاً.
❸ هل المصدر هذا ملائم لإضاءة المدرسة ؟ ولماذا ؟
❹ ماذا يحدث عند استبدال المصابيح بأخرى مكتوب على كل منها (150W – 240V)

الإجابة

❶ أكبر شدة تيار:

$$I = \frac{P_{w_{مصدر}}}{V} = \frac{5000}{240} = \mathbf{20.83\ A}$$

❷ القدرة اللازمة لتشغيل كل المصابيح = عدد المصابيح × قدرة المصباح الواحد.

$$P_w = 35 \times 60 = \mathbf{2100\ W}$$

❸ المصدر ملائم، لأن قدرته (5000 W) أكبر من القدرة اللازمة لتشغيل كل المصابيح.

- عند استبدال المصابيح بأخرى مكتوب على كل منها (150W – 240V)

القدرة اللازمة لتشغيل كل المصابيح = عدد المصابيح × قدرة المصباح الواحد

$$P_w = 35 \times 150 = \mathbf{5250\ W}$$

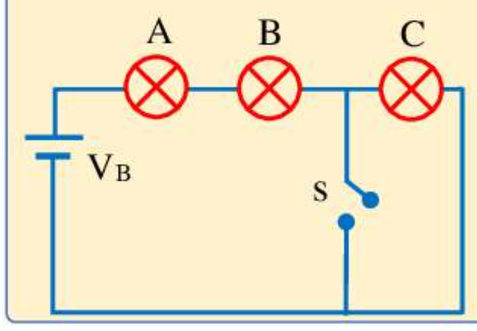
∴ المصدر غير ملائم ، لأن قدرته (5000 W) أقل من القدرة اللازمة لتشغيل كل المصابيح.

فكر وجاوب مجاب عنه

اختر:

ثلاث مصابيح كهربية متماثلة موصلة معاً كما في الشكل المجاور، إذا أغلق المفتاح (S)

(أ) شدة إضاءة المصباحين A , B تزداد
(ب) شدة إضاءة المصباح C تزداد.
(حـ) شدة إضاءة المصباحين A , B تقل
(د) شدة إضاءة كل من A, C تزداد بينهما B تقل



ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

ملاحظات لحل المسائل (11)

◈ **للمقارنة بين القدرة المستهلكة في مقاومتين إذا كانت المقاومتان متصلتان:**

❶ **على التوالي:** شدة التيار فيهما متساوية.

$$\frac{(P_W)_1}{(P_W)_2} = \frac{I^2R_1}{I^2R_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad \therefore P_W \propto R$$

❷ **على التوازي:** فرق الجهد بين طرفيهما متساوي

$$\frac{(P_W)_1}{(P_W)_2} = \frac{V^2}{R_1} \times \frac{R_2}{V^2} = \frac{R_2}{R_1} \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad \therefore P_w \propto \frac{1}{R}$$

مثال 27

مصباحين متصلين علي **التوالي** مقاومتهما (R_2 , R_1) حيث ($R_2 > R_1$) فأيهما أكبر اضاءة.

الإجابة

– **في البداية تنظر لطريقة التوصيل نلاحظ أنها على التوالي فتكون شدة التيار ثابتة فنطبق العلاقة:**

$$(P_W = I^2R) \quad \Rightarrow \quad \therefore \frac{(P_W)_1}{(P_W)_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad \Rightarrow \quad \therefore P_W \propto R$$

$$\because R_2 > R_1 \quad \Rightarrow \quad \therefore (P_W)_2 > (P_W)_1$$

نلاحظ من العلاقة أن المقاومة تتناسب طرديا مع القدرة فيكون المصباح (2) أكبر اضاءة من المصباح (1)

مثال 28

مصباحين متصلين علي **التوازي** مقاومتهما (R_2, R_1) ، حيث ($R_2 > R_1$) فأيهما أكبر اضاءة .

الإجابة

– **في البداية تنظر لطريقة التوصيل نلاحظ أنها على التوازي فيكون فرق الجهد ثابت فنطبق العلاقة:**

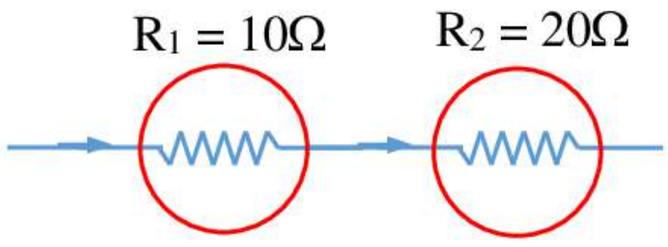
$$\left(P_W = \frac{V^2}{R}\right) \quad \Rightarrow \quad \therefore \frac{(P_W)_1}{(P_W)_2} = \frac{R_2}{R_1} \quad \Rightarrow \quad \therefore P_W \propto \frac{1}{R}$$

$$\because R_2 > R_1 \quad \Rightarrow \quad \therefore (P_W)_1 > (P_W)_2$$

نلاحظ من العلاقة أن المقاومة تتناسب عكسيا مع القدرة فيكون المصباح (1) أكبر اضاءة من المصباح (2)

مثال 29

اذا كانت القدرة الكهربية في المقاومة R_1 هي 40 watt ،
احسب القدرة المستهلكة في المقاومة R_2



الإجابة

$$\because \frac{(P_W)_1}{(P_W)_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad \Rightarrow \quad \therefore \frac{40}{(P_W)_2} = \frac{10}{20} \quad \Rightarrow \quad \therefore (P_W)_2 = \mathbf{80\ watt}$$

ثانوية ديجيتال
Thanawayh Digital

ملاحظات لحل المسائل (12)

◈ للمقارنة بين القدرة المستهلكة في عدة مقاومات متساوية إذا كانت متصلة بنفس المصدر مرة على **التوالي** ومرة أخرى على **التوازي**:

❶ في حالة التوصيل على التوالي:

$$P_{W1} = \frac{V^2}{NR} \quad \Rightarrow (1)$$

❷ في حالة التوصيل على التوازي:

$$P_{W2} = \frac{V^2}{\frac{R}{N}} = \frac{NV^2}{R} \Rightarrow (2)$$

❸ في حالة المقارنة بين التوصيل على التوالي والتوازي من العلاقة (1) أو (2):

$$\frac{(P_w)_1}{(P_w)_2} = \frac{\frac{V^2}{NR}}{\frac{NV^2}{R}} = \frac{1}{N^2}$$

مثال 30

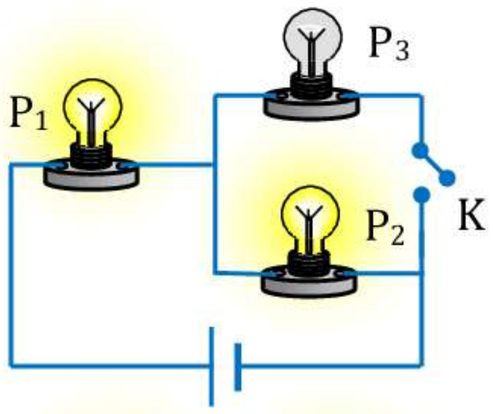
قارن بين القدرة المستهلكة في ثلاث مقاومات متساوية متصلة مرة على التوالي ومرة آخرى على التوازي مع نفس المصدر.

$$\frac{(P_w)_1}{(P_w)_2} = \frac{1}{N^2} = \frac{1}{(3)^2} = \mathbf{\frac{1}{9}}$$

مثال 31

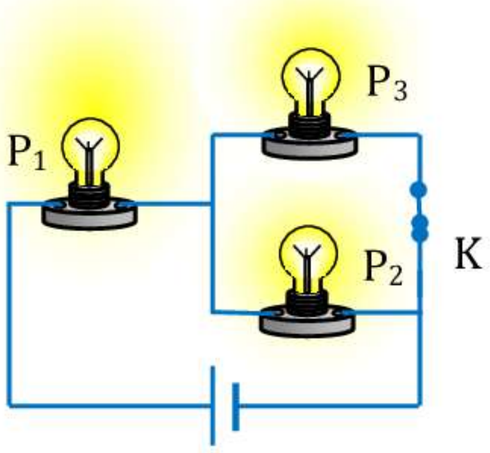
في الشكل المقابل : ثلاث مصابيح متماثلة قارن بين إضاءة المصباحين P_1 , P_2 عند:

❶ فتح المفتاح (K)　　❷ غلق المفتاح (K)



الإجابة

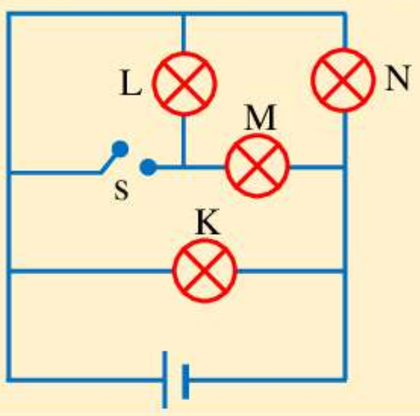
الحالة	P_1	P_2
❶ فتح المفتاح K	اضاءة المصابيح متساوية $P_1 = P_2$ لأن توصيل المصابيح على التوالي	
❷ غلق المفتاح K	تزداد الاضاءة	تقل الاضاءة



فكر وجاوب مجاب عنه

اختر:

في الشكل المجاور دائرة كهربية تتكون من أربعة مصابيح (K , L , M , N) متماثلة وبطارية ومفتاح والمصابيح الأربعة تشع ضوءاً أي من المصابيح تزداد شدة اضاءته عند غلق المفتاح (S) .....



أ) K　　ب) N　　حـ) M　　ء) L