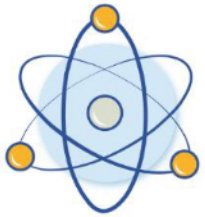
موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

2

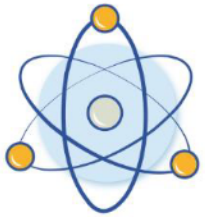


مخططات الدوائر الكهربائية

إعداد: أ.يمنى الحجرية

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

2



مخططات الدوائر الكهربائية

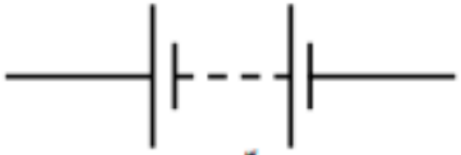
مكونات الدائرة الكهربائية

توصيل المقاومات

مكونات الدائرة الكهربائية

نقطة تفرع التيّار

خلية



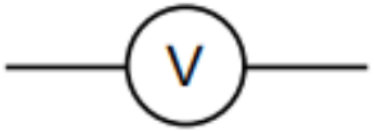
بطّارية

مصدر جهد كهربائي

مفتاح كهربائي مفتوح

مفتاح كهربائي مغلق

أمّيتر



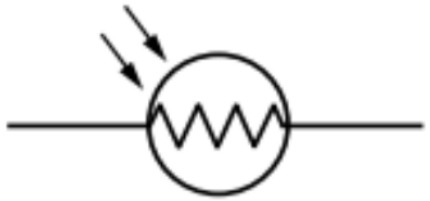
ڤولتميتر

مصباح

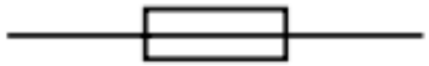
مقاومة ثابتة

مقاومة متغيّرة

مقاومة حرارية



مقاومة ضوئية

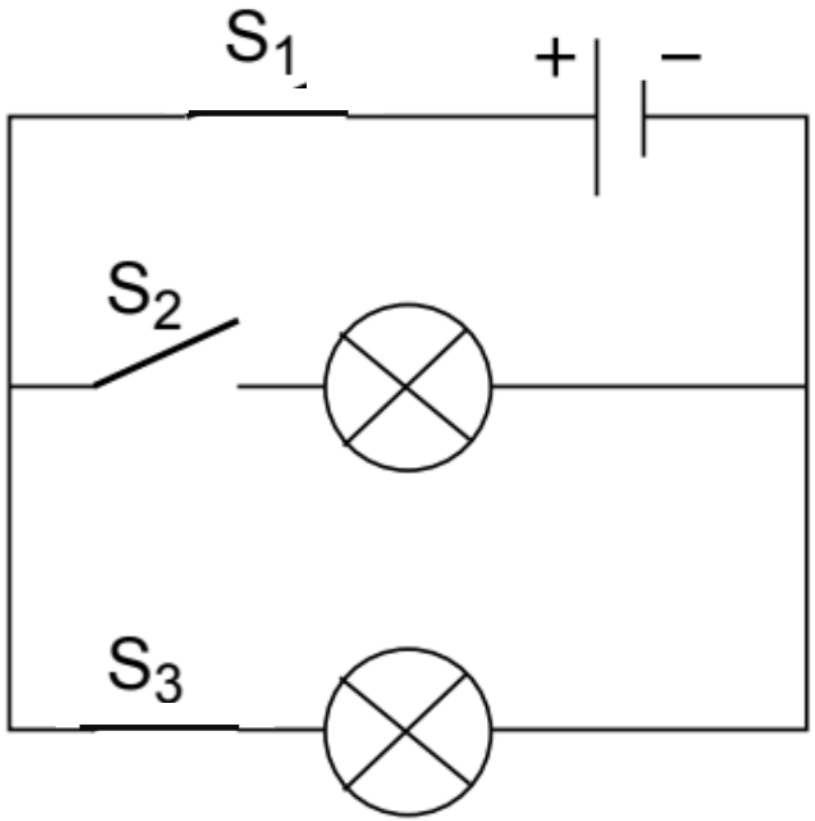


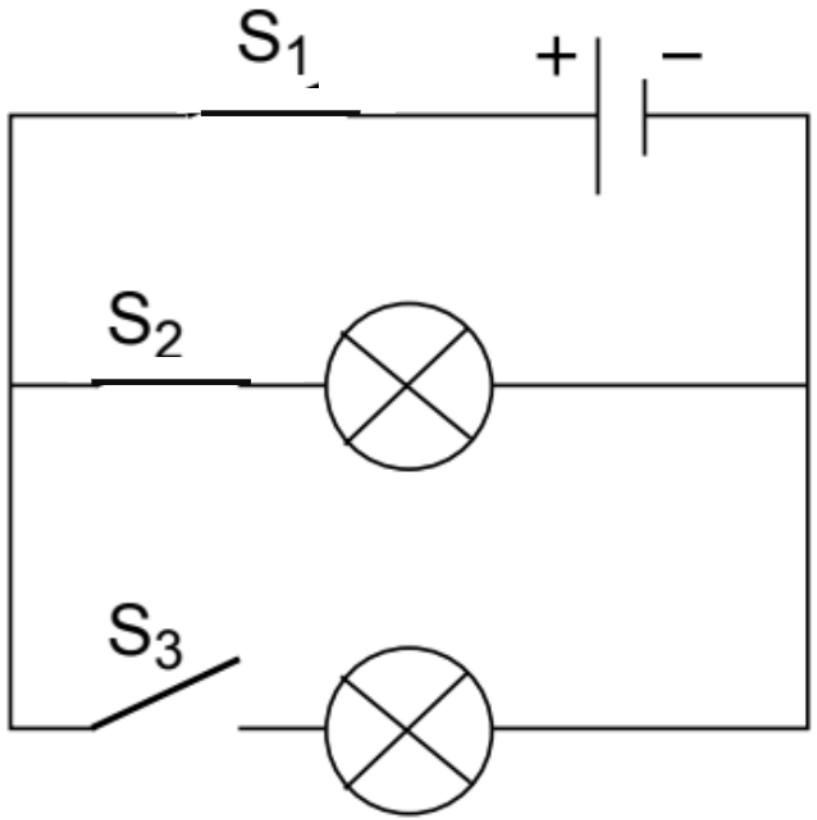
منصهر

Oman22.com موقع عمان 22 التعليمي

المفتاح

أي مصباح سيضيئ إذا أغلقنا..؟





Oman22.com موقع عمان 22 التعليمي

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

المقاومات

للتحكم بمقدار شدة التيار الكهربائي في الدائرة الكهربائية

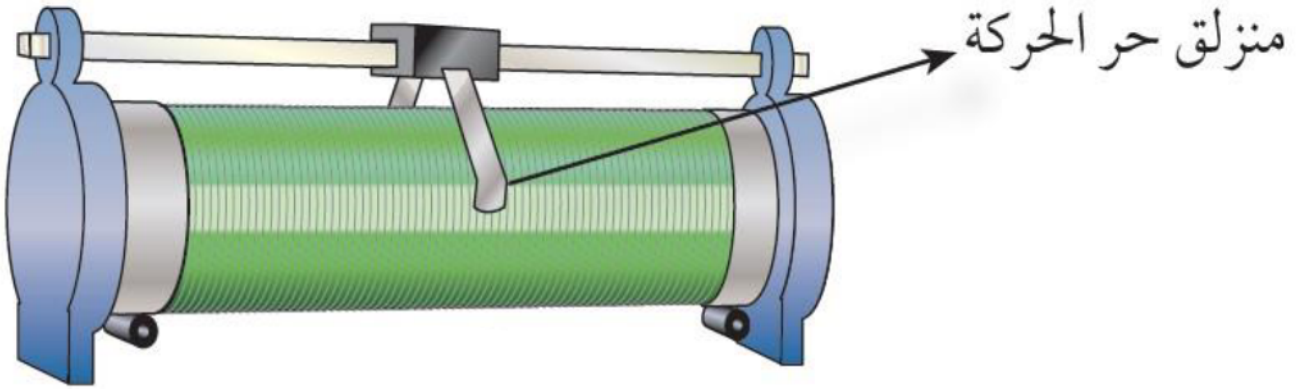
تكون مصنوع من خليط من فلزين أو أكثر مقاومتهم عالية أو من الكربون (الجرافيت).

الصورة ٢-٢ مجموعة مختارة من المقاومات الثابتة، بعضها له ترميز من حلقات ملوَّنة للإشارة إلى قيمة مقاوَمتها، وتستخدم الأخرى ترميزًا رقميًّا

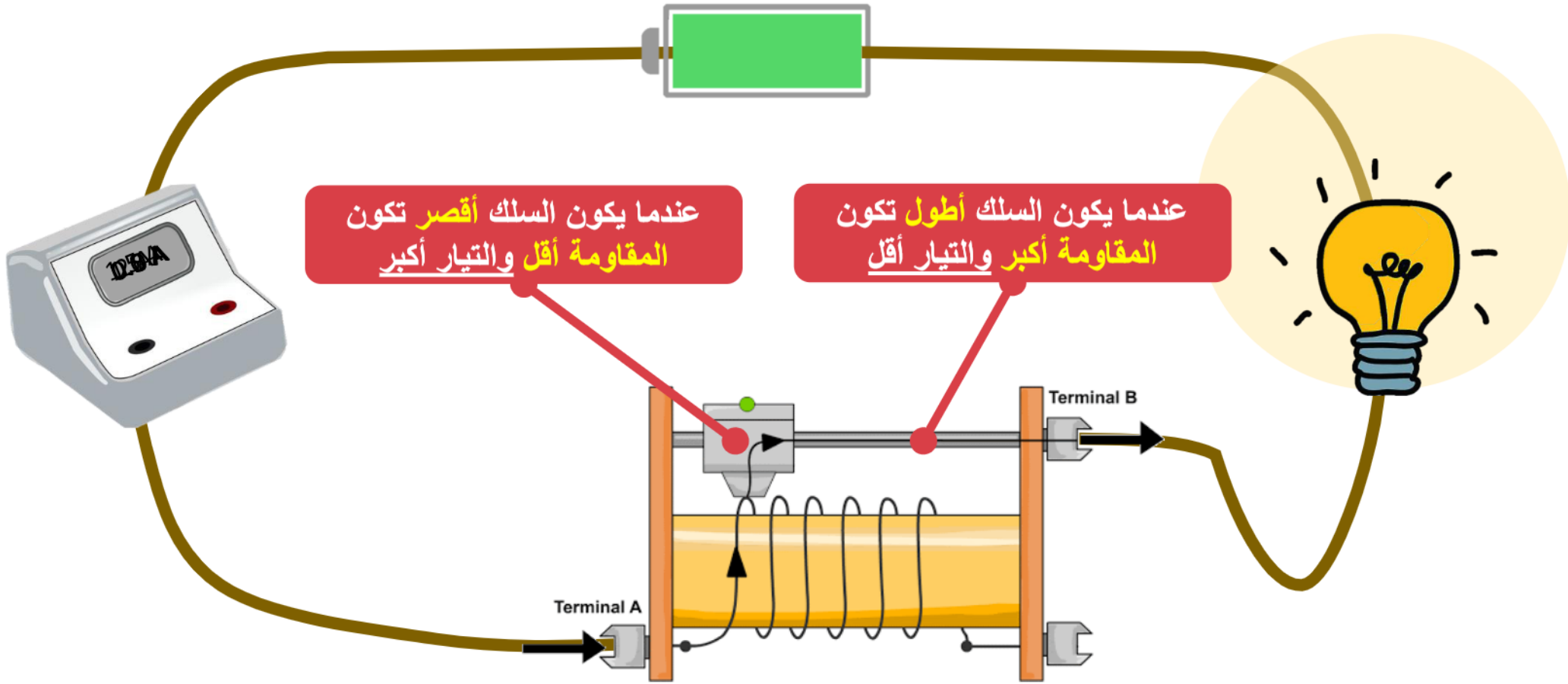
موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

المقاومة المتغيرة

مقاومة متغيّرة



موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

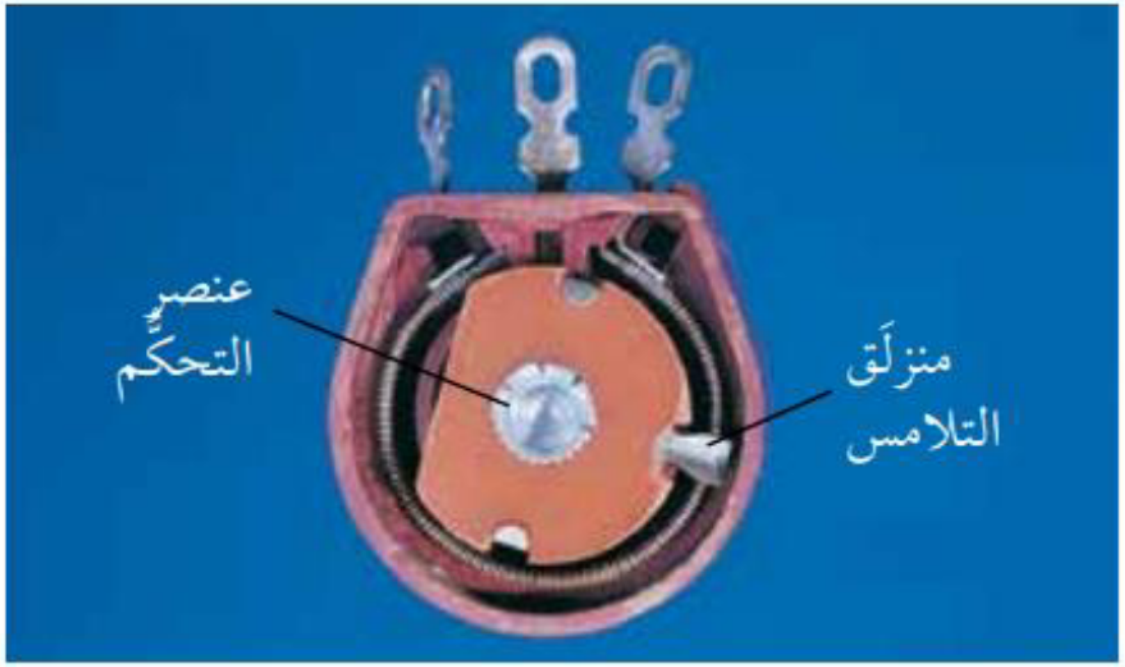


موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

قانون أوم

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

ينطبق قانون أوم على **المكونات الأومية.**



الصورة ٢-٣ مقاومة متغيِّرة في أنظمة المذياع، حيث توفّر هذه المقاومة المتغيِّرة مقاومة بواسطة «مسار» من سلك مقاومة أو كربون، ويعتمد مقدار المقاومة في الدائرة الكهربائية على موقع منزلَق التلامس

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

أسئلة

٢-١ **أ.** ارسم رمز المقاوَمة في الدائرة الكهربائية.

ب. ارسم رمز المقاوَمة المتغيّرة في الدائرة الكهربائية.

٢-٢ يمرّ تيّار كهربائي شدَّته (2.8 A) في مقاوَمة ما عندما يكون فرق الجهد بين طرفَيها (12.0 V). كم ستبلغ شدَّة التيّار الكهربائي المارّ عبرها عندما ينخفض فرق الجهد إلى (6.0 V)؟

٢-١ أ.

ب.

٢-٢ يتناسب فرق الجُهد بين طرفَي المقاومة مع شدّة التيّار الكهربائي؛ بما أن فرق الجُهد سوف ينخفض إلى النصف، فسوف تنخفض شدّة التيّار الكهربائي إلى النصف:

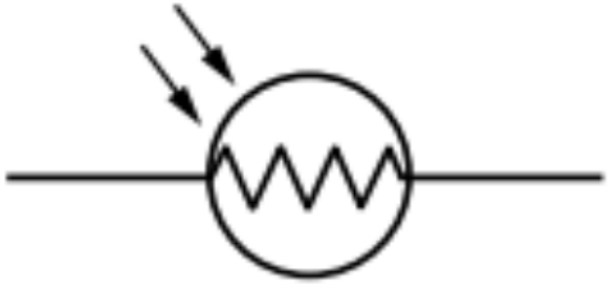
$$I \propto V$$

$$= \frac{2.8}{2}$$

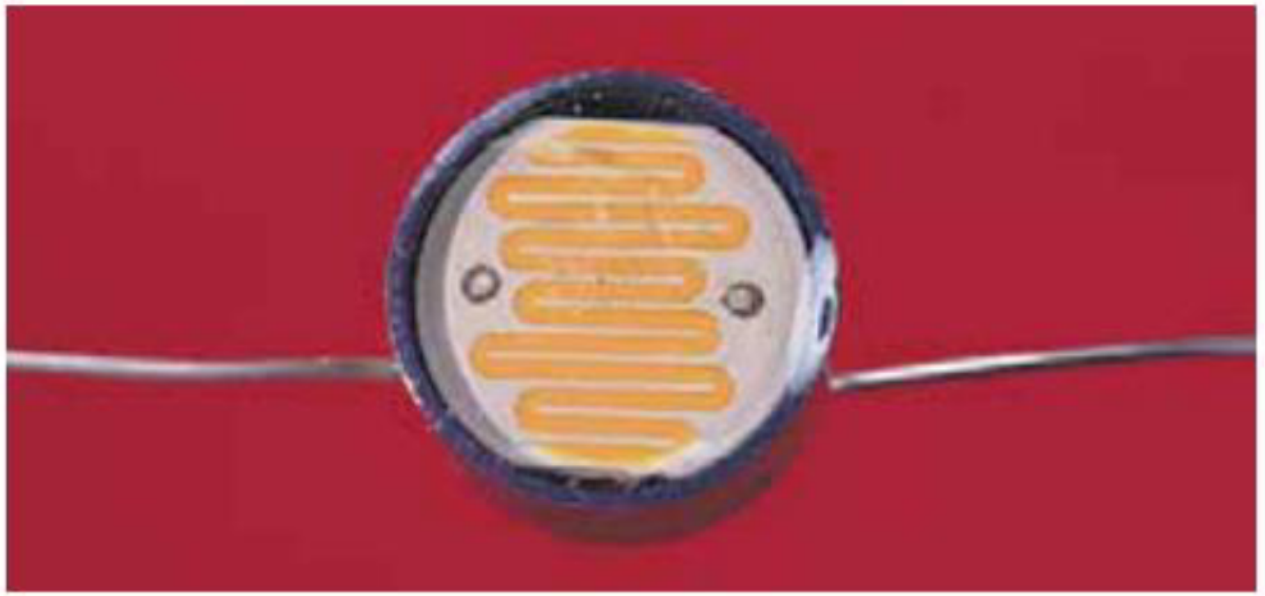
$$I = 1.4 \text{ A}$$

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

المقاومة الضوئية



مقاومة ضوئية



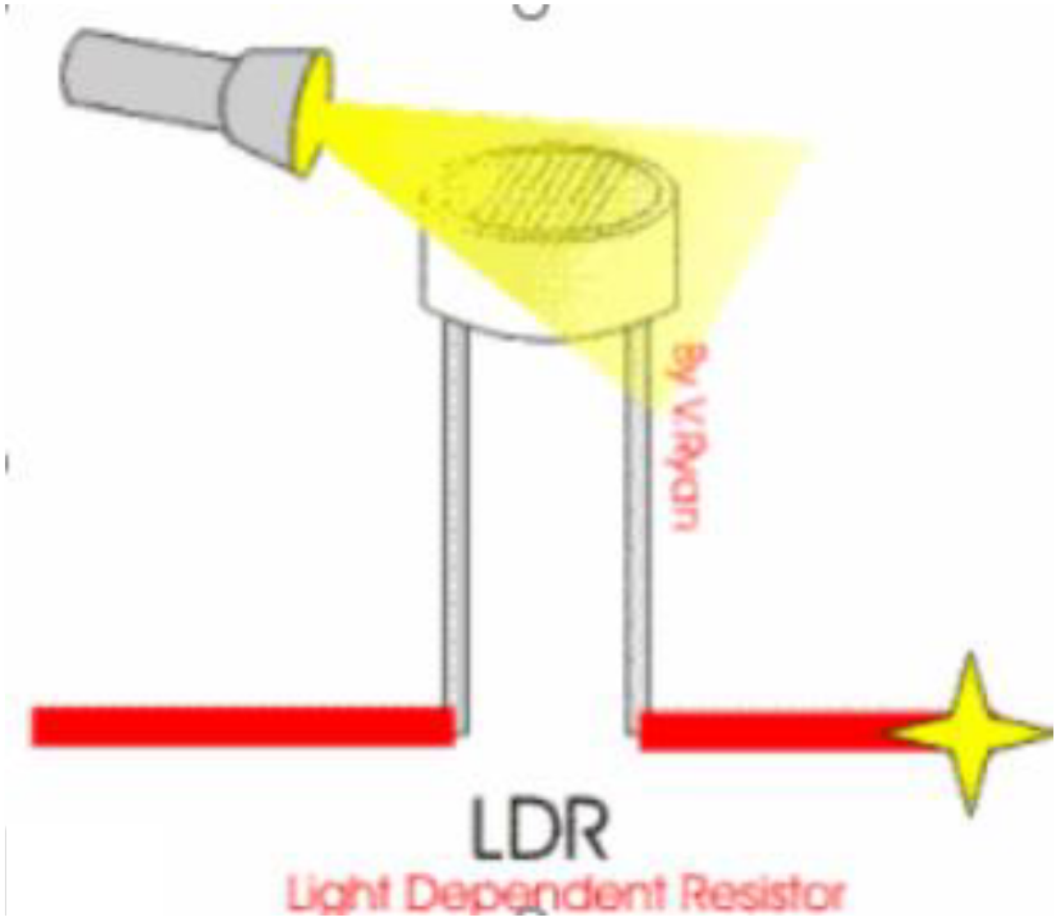
الصورة ٢-٥ مقاومة تعتمد على الضوء. يُشكّل «السلكان» الفضّيان الداخلان في المقاومة طرفَين، يدخل التيّار في أحدهما ويخرج من الآخر، وبينهما تكون مادّة المقاومة (اللون البرتقالي)

نوع من (المقاومات المتغيرة) تعتمد مقاومتها على مقدار الضوء الساقط عليها.

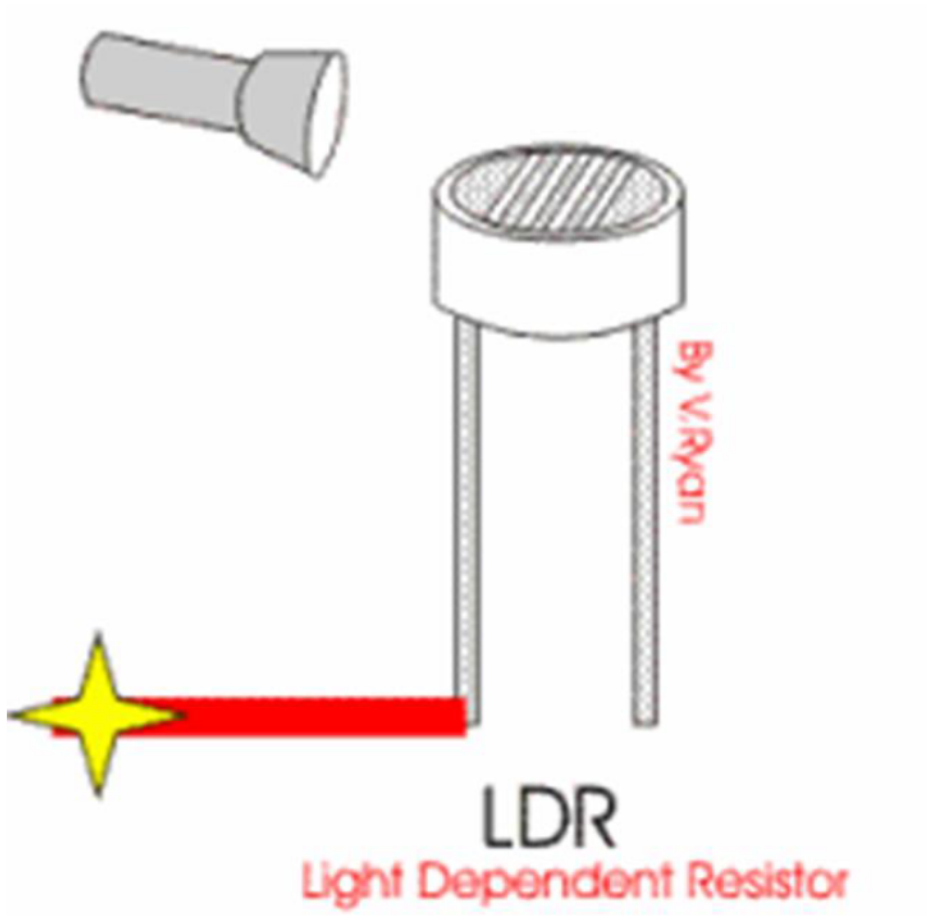
كلما زاد مقدار الضوء الساقط قلة المقاومة (يزيد التيار المار)

تتكون المقاومة الضوئية من مادة لا توصل التيار الكهربائي بشكل جيد في الظلام.

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

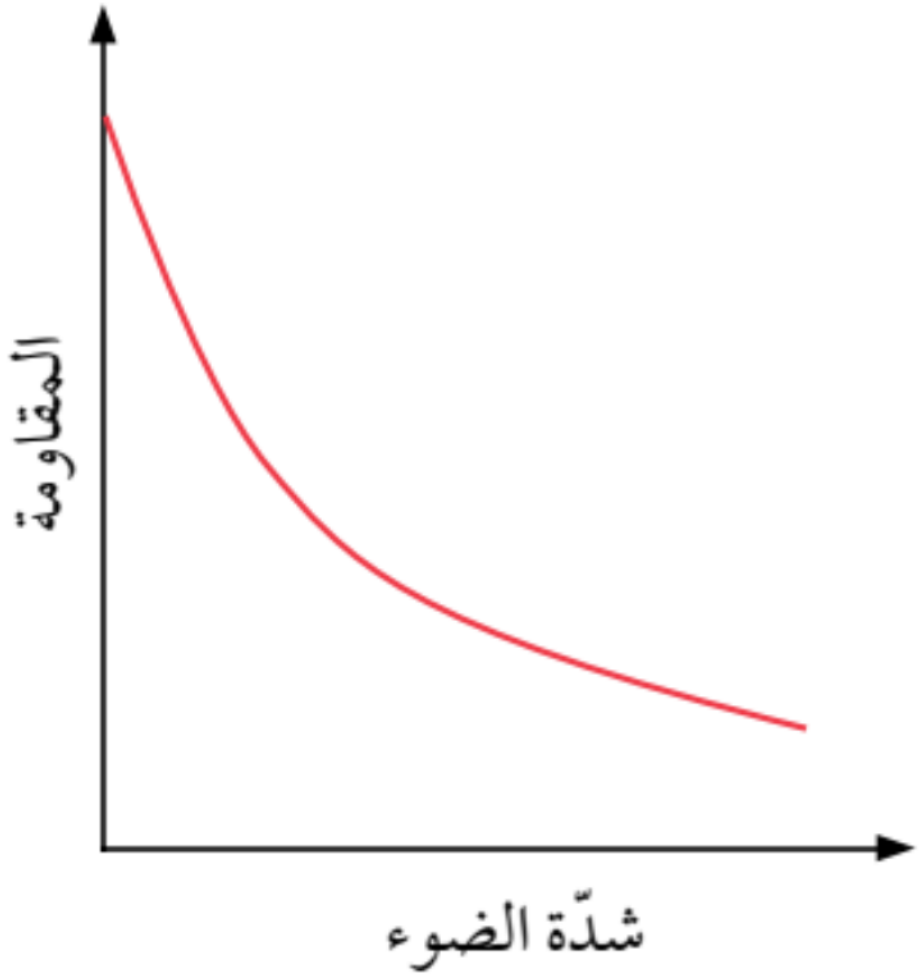


بزيادة شدة الضوء قلت لمقاومة فمر التيار



مقاومته كبير في الظلام فلا يسمح للتيار بالمرور

Oman22.com موقع عمان 22 التعليمي



الشكل ٢-٥ تنخفض المقاومة الضوئية كلّما ازدادت شدَّة الضوء، لكن تغيُّرها ليس خطّيًّا

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

المقاومة الحرارية

المقاومات الحرارية (الثيرمستور)

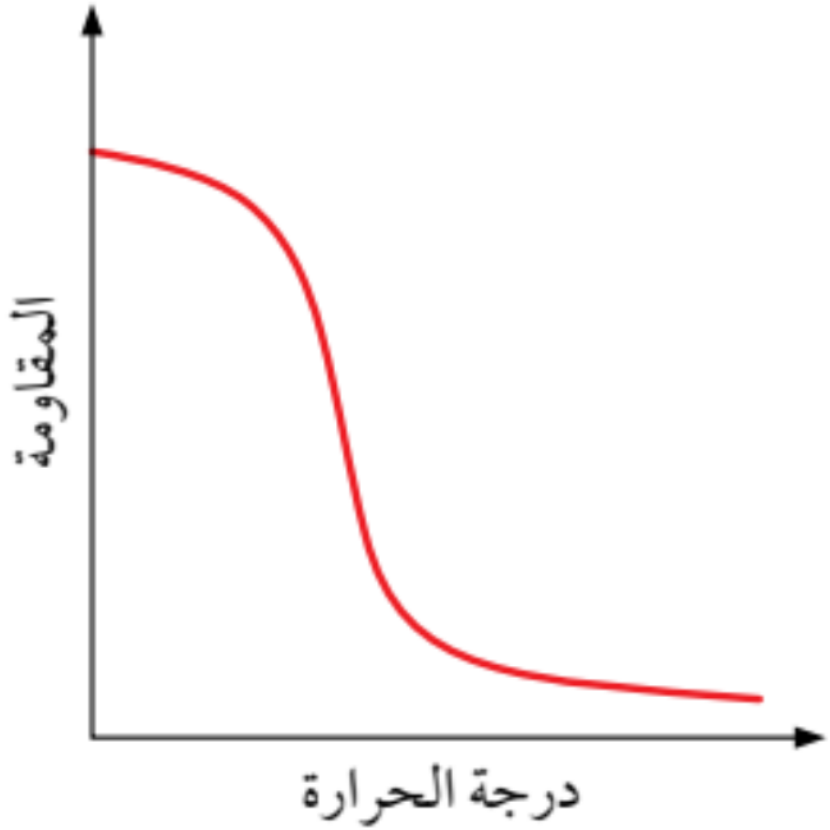
المقاومة الحرارية Thermistor (NTC) (الصورة ٢-٦)

نوع آخر من المقاومات تعتمد على درجة حرارة الوسط المحيط بها، يُرمَز لها بالرمز الموضّح في الشكل ٢-٦ حيث تتغيّر المقاومة بمقدار كبير في مدى ضيّق من تغيُّر درجات الحرارة.

الصورة ٢-٦ مقاومة حرارية

مقاومة حرارية

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com



الشكل ٢-٧ تعتمد مقاومة المقاومة الحرارية على درجة الحرارة. وهنا في هذه الحالة تنخفض مقاومة المقاومة الحرارية كثيرًا في منتصف المنحنى كلّما ارتفعت درجة الحرارة بمقدار صغير

لماذا يطلق على المقاومات الحرارية بالمقاومات الحرارية ذات المُعامِل الحرارى السالب (NTC)؟

لأن مقاومتها تنخفض مع ارتفاع درجة الحرارة.

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

LDR

الصورة ٢-٦ مقاومة حرارية

NTC

محولات إدخال

نوع من أجهزة الإستشعار التي تقيس كمية فيزيائية غير كهربائية (أي درجة الحرارة والضوء والصوت، إلخ) وتحولها إلى إشارة كهربائية يمكن قراءتها بسهولة (فرق الجهد، أو شدة التيار الكهربائي).

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

المقاومات

مقاومة ضوئية

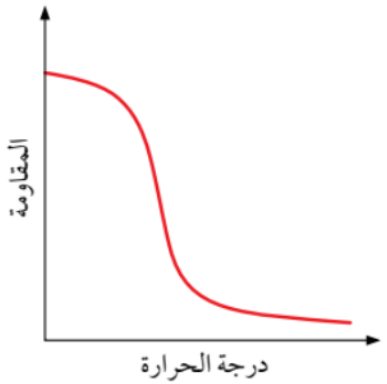
LDR

كلما زادت شدة الضوء قلت المقاومة وزادة شدة التيار

مقاومة حرارية

المقاومات الحرارية ذات المُعامِل الحراري السالب (NTC)

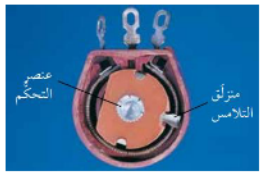
تنخفض مقاومتها عند زيادة درجة الحرارة



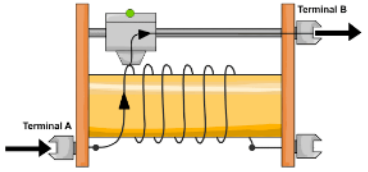
مقاومة متغيّرة

يمكن من خلالها التحكم بمقدار المقاومة في الدائرة لتغيير قيم شدة التيار

مسار ومنزلق



تغيير طول السلك



مقاومة ثابتة

مقاومة أومية

لها قيمة ثابتة

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

أسئلة

٢-٣ أ. ما الذي يدلّ علية اختصار LDR؟

ب. ارسم رمزه في الدائرة الكهربائية.

ج. ماذا يحدث للمقاومة الضوئية عندما يسقط عليها ضوء؟

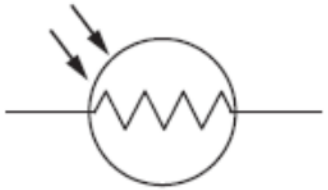
٢-٤ أ. ارسم رمز المقاومة الحرارية في الدائرة الكهربائية.

ب. اذكر استخدامًا للمقاومة الحرارية.

ج. وضّح سبب ملاءمة المقاومة الحرارية لهذا الاستخدام.

٢-٣ أ. المقاومة الضوئية.

ب.



ج. سوف تقلّ مقاومتها عندما يسقط عليها ضوء.

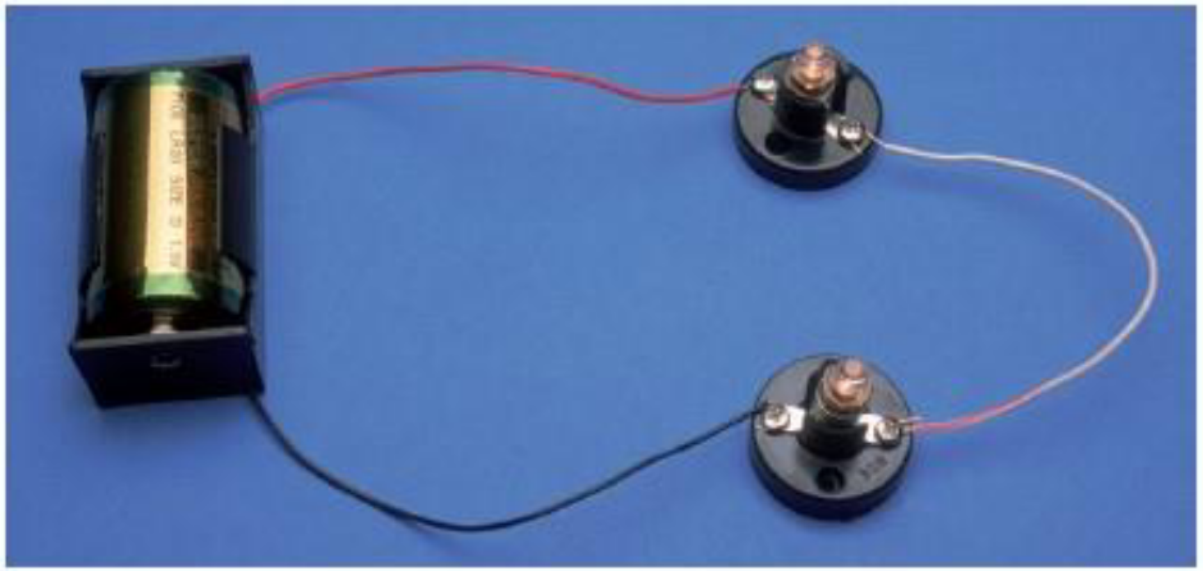
٢-٤ أ.

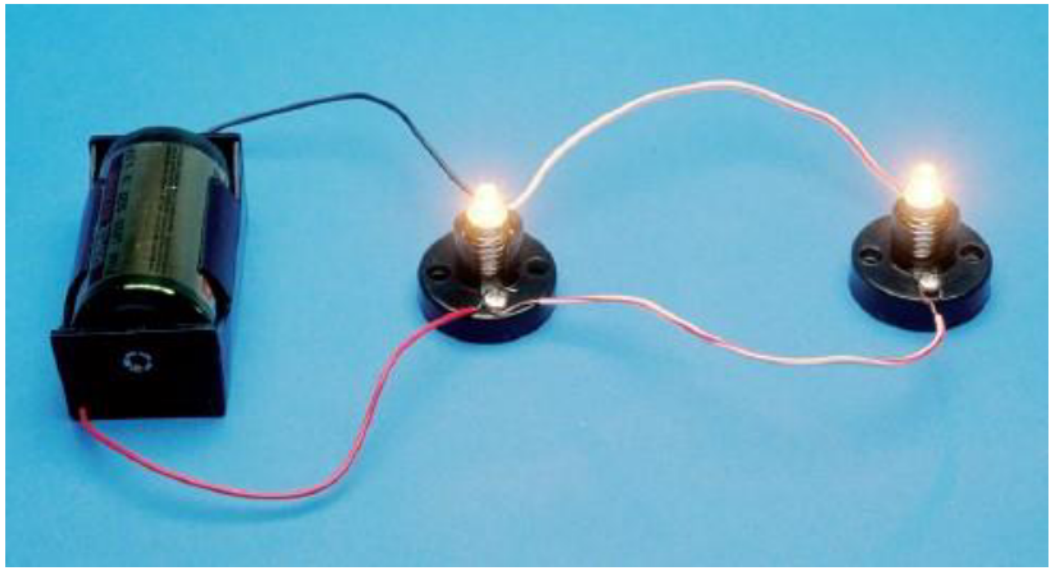
ب. يُستخدم في دائرة استشعار درجة الحرارة.

ج. تتغيَّر مقاومتها كثيرًا عندما تتغيَّر درجة حرارتها قليلاً.

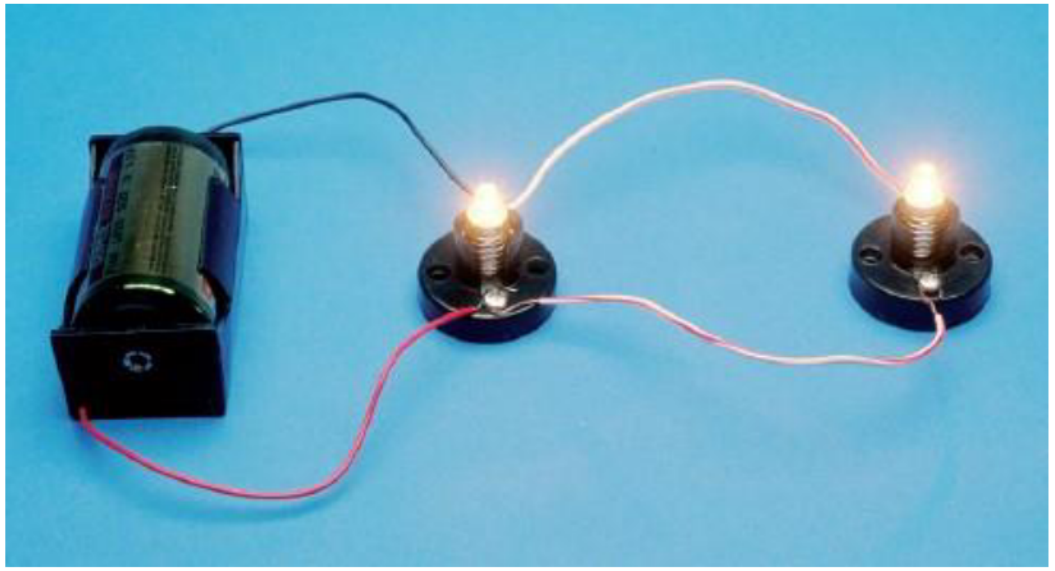
موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

توصيل المقاومات

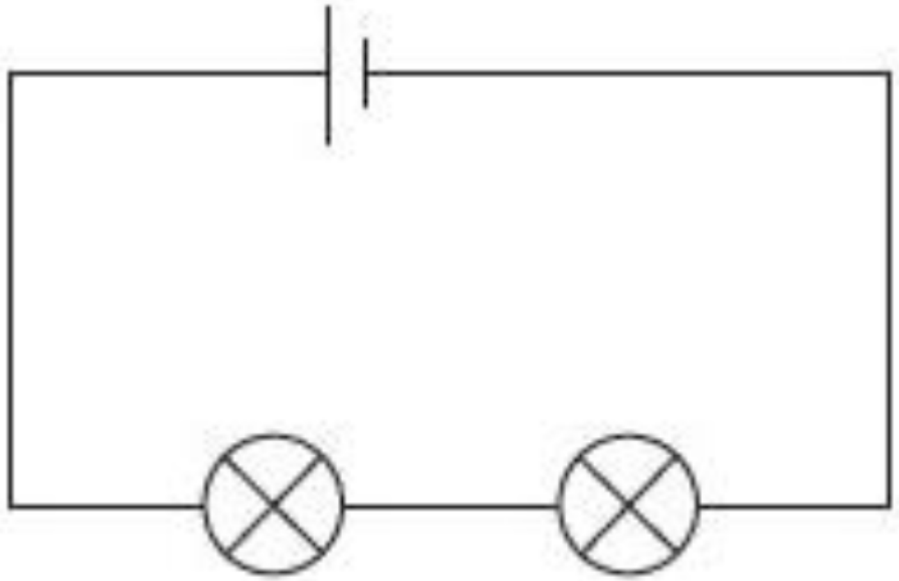




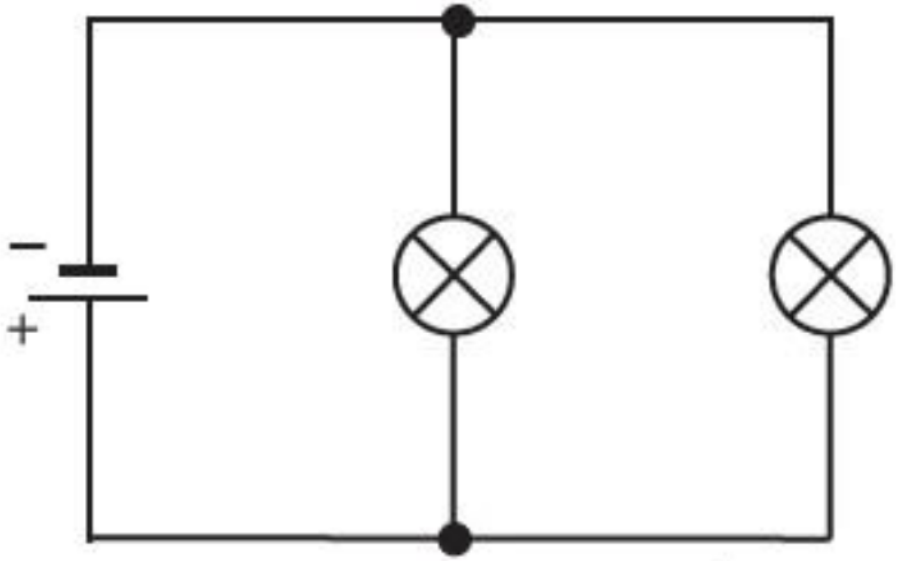
موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com



توصيل على التوالي



توصيل على التوازي



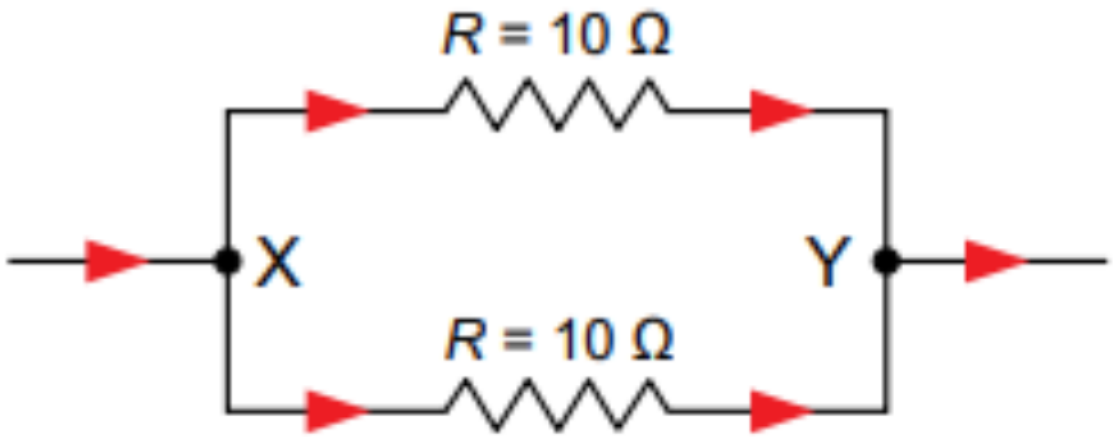
موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

(أ)

توصيل على التوالي

(ب)

توصيل على التوازي

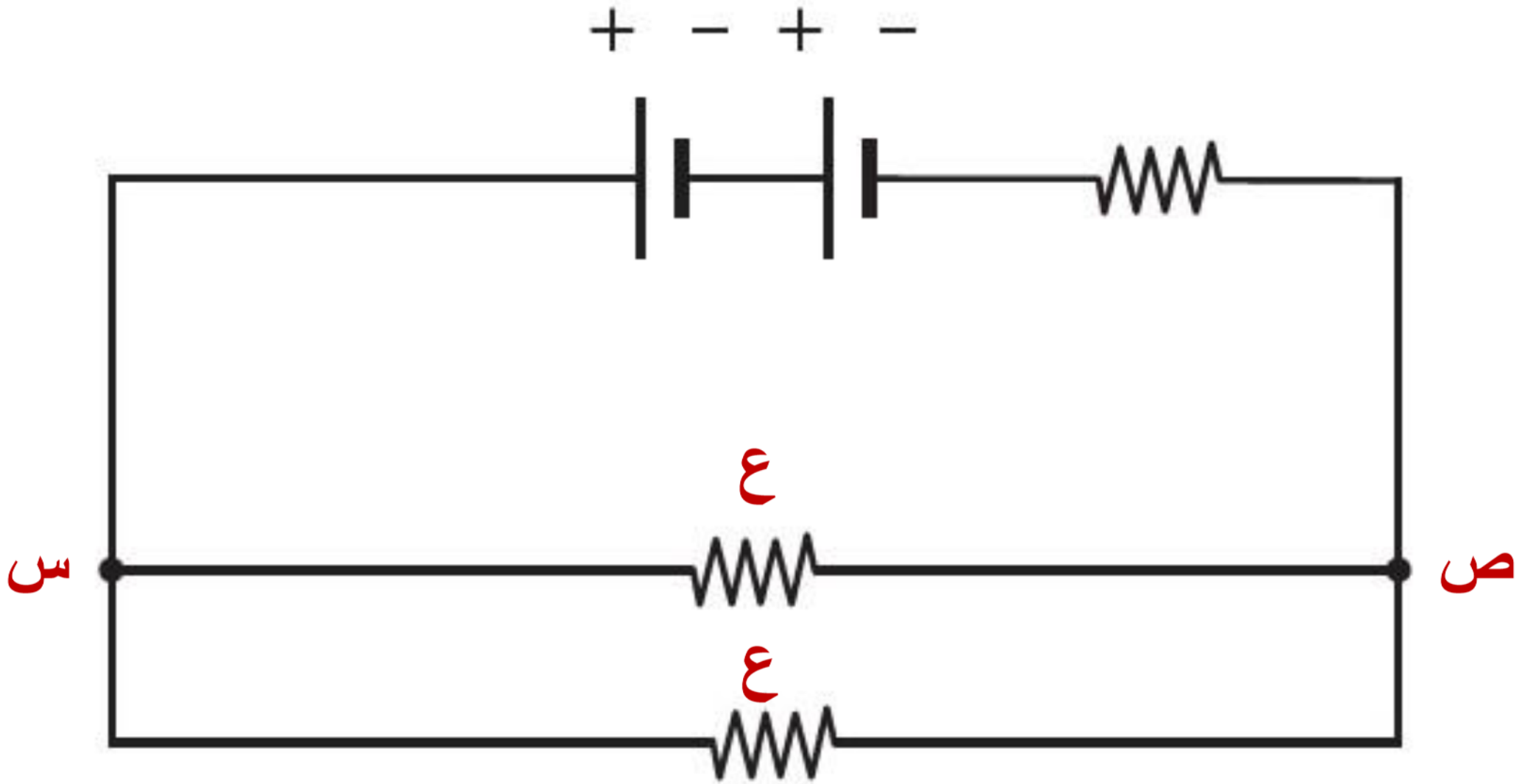


موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

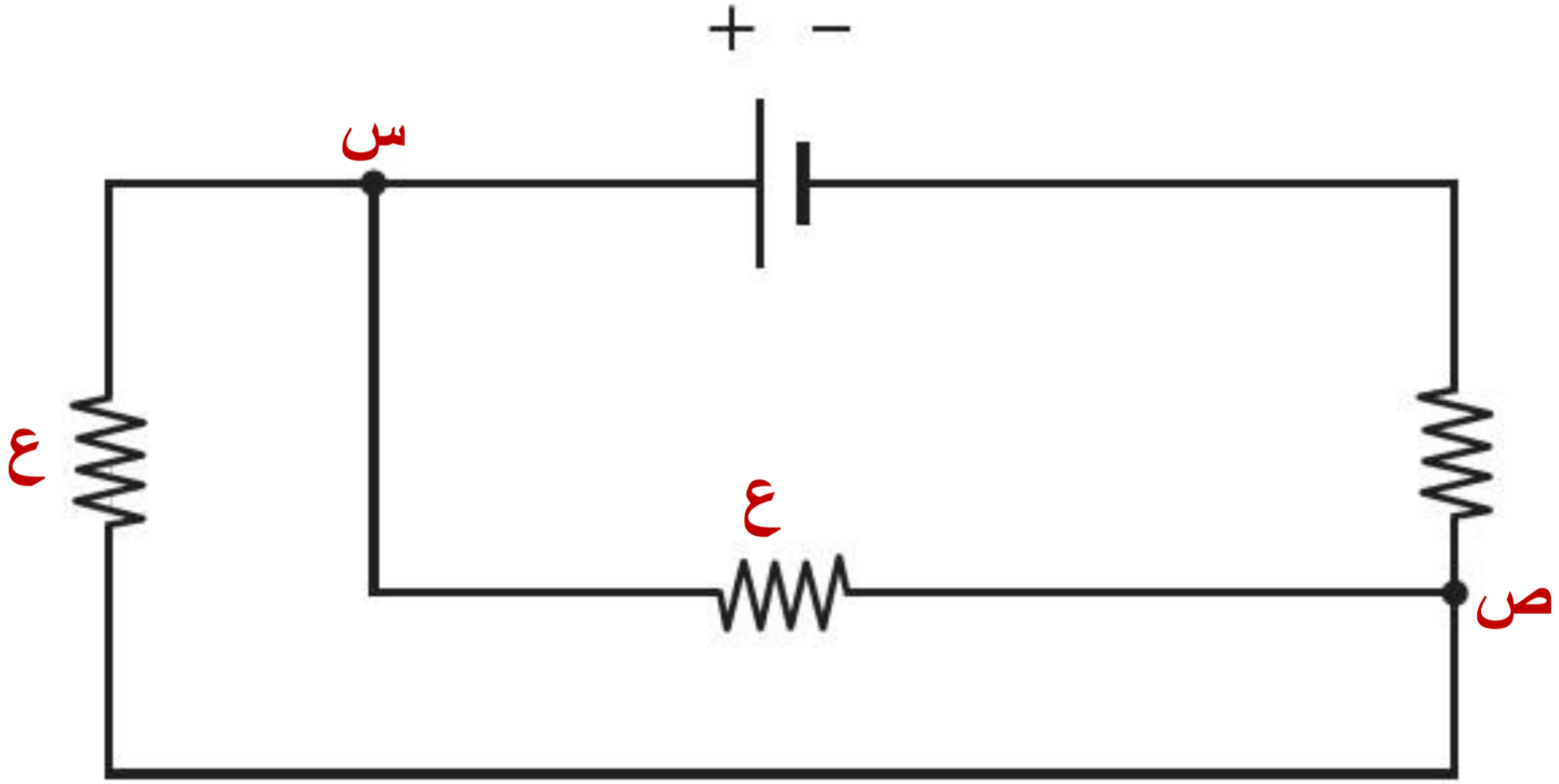
عند توصيل مكوِّنين على التوازي في دائرة كهربائية، ينقسم التيار الكهربائي، بحيث يتدفق جزء منه إلى أحد المكوِّنين ويتدفق الباقي إلى المكوِّن الآخر.

- انظر إلى مخططات الدوائر التالية. ولكل مخطط:
- علِّم الطرف الموجب (+) والطرف السالب (−) للخلية.
- استخدم إصبعك لتتبُّع مسار تدفق التيار الكهربائي في الدائرة. ضع علامة (س) على أي نقطة ينقسم عندها التيار.
- ضع (ص) على أي نقطة يندمج عندها التيار مرة أخرى.
- ضع (ع) على أي مكوِّنات متصلة ببعضها على التوازي.

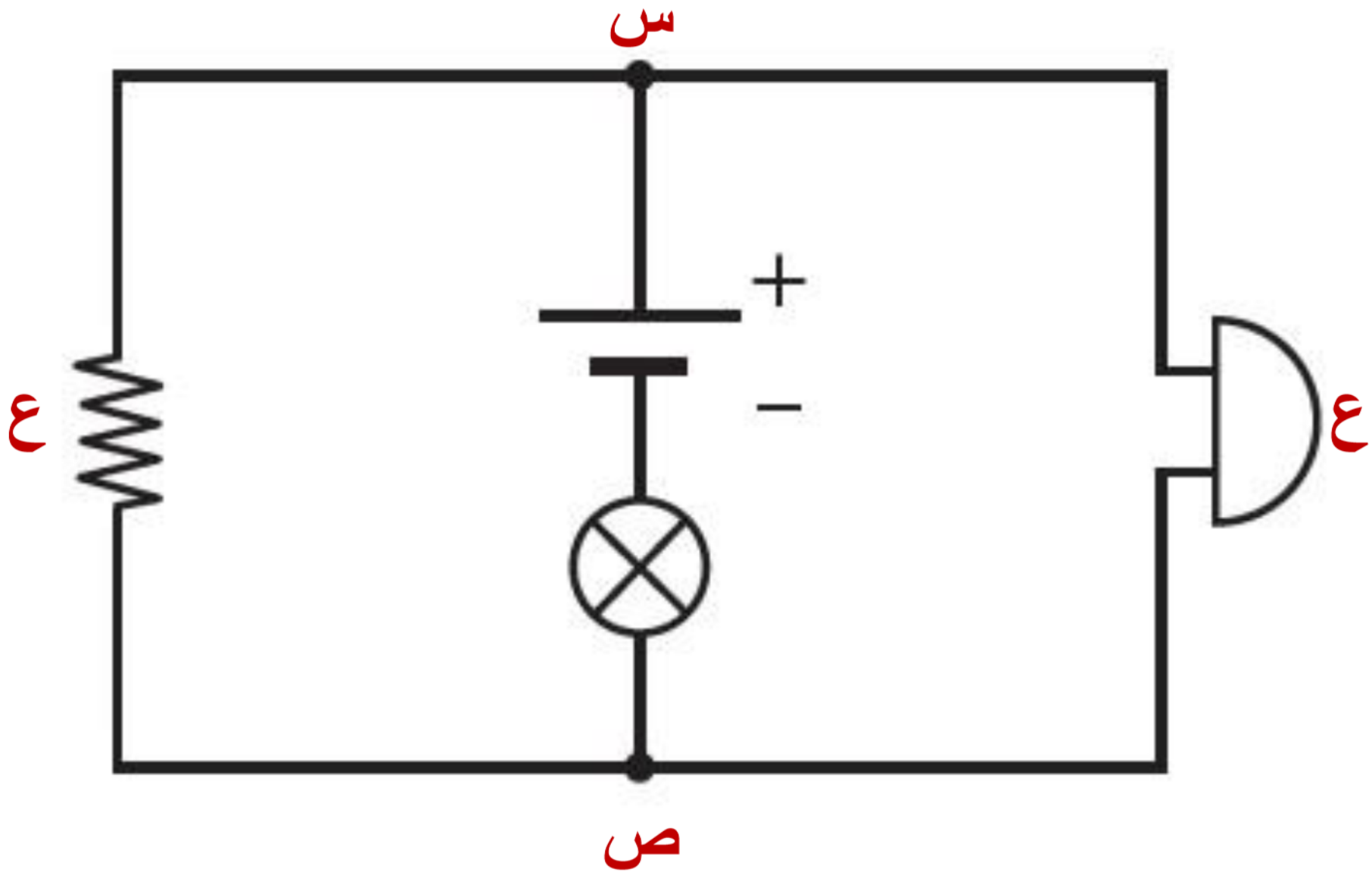
Oman22.com موقع عمان 22 التعليمي



Oman22.com موقع عمان 22 التعليمي

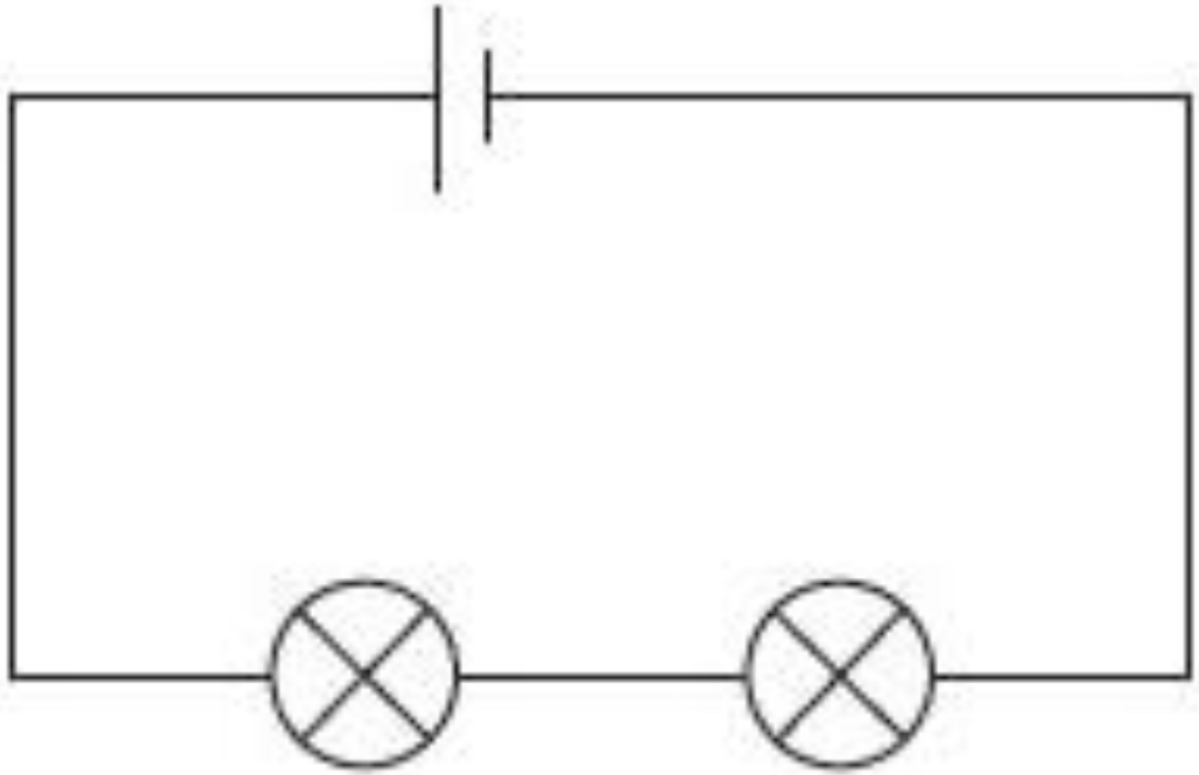


موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com



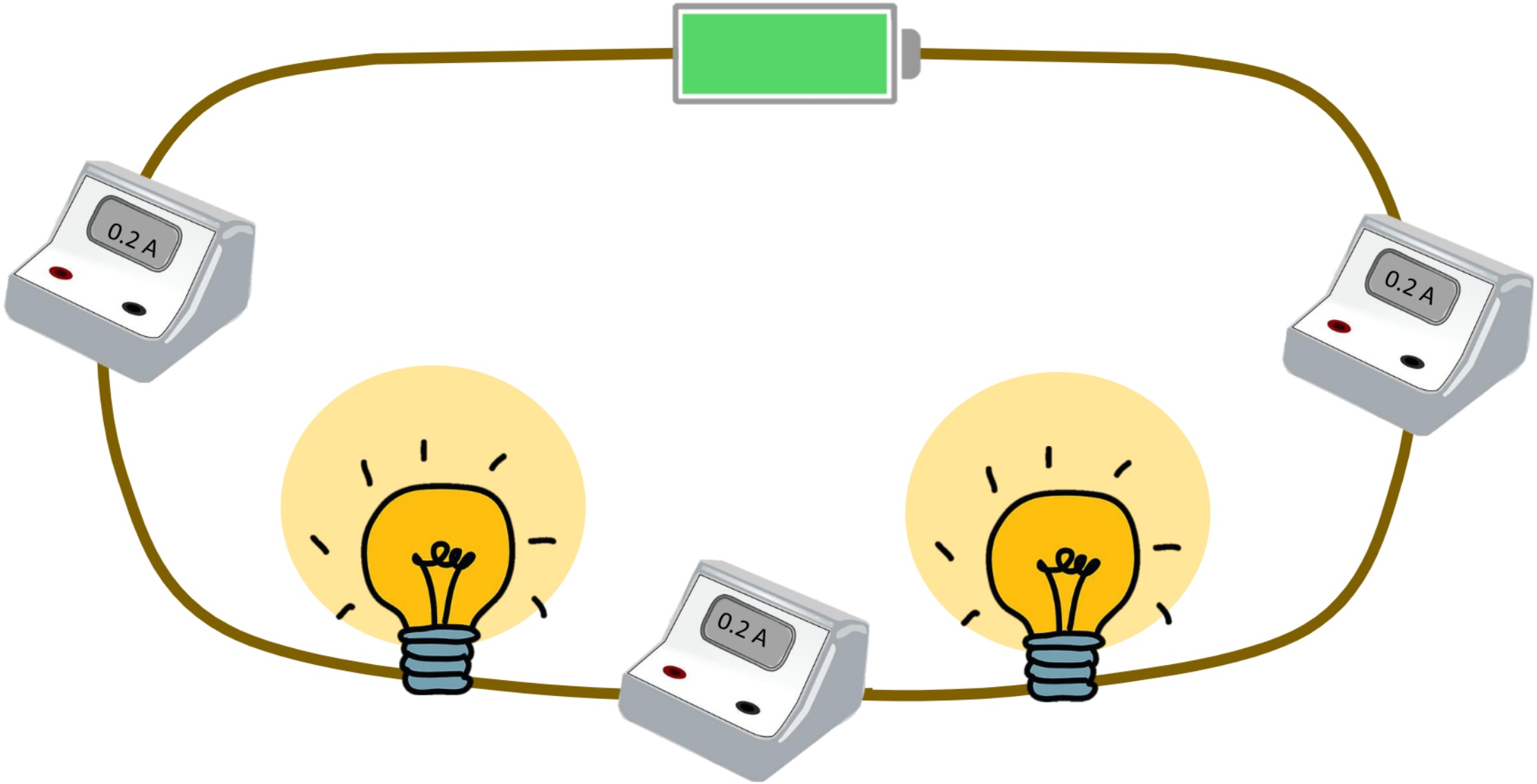
موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

التوصيل على التوالي



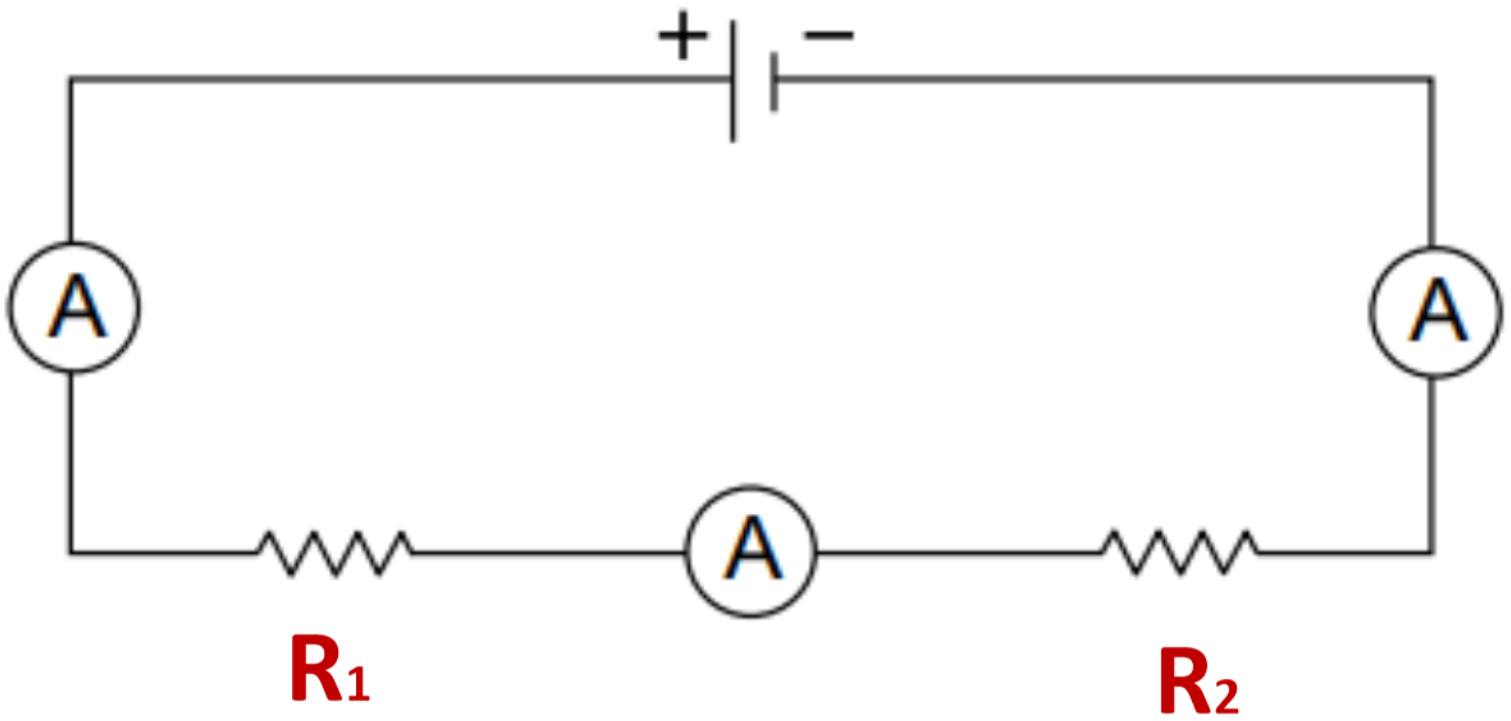
موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

نلاحظ أن التيار متساوي في كل أجزاء الدائرة الكهربائية



موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

التيار في التوصيل على التوالي



المقاومة المكافئة = R1 + R2

شدة التيار الذي يسري عبر المقاومات الموصلة على التوالي هو نفسه.

المقاومة المكافئة تساوي مجموعة المقاومات. (وتكون أكبر من أي مقاومة فيها)

مجموع الجهود بين طرفي كل مقاومة يساوي لجهد المصدر الموصل.

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

إيجابيات التوصيل على التوالي

عند توصيل المقاومات بمصدر جهد كبير فإنه سينقسم بينها. (مثال مصابيح الشارع)

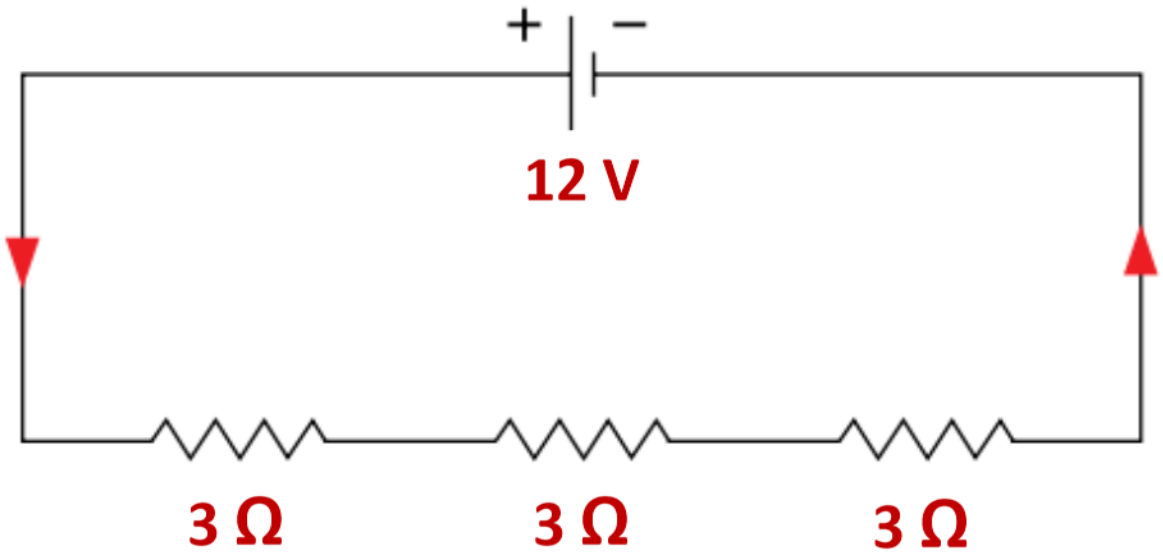
سلبيات التوصيل على التوالي

إذا تعطل مصباح واحد (انقطع فتيله)، تنطفئ المصابيح جميعها ألن الدائرة الكهربائية تكون مفتوحة.

Oman22.com موقع عمان 22 التعليمي

مثال 1

ثلاث مقاومات قيمة كل منها (3 Ω) موصَّلة على التوالي بمصدر جُهد كهربائي (12 V).
احسب المقاومة المكافئة، وشدَّة التيّار الكهربائي الذي يتدفَّق في الدائرة الكهربائية، وفرق الجُهد بين طرفَي كل مقاومة.



المعطيات:

جهد المصدر = 12V

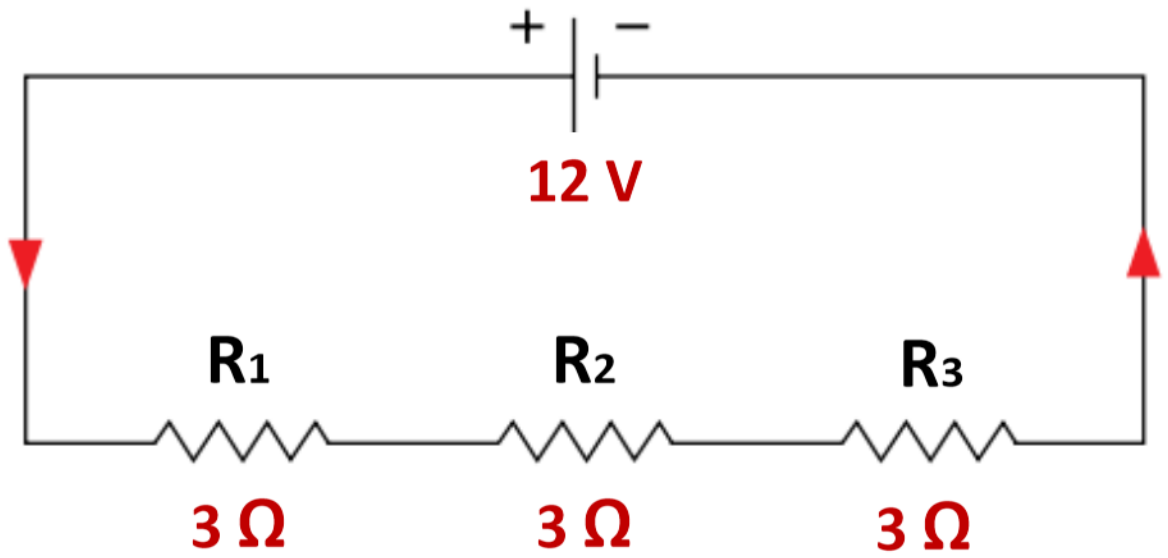
كل مقاومة مقدارها = 3 Ω

المطلوب:

- المقاومة المكافئة =؟
- شدة التيار= ؟
- فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة= ؟

Oman22.com موقع عمان 22 التعليمي

خطوات الحل



المقاومة المكافئة $R = R_1 + R_2 + R_3$

المقاومة المكافئة $R = 3 + 3 + 3 = 9\ \Omega$

باستخدام قانون أوم

شدة التيار $I = \frac{V}{R}$

$I = \frac{12\ V}{9\ \Omega}$ $I = 1.33\ A$

فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة

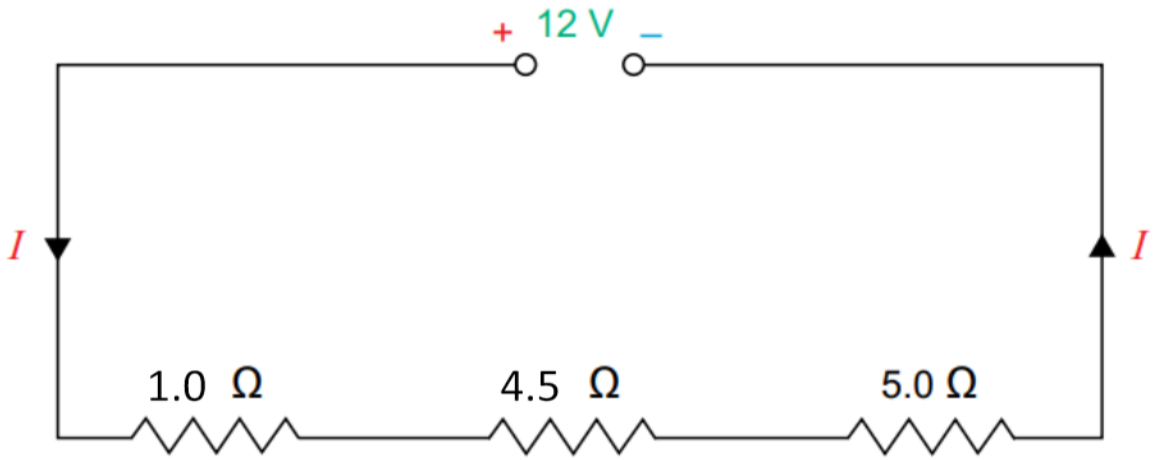
فرق الجهد بين طرفي المقاومة 1 $V_1 = R_1 \times I$

$V_1 = 3 \times 1.33 = 3.9\ V$

لأن قيم المقاومات متشابه فإن فرق الجهد بين طرفي كل واحدة تساوي نفس القيمة = 3.9 v

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

مثال 2



من خلال الشكل المقابل احسب الآتي:

- المقاومة المكافئة.
- شدة التيار المار
- فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة.

المعطيات:

جهد المصدر = 12V

$R_1 = 1\ \Omega$

$R_2 = 4.5\ \Omega$

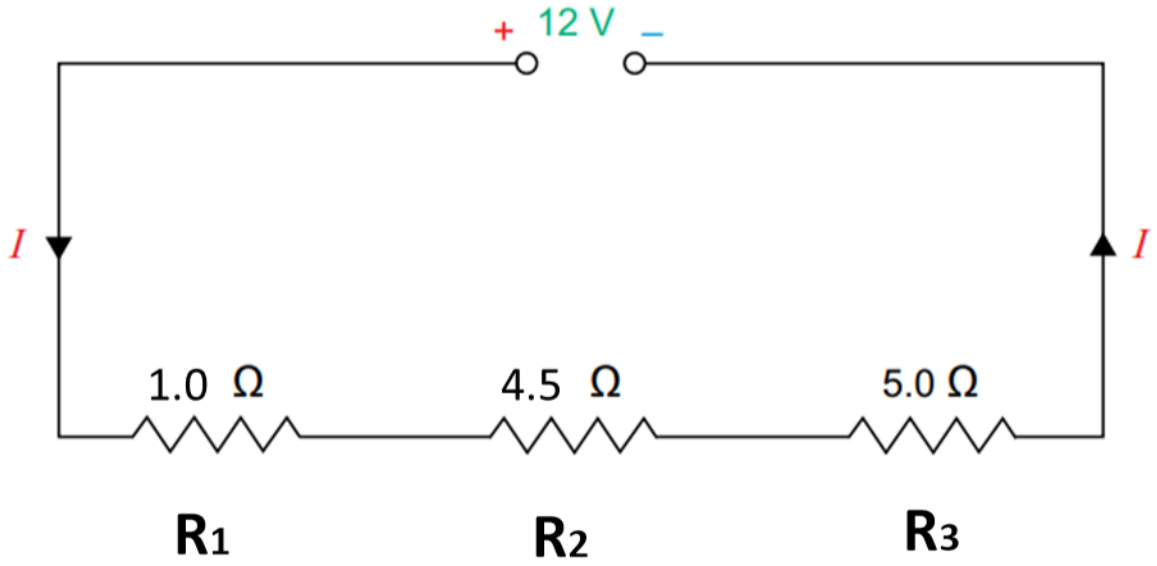
$R_3 = 5\ \Omega$

المطلوب:

- المقاومة المكافئة =؟
- شدة التيار= ؟
- فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة= ؟

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

خطوات الحل



المقاومة المكافئة $R = R_1 + R_2 + R_3$

المقاومة المكافئة $R = 1 + 4.5 + 5 = 10.5\ \Omega$

باستخدام قانون أوم

شدة التيار $I = \frac{V}{R}$

$$I = \frac{12\ V}{10.5\ \Omega} \qquad I = 1.14\ A$$

فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة

فرق الجهد بين طرفي المقاومة 1

$$V_1 = R_1 \times I$$
$$V_1 = 1 \times 1.14 = 1.14\ V$$

فرق الجهد بين طرفي المقاومة 2

$$V_2 = R_2 \times I$$
$$V_2 = 4.5 \times 1.14 = 5.13\ V$$

فرق الجهد بين طرفي المقاومة 3

$$V_3 = R_3 \times I$$
$$V_3 = 5 \times 1.14 = 5.7\ V$$

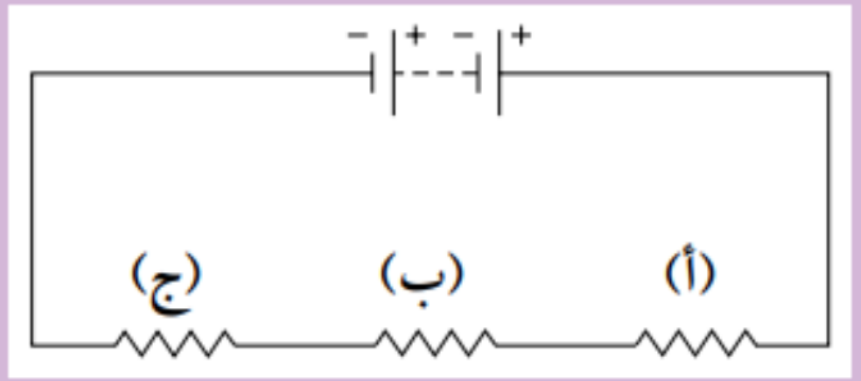
للتاكد يجب أن يساوي مجموع فروق الجهد جهد المصدر

$$V_1 + V_1 + V_1 = 1.14 + 5.13 + 5.7 = 11.97\ v \approx 12\ V$$

أسئلة

٢-٥ ما المقاومة المكافئة لمقاومتَين موصّلتَين على التوالي قيمة كل منهما (20 Ω)؟

٢-٦ وُصِّلَت ثلاث مقاومات على التوالي ببطّارية كما هو موضَّح في الشكل أدناه.



تمتلك المقاومة (أ) أكبر قيمة بين الثلاث مقاومات، شدَّة التيّار الكهربائي عبر (أ) تبلغ (1.4 A)، ماذا تقول عن شدَّة التيّار عبر كل من المقاومتَين (ب) و (ج)؟

٢-٧ كم تبلغ المقاومة المكافئة لثلاث مقاومات موصّلة على التوالي قيمة كل منها (30 Ω)؟

٢-٨ ما عدد المقاومات التي يجب توصيلها على التوالي لتعطي مقاومة مكافئة قيمتها (80 Ω) إذا كانت قيمة كل منها (20 Ω)؟

٢-٥ المقاومة المكافئة لمقاومتَين موصّلتَين على التوالي:

$$R = R_1 + R_2$$

$$R = 20 + 20 = 40\ \Omega$$

٢-٦ نفس شدّة التيّار الكهربائي (1.4 A) تتدفَّق عبر المقاومتَين (ب) و (ج)؛ لأن المقاومات الثلاث موصَّلة على التوالي.

٢-٧ المقاومة المكافئة لثلاث مقاومات موصّلة على التوالي:

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R = 30 + 30 + 30 = 90\ \Omega$$

٢-٨ عدد المقاومات:

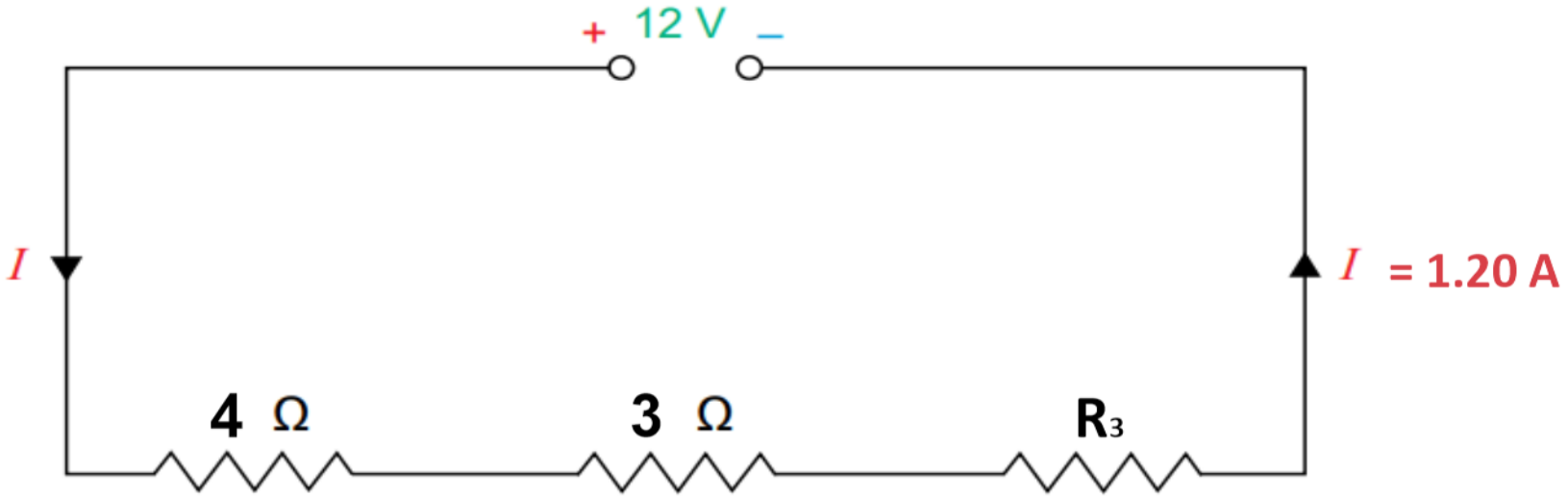
$$\frac{80}{20} = 4$$

إذن عدد المقاومات 4.

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

Oman22.com موقع عمان 22 التعليمي

أوجد قيمة R_3 في الدائرة التالية:



$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{12V}{1.20A} = 10\ \Omega$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

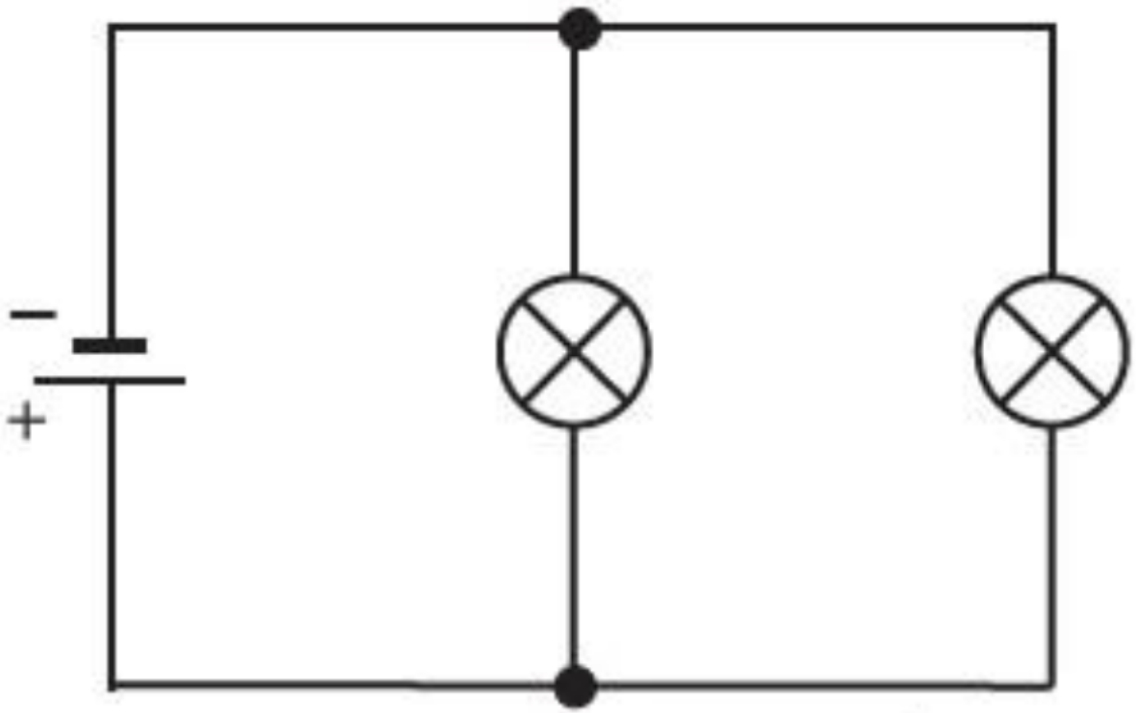
$$10 = 4 + 3 + R_3$$

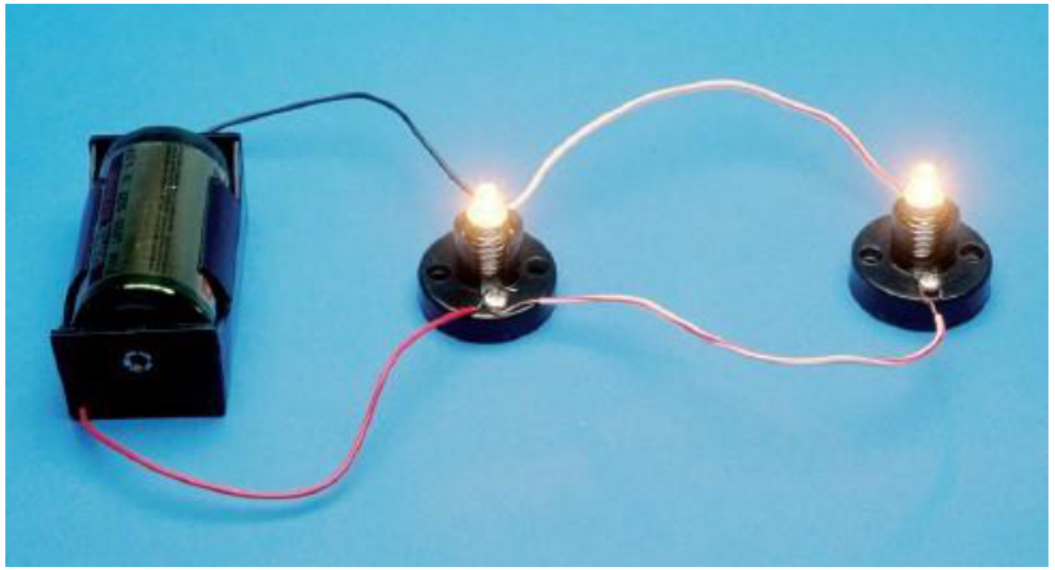
$$10 = 7 + R_3$$

$$R_3 = 10 - 7 = 3\ \Omega$$

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

التوصيل على التوازي

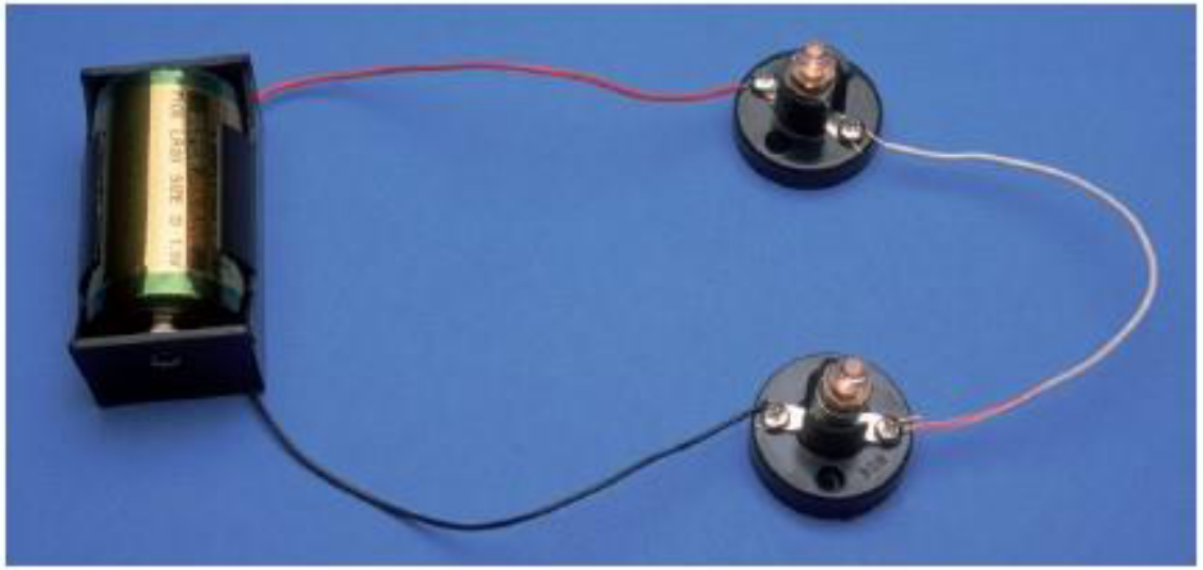




توصيل على التوازي

فرق الجهد بين المقاومات تساوي فرق الجهد بين مصدر الجهد لهذا تكون إضاءة المصابيح قوية

لا يؤثر تلف مصباح على البقية

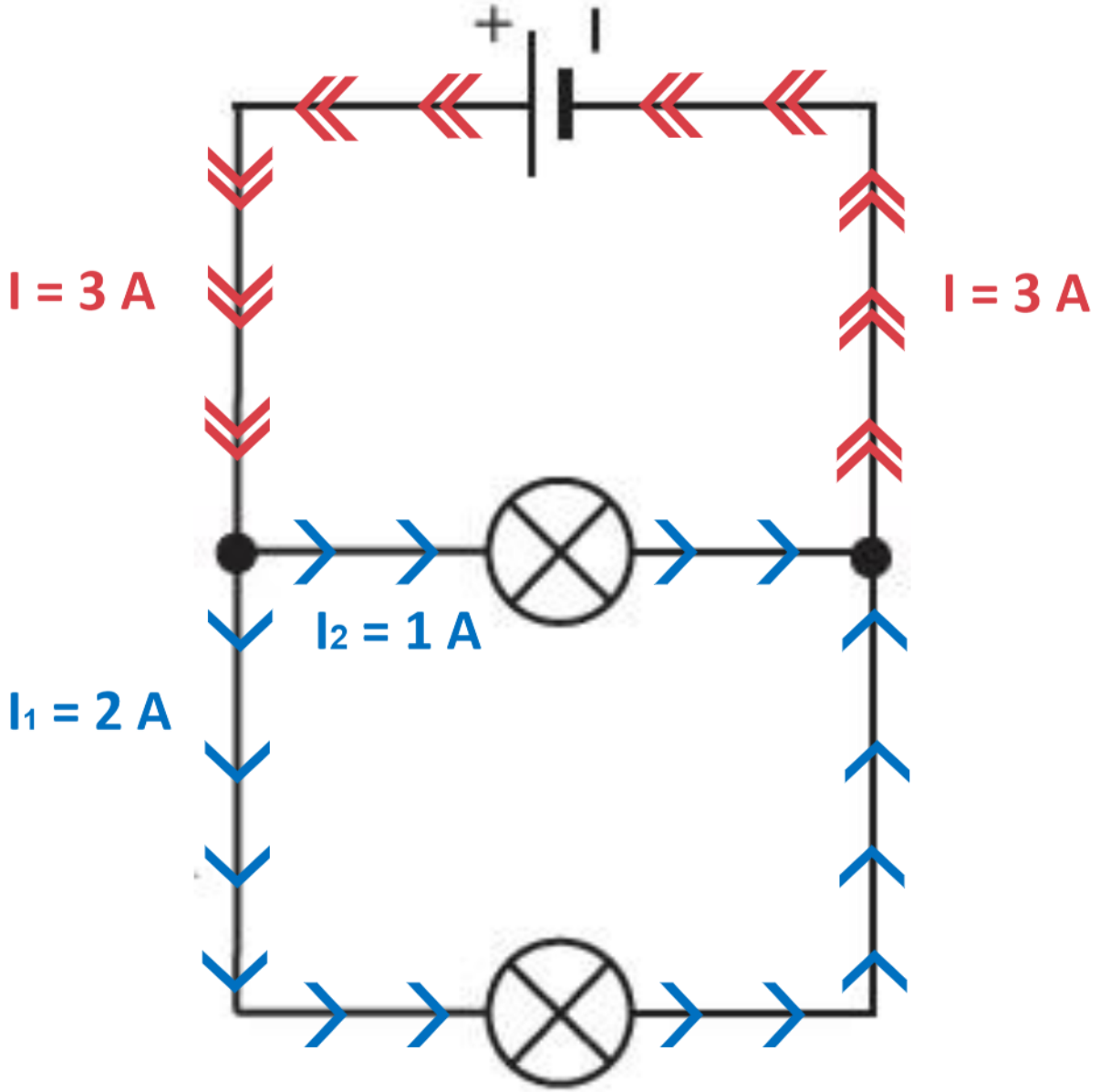


توصيل على التوالي

فرق الجهد بين المقاومات أقل من مصدر الجهد لهذا تكون إضاءة المصابيح ضعيفة

عندما يتلف مصباح فإن بقية المصابيح تتوقف لانقطاع الدائرة.

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

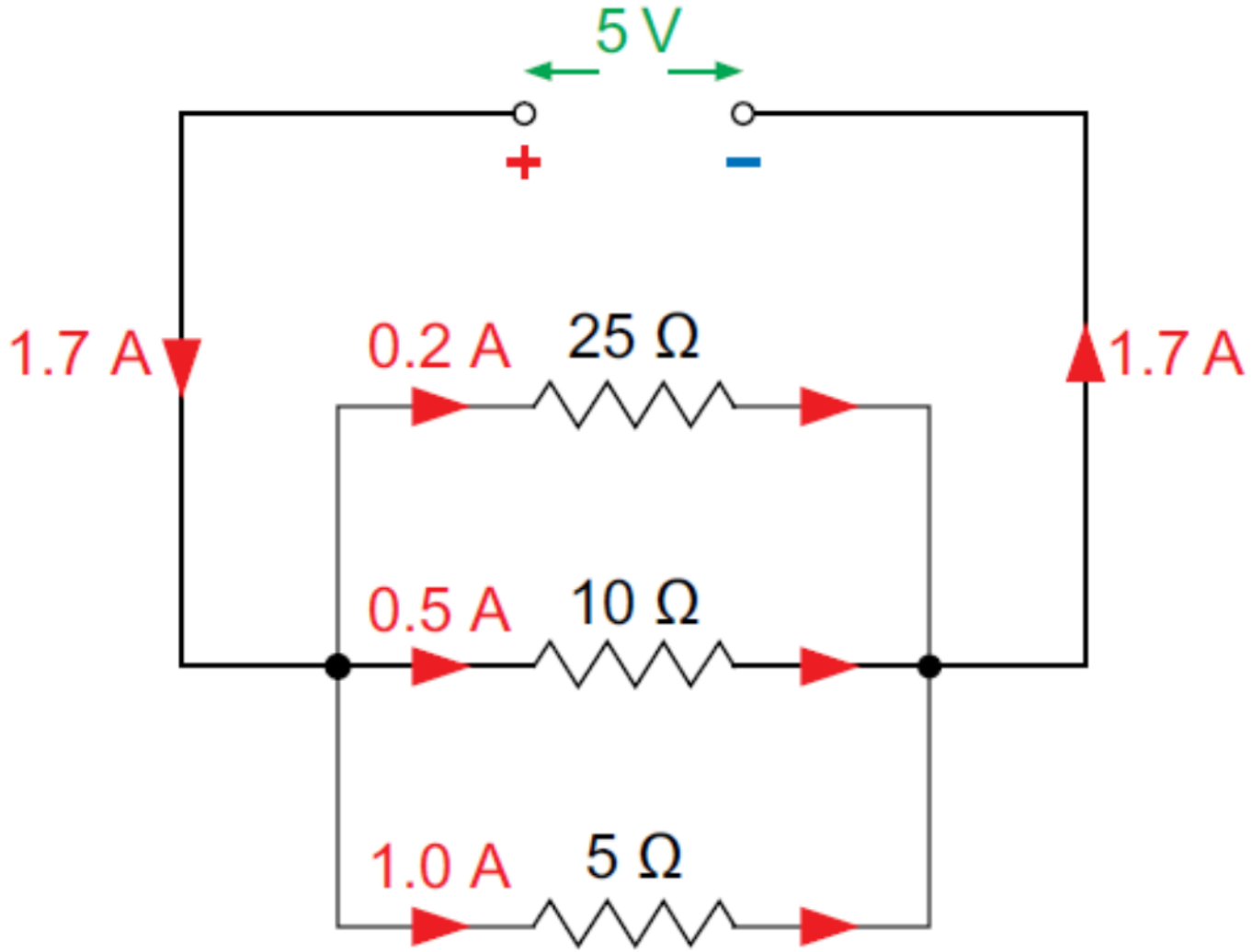


شدَّة التيّار الكهربائي المتدفِّق من المصدر تساوي مجموع شدَّة التيّارات المتدفِّقة عبر المقاومات

$$I = I_1 + I_2$$

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

شدة التيار



$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I = 0.2 + 0.5 + 1$$

$$I = 1.7\ A$$

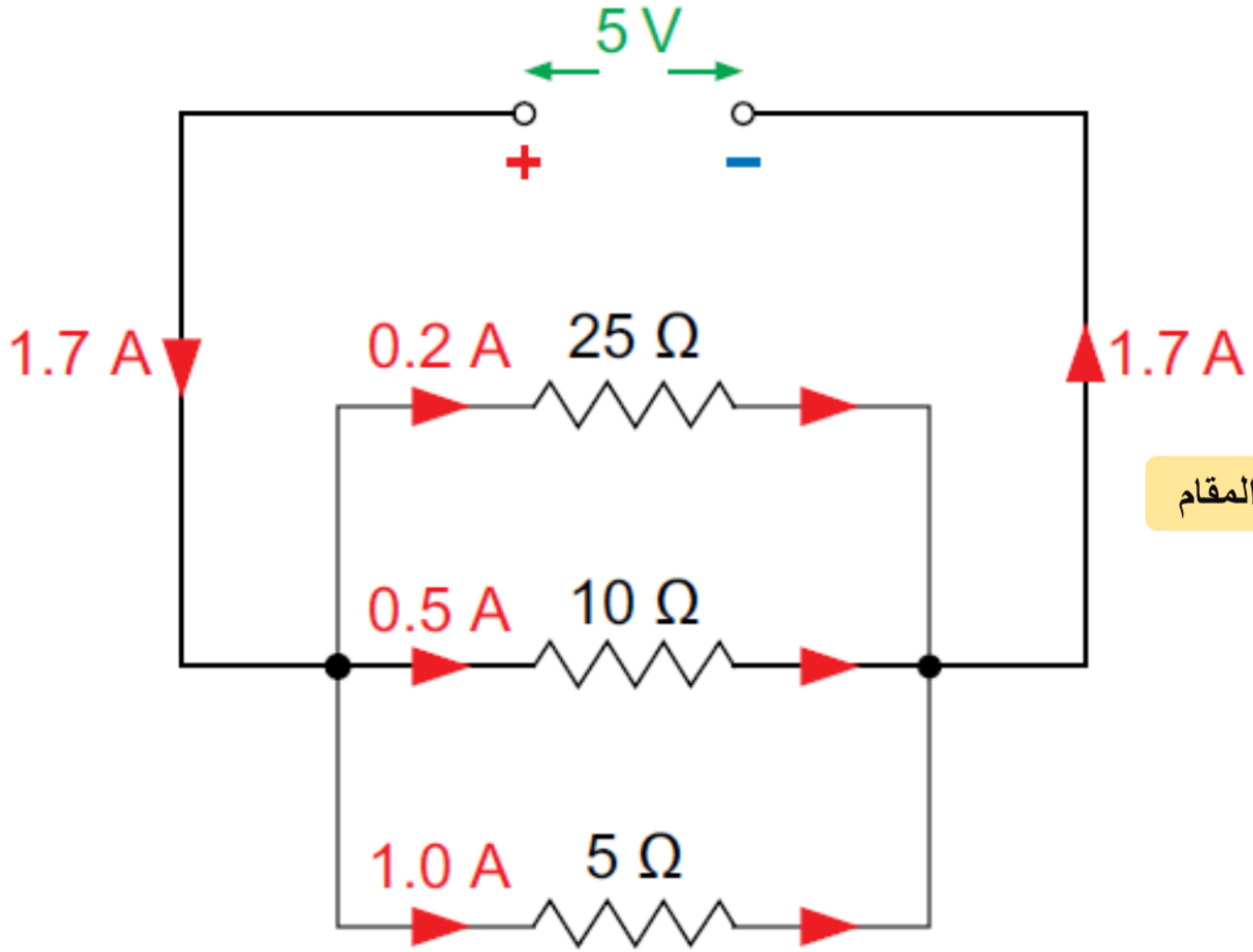
موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

تذكّر

يتفرّع التيّار الكهربائي في دائرة على التوازي، ولكن المجموع الكلّي يجب أن يبقى كما هو؛ فالإلكترونات لا يمكن أن تفنى.

المقاومة المكافئة في دائرة التوازي



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

نوحد المقام

$$\frac{1}{R} = \frac{1\times2}{25\times2} + \frac{1\times10}{10\times10} + \frac{1\times20}{5\times20}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{2+10+20}{100}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{32}{100}$$

نقلب البسط مقام

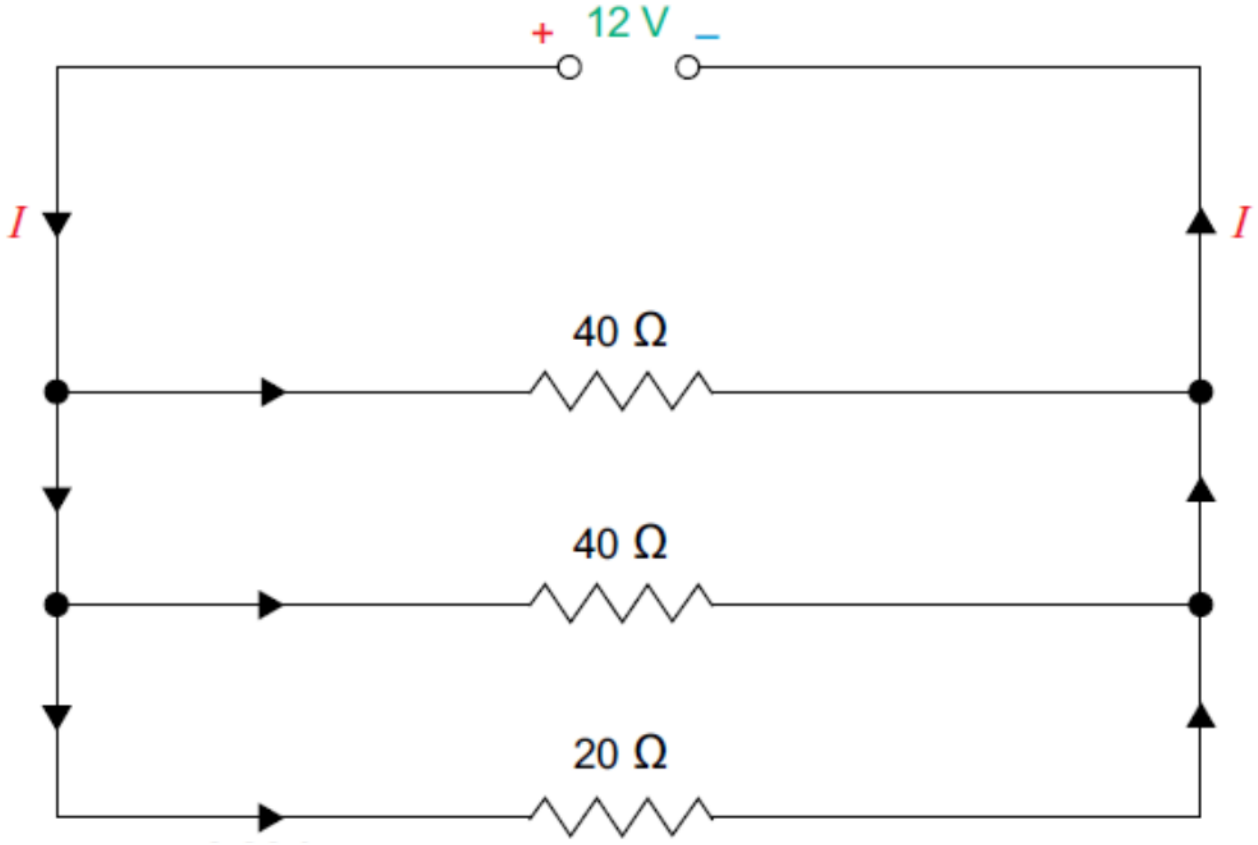
$$R = \frac{100}{32} \qquad R = 3.12\ \Omega$$

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

Oman22.com موقع عمان 22 التعليمي

مثال 1:

أحسب المقاومة المكافئة للدائرة الكهربائية في الشكل.
ثم أحسب قيمة التيار المار عبر كل مقاومة



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

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{40} + \frac{1}{40} + \frac{1}{20} \quad \times 2 \quad \times 2$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1+1+2}{40}$$

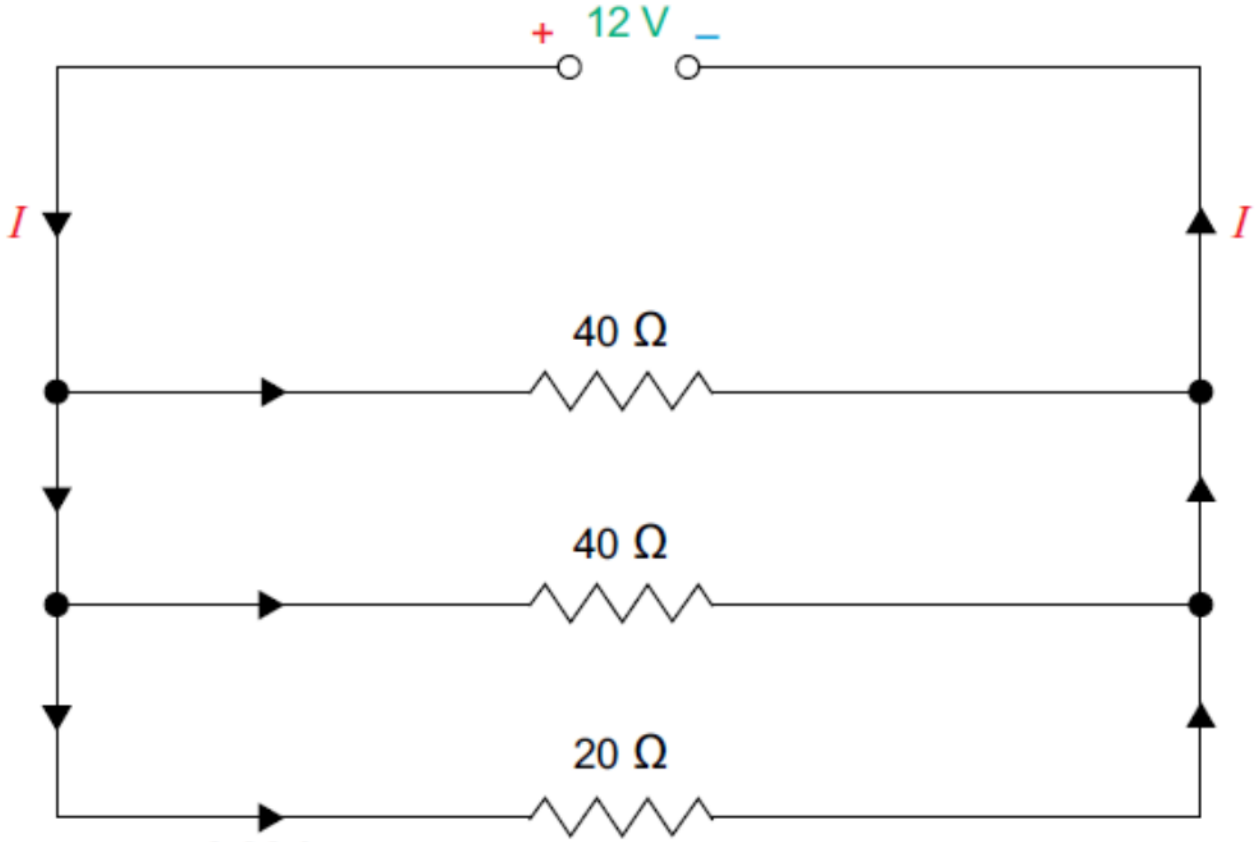
$$\frac{1}{R} = \frac{4}{40}$$

$$R = 10\ \Omega$$

Oman22.com موقع عمان 22 التعليمي

مثال1:

أحسب المقاومة المكافئة للدائرة الكهربائية في الشكل.
ثم أحسب قيمة التيار المار عبر كل مقاومة



$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{12}{40} = 0.30\ A$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{12}{40} = 0.30\ A$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{12}{20} = 0.60\ A$$

Oman22.com موقع عمان 22 التعليمي

مثال2

وُصِلت ثلاث مقاومات على التوازي قيمة كل منها (5 Ω – 10 Ω – 20 Ω) بمصدر جهد كهربائي مقدار 12 V
احسب المقاومة المكافئة وشدَّة التيّارالكهربائي المارّ في كلّ مقاومة.
شدَّة التيّارالكهربائي الذي يتدفَّق من المصدر؟

لحساب المقاومة المكافئة

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

$$\frac{1}{R} = \frac{1\times4}{5\times4} + \frac{1\times2}{10\times2} + \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{4+2+1}{20}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{7}{20} \qquad R = 2.85\Omega$$

شدة التيار بين كل مقاومة

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{12}{5} = 2.40\ A$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{12}{10} = 1.20\ A$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{12}{20} = 0.60\ A$$

شدة التيار الذي يتدفق من المصدر

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I = 2.40 + 1.20 + 0.60$$

$$I = 4.20\ A$$

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

أسئلة

٢-٩ استخدم فكرة المقاومات الموصَّلة على التوالي، لتشرح لماذا يكون للسلك الطويل مقاومة أكبر من السلك القصير (وكلاهما مصنوعان من المادّة نفسها ولهما السمك نفسه).

٢-١٠ استخدم فكرة المقاومات الموصَّلة على التوازي، لتشرح لماذا يكون للسلك السميك مقاومة أقلّ من السلك الرفيع (وكلاهما مصنوعان من المادّة نفسها ولهما الطول نفسه).

٢-٩ السلك الطويل يشبه سلكَين قصيرَين أو أكثر موصّلة على التوالي. تُضاف مقاوماتها لإعطاء المقاومة المكافئة.

٢-١٠ السلك السميك يشبه سلكَين رفيعَين أو أكثر موصّلة على التوازي. تكون مقاومتها المكافئة أقلّ من مقاومة أي من السلكَين.

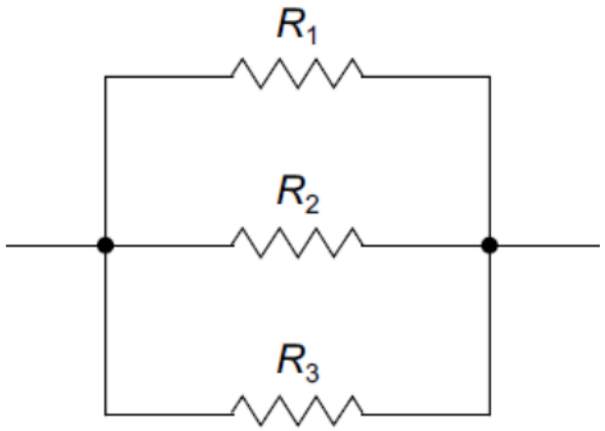
موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

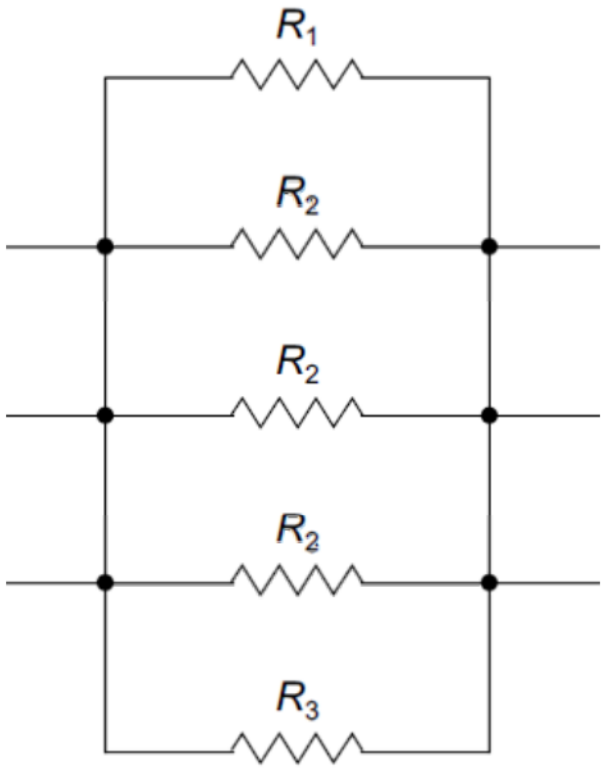
أي مسار له أكبر مقاومة؟

كلما كان المسار أطول كانت مقاومته أكبر

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

أي مسار له أكبر مقاومة؟





كلما كان المسار أعرض (مساحة السطح كبيرة) كانت المقاومة قليلة

٢-١١ وُصِّلت مقاومة (10.0 Ω) ومقاومة (20.0 Ω) على التوالي بمصدر جهد كهربائي (15.0 V).

أ. احسب شدَّة التيّار الكهربائي المتدفِّق في الدائرة الكهربائية.

ب. أيُّ مقاومة سيكون فرق الجهد بين طرفَيها أكبر؟

٢-١٢ كم تبلغ المقاومة المكافئة لثلاث مقاومات قيمة كل منها (60 Ω) موصَّلة على التوازي؟

٢-١٣ وُصِّلت مقاومتان مقدارهما (30 Ω) و (60 Ω) على التوازي، احسب مقاومتهما المكافئة.

٢-١١ **أ.** المقاومة المكافئة:

$$R = R_1 + R_2$$

$$R = 20 + 10 = 30\ \Omega$$

شدّة التيّار الكهربائي:

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

$$= \frac{15.0}{30}$$

$$I = 0.5\ \text{A}$$

ب. عندما تكون شدّة التيّار الكهربائي (I) هي نفسها، يكون فرق الجُهد متناسبًا مع المقاومة ($V \propto R$). لذلك سيكون فرق الجهد أكبر بين طرفَي المقاومة الأكبر والتي تساوي 20 Ω.

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

٢-١٢ كم تبلغ المقاومة المكافئة لثلاث مقاومات قيمة كل منها (60 Ω) موصَّلة على التوازي؟

٢-١٣ وُصِّلت مقاومتان مقدارهما (30 Ω) و (60 Ω) على التوازي، احسب مقاومتهما المكافئة.

٢-١٢ المقاومة المكافئة:

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

$$= \frac{1}{60} + \frac{1}{60} + \frac{1}{60}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{20}$$

$$R = 20\ \Omega$$

المقاومة المكافئة:

$$R = 20\ \Omega$$

٢-١٣ المقاومة المكافئة:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$= \frac{1}{30} + \frac{1}{60}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{20}$$

$$R = 20\ \Omega$$

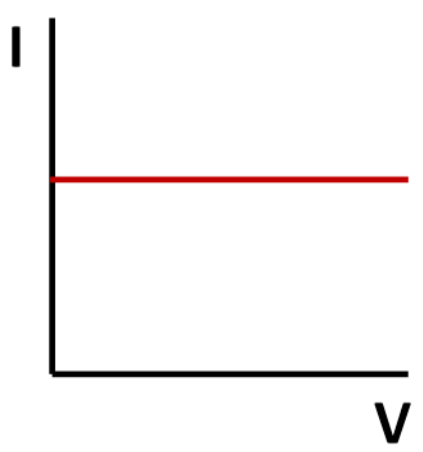
المقاومة المكافئة:

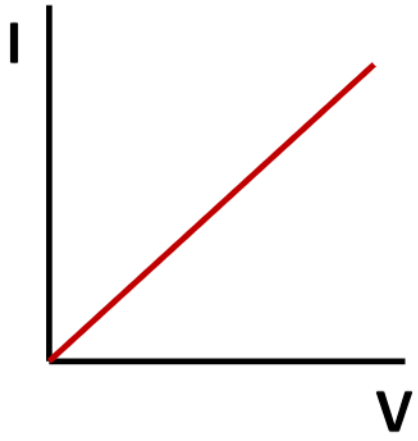
$$R = 20\ \Omega$$

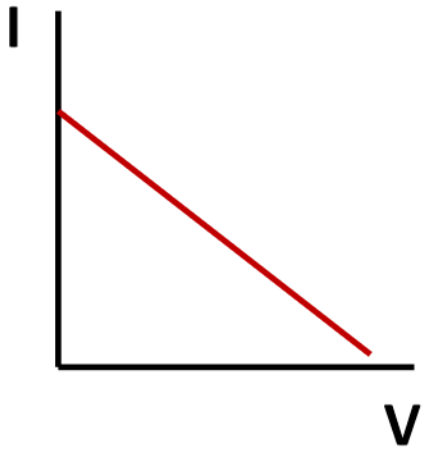
موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

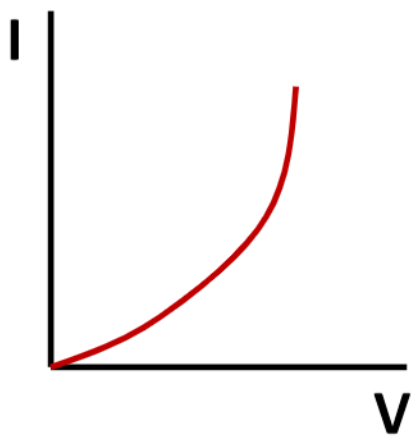
الإجابات في النهاية

1) الرسم البياني الذي يوضح العلاقة بين فرق الجهد وشدة التيار هو؟

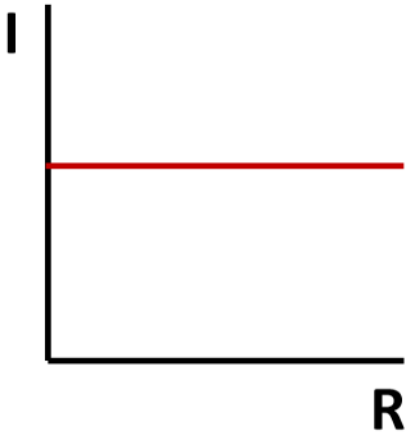


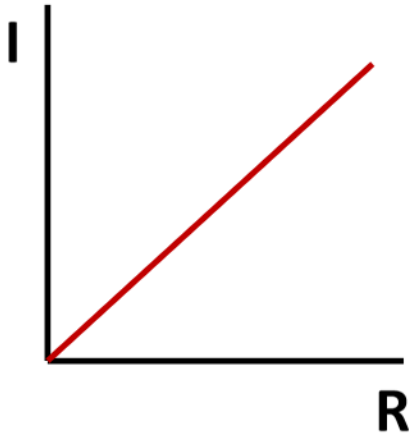


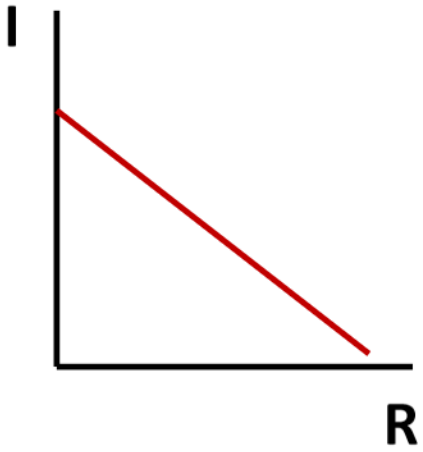


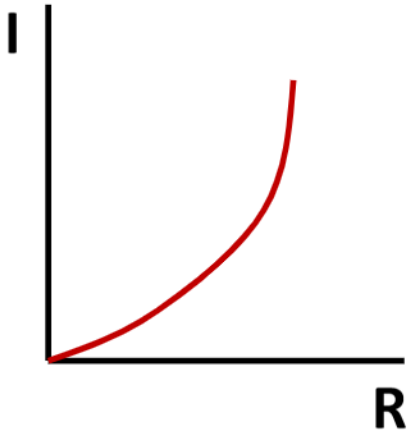


2) الرسم البياني الذي يوضح العلاقة بين المقاومة وشدة التيار هو؟

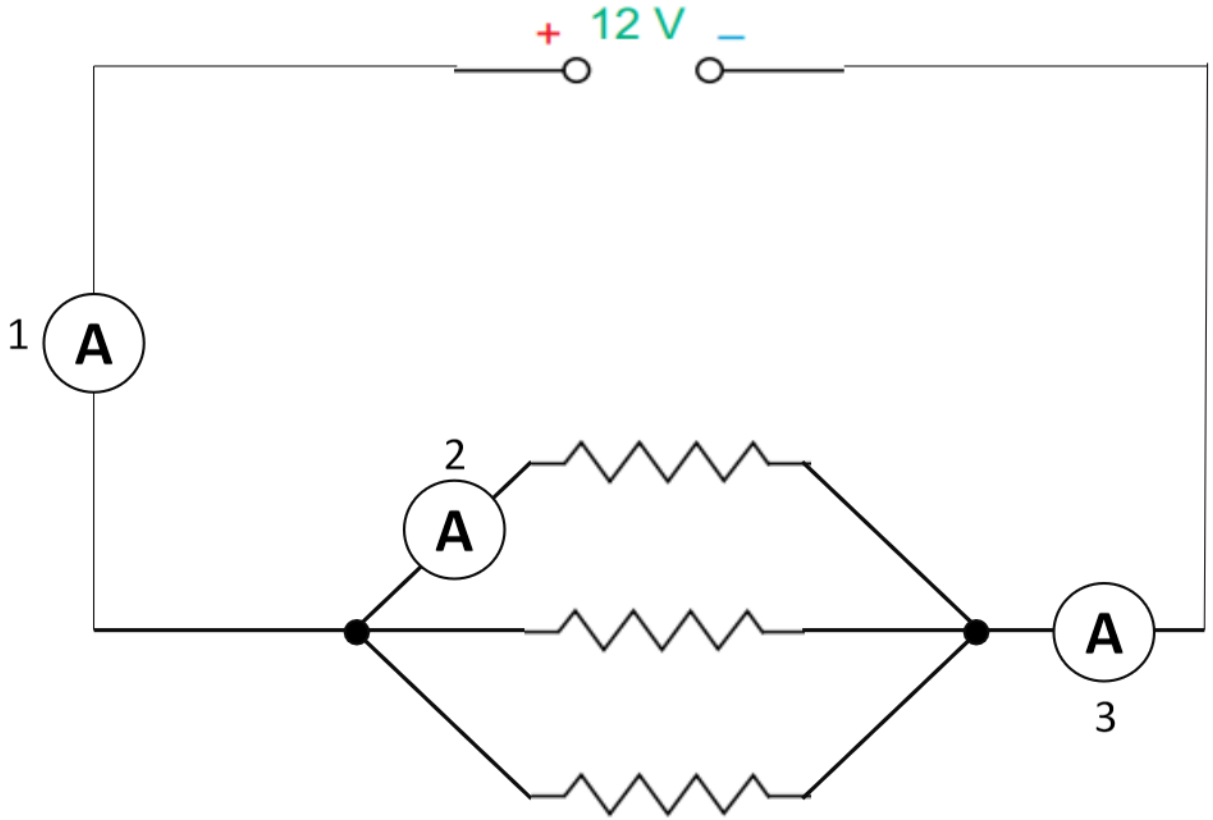








3) العلاقة الصحيحة فيما يلي لقيم شدة التيار في أجهزة الأميتر



أ) $A_1 = A_2 = A_3$

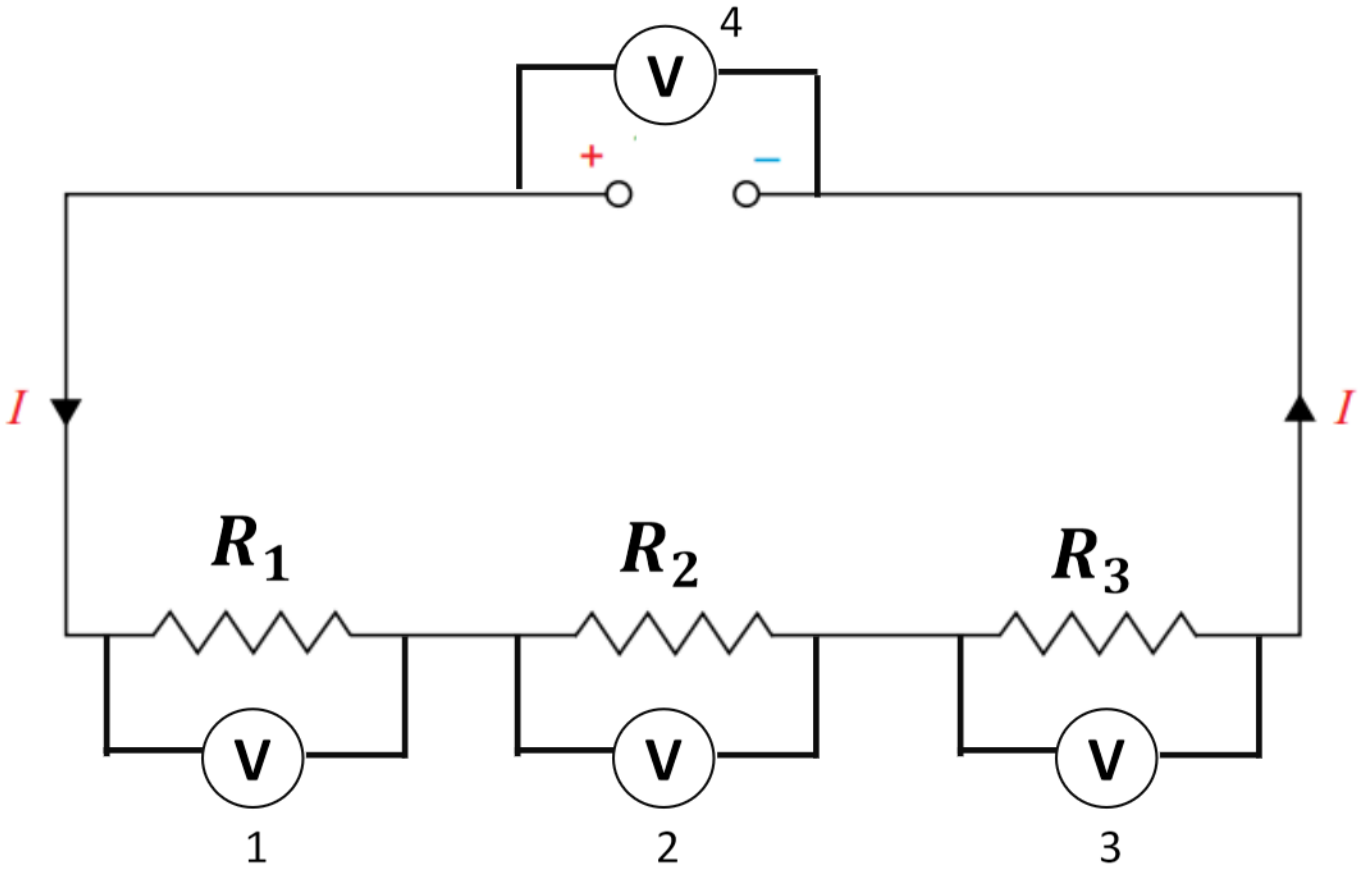
ب) $A_1 > A_2 = A_3$

ج) $A_1 = A_3 > A_2$

د) $A_1 = A_3 < A_2$

الإجابات في النهاية

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com



4) العلاقة الصحيحة فيما يلي لقيم شدة التيار في أجهزة الفولتميتر

أ) $V_1 = V_2 = V_3 = V_4$

ب) $V_1 + V_2 + V_3 = V_4$

ج) $V_1 + V_2 + V_3 > V_4$

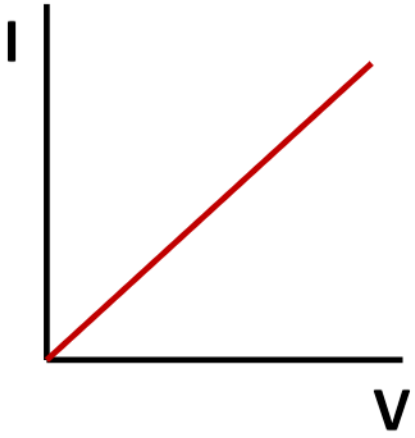
د) $V_1 + V_2 + V_3 < V_4$

الإجابات في النهاية

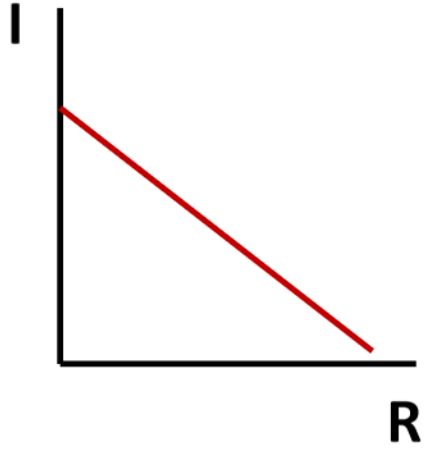
موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

الإجابات

1) كلما زاد جهد المصدر زاد شدة التيار



2) كلما زادت المقاومة قل التيار



3) ج) $A_1 = A_3 > A_2$

4) ب) $V_1 + V_2 + V_3 = V_4$

موقع عمان 22 التعليمي Oman22.com

	التوصيل على التوالي	التوصيل على التوازي
شدة التيار المار (I)	تكون شدة التيار الكهربائي هي نفسها في جميع نقاط الدائرة الكهربائية. $I = I_1 = I_2 = I_3$	تكون شدة التيار الكهربائي الخارج من المصدر أكبر من شدة التيار عبر أي مقاومة. $I = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots$
فرق الجهد (V)	يكون مجموع الجهود بين طرفي كل مقاومة في الدائرة مساويا لجهد المصدر. $V = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots$	يكون فرق الجهد عبر كافة المقاومات هو نفسه. $V = V_1 = V_2 = V_3$
المقاومة المكافئة (R)	تكون المقاومة المكافئة أكبر من أي مقاومة فيها وتساوي مجموع المقاومات. $R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots$	تكون المقاومة المكافئة أقل من أقل مقاومة في الدائرة الكهربائية. $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots$

Oman22.com موقع عمان 22 التعليمي