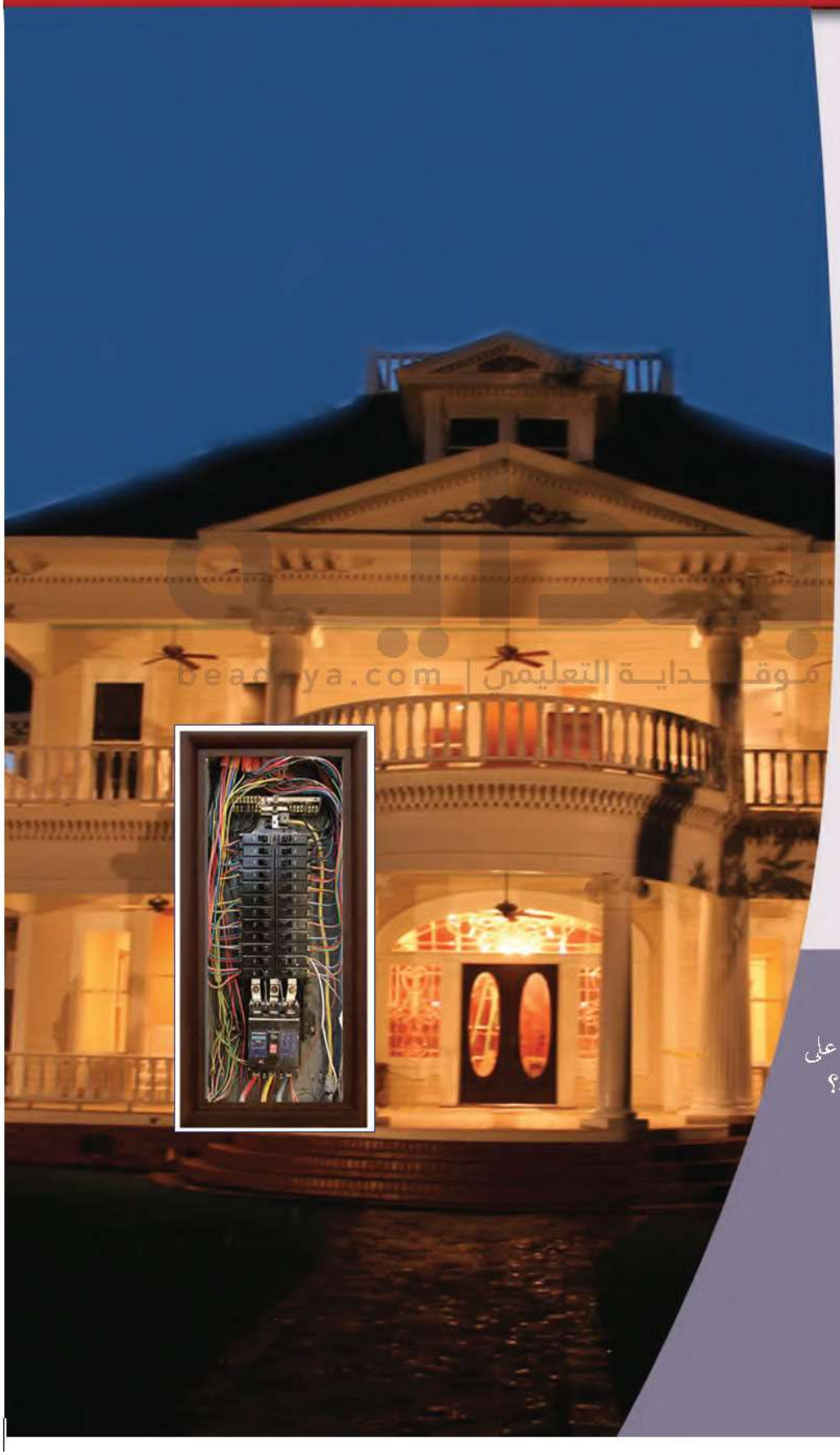
الفصل 5

دوائر التوالي والتوازي الكهربائية

Series and Parallel Circuits



ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

- التمييز بين دوائر التوالي ودوائر التوازي والدوائر المُركّبة، وتحل مسائل عليها.
- توضيح وظيفة كل من المنصهر الكهربائي، والقواطع الكهربائية، وقواطع التفريغ الأرضي الخاطئ، وتصف كيفية استعمال الأميتر والفولتمتر في الدوائر الكهربائية.

الأهمية

تعدّ الدوائر الكهربائية أساس عمل الأجهزة الكهربائية جميعها. وستساعدك معرفة كيفية عمل الدوائر الكهربائية على فهم وظيفة العدد الذي لا يحصى من الأجهزة الكهربائية.

مراكز الحمل الكهربائي تُشكّل مراكز الحمل الكهربائي نقاط الوصل بين الأسلاك الرئيسة الواصلة من شركة الكهرباء والدوائر الكهربائية في المبنى. ويحتوي مركز الحِمل الكهربائي على مجموعة من القواطع الكهربائية يحمي كلٌّ منها دائرة مفردة خاصة به تحتوي على أحمالٍ مختلفة موصولة على التوازي.

فكّر ◄

لماذا توصل الأحمال الكهربائية في المباني على التوازي؟ وكيف توصل القواطع الكهربائية؟

bedaya.com | موقع بداية التعليمي

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

تجربة استهلالية

كيف تحمي المُنصهِراتُ الكهربائية الدوائرَ الكهربائية؟

سؤال التجربة كيف يحمي منصهرٌ كهربائي دائرةً كهربائية عند مرور تيار كهربائي كبير فيها؟

الخطوات

1. صِل القطب السالب لبطارية جهدها 9 V بأحد طرفي قاعدة مصباح باستخدام سلك توصيل. ***تحذير: قد تكون نهايتا السلك النحاسي حادتين، وقد يجرح الجلد.***
2. صِل الطرف الآخر لقاعدة المصباح بسلك مواعين باستعمال سلك توصيل، وتأكد من تعليق سلك المواعين فوق وعاء زجاجي صغير.
3. صِل الطرف الثاني لسلك المواعين بمفتاح كهربائي باستعمال سلك توصيل آخر، وتأكد من أن المفتاح الكهربائي مفتوح.
4. صِل الطرف الثاني للمفتاح الكهربائي بالقطب الموجب للبطارية.
5. **كوِّن فرضية** توقع ما يحدث عند إغلاق المفتاح الكهربائي.
6. **لاحظ** أغلق المفتاح الكهربائي، ولاحظ ما يحدث لسلك المواعين. ***تحذير: لا تلمس سلك المواعين بعد إغلاق المفتاح.***
7. كرّر الخطوات 6-1 باستعمال سلك مواعين أكثر سمكًا أو لفّ عدة أسلاك من سلك المواعين معًا لتصبح سلكًا واحدًا سميكًا، ولاحظ ما يحدث.

التحليل

وضّح العلاقة بين سُمك سلك المواعين وسرعة تسخينه وانقطاعه. لماذا تُستخدم القواطع الكهربائية بدل المنصهرات الكهربائية في صناديق الدوائر الكهربائية في المنازل الحديثة؟

التفكير الناقد ما أهمية أن يحل منصهر جديد محل المنصهر الكهربائي التالف في دوائر المنازل والسيارات، بحيث يكون له مقدار التيار نفسه؟

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

1-5 الدوائر الكهربائية البسيطة Simple Circuits

يمكن اعتبار النهر الجبلي نموذجًا لتوضيح التوصيلات الكهربائية لدائرة كهربائية، حيث ينحدر ماء النهر من أعلى الجبل إلى سفحه، ويكون التغير في الارتفاع عند جريان الماء من قمة الجبل حتى وصوله إلى السفح هو نفسه بغض النظر عن المسار الذي يسلكه ماء النهر. وتنحدر المياه في بعض الأنهار الجبلية في صورة جدول مفرد، وفي أنهار أخرى تتفرع المياه إلى فرعين أو أكثر عند تدفّقها من فوق شلّال أو من فوق سلسلة من المنحدرات المتتالية، حيث يتدفق جزء من ماء النهر في مسار، في حين تتدفق أجزاء أخرى في مسارات مختلفة. وبغض النظر عن عدد المسارات التي يسلكها ماء النهر فإن الكمية الكلية للماء المتدفق إلى أسفل الجبل تبقى ثابتة؛ أي أن كمية الماء المتدفق لا تتأثر بالمسار الذي تسلكه.

الأهداف

- **تصف** دوائر التوالي ودوائر التوازي الكهربائية.
- **تحسب** كلًّا من التيارات، والهبوط في الجهد، والمقاومة المكافئة في دوائر التوالي ودوائر التوازي الكهربائية.

المفردات

دائرة التوالي	المقاومة المكافئة
مجزئ الجهد	دائرة التوازي

كيف يشـكل مسار ماء النهر في **الشكل 1–5** نموذجًا لدائرة كهربائية؟ إن الارتفاع الذي ينحدر منه النهر مشـابهة لفرق الجهد في دائرة كهربائية، وكمية الماء المتدفق مشابهة للتيار الكهربائي المار في الدائرة، والمنحدرات الضيقة التي تعوق حركة الماء مشابهة للمقاومات الكهربائية. أيّ أجزاء النهر تشبه بطارية أو مولّدًا كهربائيًّا في دائرة كهربائية؟ تعدّ الشمس مصـدر الطاقة اللازمة لرفع الماء إلى قمة الجبل؛ إذ يتبخر الماء من البحيرات والبحار بفعل الطاقة الشمسـية، وعند تشـكّل الغيوم يهطل منها مطر أو ثلج عـلى قمم الجبال. واصل التفكير في نموذج النهر الجبلي في أثناء دراستك التيار الكهربائي في الدوائر الكهربائية.

الشكل 1–5 تبقى كمية الماء ومقدار الانحدار في الارتفاع هي نفسها، بغض النظر عن المسار الذي يسلكه النهر عند انحداره من قمة الجبل.

دوائر التوالي الكهربائية Series Circuits

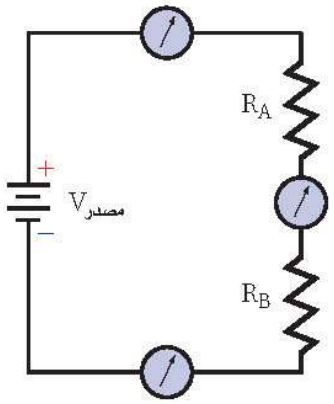
وَصَل ثلاثـة طلاب مصباحين متماثلين بطرفي بطارية، كما هو موضّح في **الشـكل 2–5**. وقبل إغلاقهم الدائرة الكهربائية طلب إليهم المعلم توقع سطوع المصباحين.

يعلم كل طالب منهم أن سطوع مصباح ما يعتمد على مقدار التيار المار فيه، فتوقع الطالب الأول أن المصبـاح الأقرب إلى القطـب الموجب (+) للبطارية هو فقط الذي سـيضيء؛ وذلك لأن التيار سيُستهلك جميعه على شكل طاقة حرارية وضوئية. وتوقع الطالب الثاني أن المصباح الأول سيستهلك جزءًا من التيار، وأن المصباح الثاني سيتوهج، ولكن بسطوع أقل من المصباح الأول. أما الطالب الثالث فتوقع أن يكون سطوعَا المصباحين متساويين؛ لأن التيار عبارة عن تدفق للشحنات، والشحنات التي تخرج من المصباح الأول لا تجد لها أي منفذ آخر للحركة في الدائرة الكهربائية إلا من خلال المصباح الثاني. وأضاف الطالب الثالث: لأن التيار نفسـه سيمر في كلٍّ من المصباحين فإن سطوعيهما سيكونان متساويين. كيف تتوقع أنت أن يكون سطوع المصباحين؟

إذا فكّرت في نموذج النهر الجبلي وقارنته بهذه الدائرة الكهربائية فستدرك أن توقع الطالب الثالث هو التوقع الصحيح. تذكّر ممّا تعلمته سابقًا أن الشحنة لا تفنى ولا تستحدث. ولأن للشـحنة مسارًا واحدًا فقط تسلكه في هذه الدائرة الكهربائية، وهي لا تفنى، فإنه يجب أن تكون كمية الشـحنة التي تدخل الدائرة الكهربائية مساوية للكمية التي تخرج منها؛ وهذا يعني أن التيار يكون هو نفسه في أيّ جزء من أجزاء الدائرة. فإذا وُصِلت ثلاثة أجهزة أميتر

الشكل 2–5 ما توقعك بشأن سطوع المصباحين بعد إغلاق الدائرة الكهربائية؟

في الدائرة، كما هو موضّح في **الشكل 3–5**، فإن قراءات الأجهزة جميعها ستكون متساوية. وتسمّى مثل هذه الدائرة التي يمر التيار نفسه في كلِّ جزء من أجزائها **دائرة التوالي**.



■ **الشكل 3–5** تبين قراءة أجهزة الأميتر أن التيار يكون متساويًا في جميع أجزاء دائرة التوالي.

إذا كان التيار متساويًا في أجزاء الدائرة جميعها فما الذي يستهلكه المصباح لإنتاج الطاقة الحرارية والضوئية؟ تذكّر أن القدرة الكهربائية هي المعدل الزمني لتحوُّل الطاقة الكهربائية، وتُمثّل بالعلاقة $P = IV$. لذا إذا كان هناك فرق في الجهد أو هبوط في الجهد عبر المصباح فإن الطاقة الكهربائية ستتحوّل من شكل إلى آخر من أشكال الطاقة. ولأن مقاومة المصباح تعرّف بالعلاقة $R = V/I$، لذا يكون هناك فرق في الجهد على هذه المقاومة، ويسمّى أيضًا الهبوط في الجهد $V = IR$.

التيار والمقاومة في دائرة التوالي تعلمت من نموذج النهر الجبلي أن مجموع الانحدارات في الارتفاع يساوي الانحدار الكلي من قمة الجبل حتى الوصول إلى سفحِه. وكذلك الأمر في الدائرة الكهربائية؛ حيث تكون الزيادة في الجهد الذي يوفّره المولد أو أيّ مصدر طاقة $V_{مصدر}$، مساويةً مجموع الهبوط (النقصان) في فرق الجهد في كلا المصباحين A و B، ويمكن تمثيلها بالمعادلة: $V_{مصدر} = V_A + V_B$

ولإيجاد الهبوط في الجهد عبر مقاومة، اضرب مقدار التيار المار في الدائرة الكهربائية في مقدار تلك المقاومة. ولأن التيار المار في كلا المصباحين هو نفسه فإن $V_A = IR_A$ و $V_B = IR_B$، لذا يكون $V_{مصدر} = IR_A + IR_B$ أو $V_{مصدر} = I(R_A + R_B)$. ويمكن إيجاد التيار من خلال المعادلة: $I = \frac{V_{مصدر}}{R_A + R_B}$

يمكن استخدام الفكرة نفسها لتشمل أي عدد من المقاومات المتصلة على التوالي، وليس مقاومتين فقط. وسيمر التيار نفسه في هذه الدائرة الكهربائية إذا وضعنا فيها مقاومة واحدة R تساوي مجموع مقاومتي المصباحين، وتسمى مثل هذه المقاومة **المقاومة المكافئة** للدائرة الكهربائية. إذًا المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات موصولة على التوالي هي مجموع المقاومات المفردة، ويُعبّر عنها بالمعادلة الآتية:

المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات موصولة على التوالي $R = R_A + R_B + \ldots$

المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات متصلة على التوالي تساوي مجموع المقاومات المفردة.

لاحظ أن المقاومة المكافئة في حالة التوصيل على التوالي تكون أكبر من أي مقاومة مفردة، لذا إذا لم يتغير جهد البطارية فإن إضافة أجهزة جديدة على التوالي ستقلل التيار المار في الدائرة. ولحساب التيار في دائرة توالٍ نحسب المقاومة المكافئة أولاً، ثم نستخدم المعادلة الآتية:

التيار الكهربائي $I = \frac{V_{مصدر}}{R}$

التيار الكهربائي في دائرة التوالي يساوي فرق جهد المصدر مقسومًا على المقاومة المكافئة.

beadaya.com | موقع بداية للتعليم

مسائل تدريبية

1. وصِلت المقاومات 5 Ω و15 Ω و10 Ω في دائرة توالٍ كهربائية ببطارية جهدها 90 V. ما مقدار المقاومة المكافئة للدائرة؟ وما مقدار التيار المار فيها؟
2. وصِلت بطارية جهدها 9 V بثلاث مقاومات موصولة على التوالي في دائرة كهربائية. إذا زاد مقدار إحدى المقاومات فأجب عما يأتي:
   a. كيف تتغير المقاومة المكافئة؟ **ستزداد**
   b. ماذا يحدث للتيار؟ **ستقل**
   c. هل يكون هناك أي تغير في جهد البطارية؟ **لا، لا تعتمد على المقاومة**
3. وصِل طرفا سلك زينة فيه عشرة مصابيح ذات مقاومات متساوية ومتصلة على التوالي بمصدر جهد 120 V، فإذا كان التيار المار في المصابيح 0.06 A فاحسب مقدار:
   a. المقاومة المكافئة للدائرة.
   b. مقاومة كل مصباح.
4. احسب الهبوط في الجهد خلال المقاومات الثلاث الواردة في المسألة **1**، ثم تحقق من أن مجموع الهبوط في الجهد عبر المصابيح الثلاثة يساوي جهد البطارية.

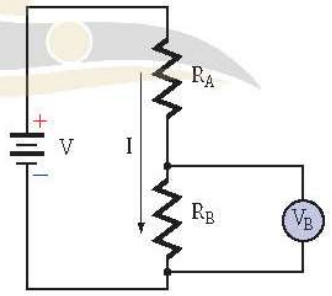
الهبوط (النقصان) في فرق الجهد في دائرة التوالي عند مرور تيار كهربائي في أيّ دائرة كهربائية يجب أن يكون مجموع التغيرات في الجهد عبر كل عناصر الدائرة صفرًا؛ وذلك لأن مصدر الطاقة الكهربائية للدائرة؛ أي البطارية أو المولّد الكهربائي، يعمل على رفع الجهد بمقدار يساوي مجموع الهبوط في الجهد الناتج عن مرور التيار في جميع مقاومات الدائرة الكهربائية، لذا يكون المجموع الكلي للتغيرات في الجهد صفرًا.

ومن التطبيقات المهمة على دوائر التوالي دائرة تسمّى **مجزئ الجهد**، وهو دائرة توالٍ تُستخدم لإنتاج مصدر جهد بالقيمة المطلوبة من بطارية ذات جهد كبير. افترض مثلًا أن لديك بطارية جهدها 9 V، إلا أنك تحتاج إلى مصدر فرق جهد 5 V. انظر الدائرة الموضّحة في الشكل **4–5** ولاحظ أن المقاومتين R_A وR_B متصلتان على التوالي ببطارية جهدها V، لذا تكون المقاومة المكافئة للدائرة $R = R_A + R_B$. أما التيار فيحسب بالمعادلة الآتية:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V}{R_A + R_B}$$

القيمة المطلوبة للجهد 5 V، وهي هنا تساوي الهبوط في الجهد V_B عبر المقاومة R_B: $V_B = IR_B$، وباستخدام هذه المعادلة، وقيمة التيار (المعادلة السابقة) نحصل على:

$$V_B = I R_B$$
$$= \left(\frac{V}{R_A + R_B}\right) R_B$$
$$= \left(\frac{V R_B}{R_A + R_B}\right)$$



الشكل 4–5 في دائرة مجزئ الجهد هذه اختيرت قيمتا المقاومتين R_A وR_B بحيث يكون الهبوط في الجهد خلال المقاومة R_B مساويًا الجهد المطلوب.

بقية الإجابات في الصفحة التالية

مسائل تدريبية

1. وصِلت المقاومات 5 Ω و15 Ω و10 Ω في دائرة توالٍ كهربائية ببطارية جهدها 90 V. ما مقدار المقاومة المكافئة للدائرة؟ وما مقدار التيار المار فيها؟

$$\mathbf{R = R_1 + R_2 + R_3 = 30\Omega}$$

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

$$\mathbf{= 3\ A}$$

3. وصِل طرفا سلك زينة فيه عشرة مصابيح ذات مقاومات متساوية ومتصلة على التوالي بمصدر جهد 120 V، فإذا كان التيار المار في المصابيح 0.06 A فاحسب مقدار:

a. المقاومة المكافئة للدائرة.

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

$$= 2 \times 10^3 \Omega$$

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

b. مقاومة كل مصباح.

$$R_{\text{bulb}} = R/10 = 2 \times 10^2 \Omega$$

4. احسب الهبوط في الجهد خلال المقاومات الثلاث الواردة في المسألة **1**، ثم تحقق من أن مجموع الهبوط في الجهد عبر المصابيح الثلاثة يساوي جهد البطارية.

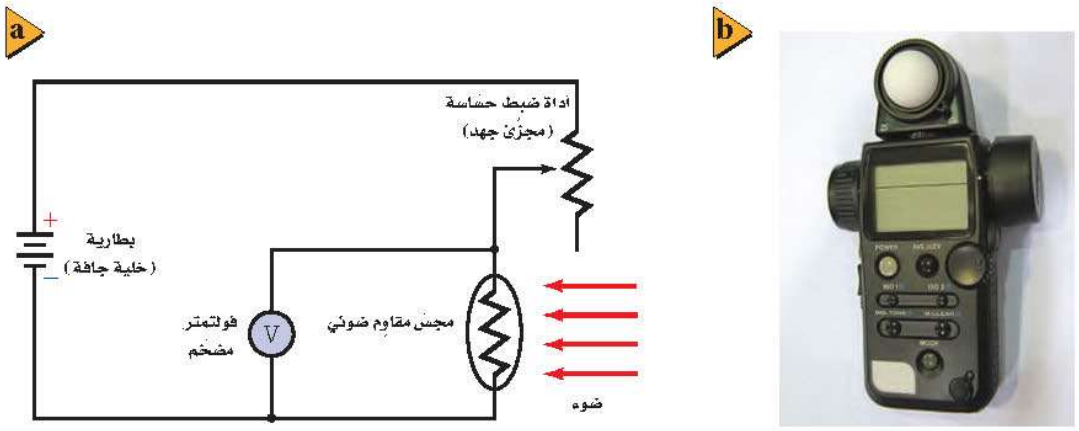
$$\mathbf{V_1 = 30\ V}$$

$$\mathbf{V_2 = 45\ V}$$

$$\mathbf{V_3 = 15\ V}$$

$$\mathbf{V_1 + V_2 + V_3 = 90\ V}$$

وهو يساوي جهد البطارية



■ **الشكل 5–5** الجهد الناتج عن مجزئ الجهد يعتمد على كمية الضوء التي تسقط على مجسّ المقاومة الضوئية (a). تستفيد أجهزة قياس كمية الضوء المستخدمة في التصوير الفوتوجرافي من مجزئ الجهد (b).

تُستخدم عادة مجزِّئات الجهد مع المجسّات؛ مثل المقاومات الضوئية؛ حيث تعتمد المقاومة الضوئية على كمية الضوء التي تسقط عليه، وهو يُصنع عادة من مواد شبه موصلة؛ مثل السليكون أو السيلينيوم أو كبريتيد الكادميوم. وتتغير مقاومة ضوئية مثالية من 400 Ω عند سقوط ضوء عليه إلى 400,000 Ω عندما تكون المقاومة في مكان معتم. ويعتمد الجهد الناتج عن مجزئ الجهد المستخدم في المقاومة الضوئية على كمية الضوء التي تسقط على مجسّ المقاومة، ويمكن استعمال هذه الدائرة مقياسًا لكمية الضوء، كما هو موضّح في **الشكل 5–5**؛ حيث تكشف دائرة إلكترونية في هذا الجهاز فرق الجهد وتحوّله إلى قياس للاستضاءة يمكن قراءته على شاشة رقمية. وستقل قراءة الفولتمتر المضخّم عند زيادة الاستضاءة.

مثـــال

الهبوط في الجهد في دائرة التوالي وصِلت مقاومتان كلٌّ منهما 47.0 Ω و82.0 Ω على التوالي بقطبي بطارية جهدها 45.0 V، أجب عما يأتي:

a. ما مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة؟

b. ما مقدار الهبوط في الجهد في كل مقاومة؟

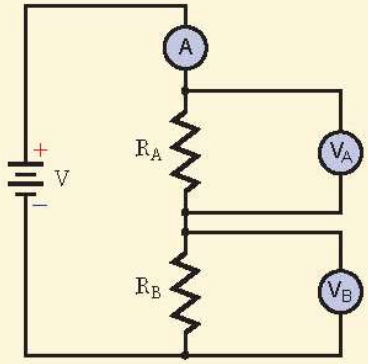
c. إذا وضِعت مقاومة مقدارها 39.0 Ω بدلًا من المقاومة 47.0 Ω فهل تزداد شدة التيار أم تقل أم تبقى ثابتة؟

d. ما مقدار الهبوط الجديد في الجهد في المقاومة 82.0 Ω؟

تحليل المسألة ورسمها

- ارسم رسمًا تخطيطيًّا للدائرة الكهربائية.

المعلوم	المجهول
$V_{مصدر} = 45.0\ V$	$I = ?$
$R_A = 47.0\ \Omega$	$V_A = ?$
$R_B = 82.0\ \Omega$	$V_B = ?$



2 إيجاد الكمية المجهولة

a. لحساب التيار نجد أولًا المقاومة المكافئة.

دليل الرياضيات
إجراء العمليات الحسابية باستعمال الأرقام المعنوية

بالتعويض عن $R = R_A + R_B$

$$I = \frac{V_{مصدر}}{R}، R = R_A + R_B$$

بالتعويض عن
$V_{مصدر} = 45.0\ V$، $R_A = 47.0\ \Omega$، $R_B = 82.0\ \Omega$

$$= \frac{V_{مصدر}}{R_A + R_B}$$

$$= \frac{45.0\ V}{47.0\ \Omega + 82.0\ \Omega} = 0.349\ A$$

b. استخدم المعادلة $V = IR$ لكل مقاومة.

بالتعويض عن $I = 0.349\ A$، $R_A = 47.0\ \Omega$

$$V_A = IR_A = (0.349\ A)(47.0\ \Omega) = 16.4\ V$$

بالتعويض عن $I = 0.349\ A$، $R_B = 82.0\ \Omega$

$$V_B = IR_B = (0.349\ A)(82.0\ \Omega) = 28.6\ V$$

c. احسب التيار المار في الدائرة باستخدام المقاومة $39.0\ \Omega$ بوصفها قيمة جديدة لـ R_A

$$I = \frac{V_{مصدر}}{R_A + R_B}$$

بالتعويض عن
$V_{مصدر} = 45.0\ V$، $R_B = 82.0\ \Omega$، $R_A = 39.0\ \Omega$

$$= \frac{45.0\ V}{39.0\ \Omega + 82.0\ \Omega} = 0.372\ A$$ يزداد التيار

d. أوجد الهبوط الجديد في الجهد في R_B

بالتعويض عن $I = 0.372\ A$، $R_B = 82.0\ \Omega$

$$V_B = IR_B = (0.372\ A)(82.0\ \Omega) = 30.5\ V$$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** وحدة التيار الكهربائي عبارة عن $A = V/\Omega$، ووحدة الجهد $V = A.\Omega$
- **هل الجواب منطقي؟** بالنسبة للتيار إذا كان $R > V$ فإن $I < 1$. كذلك فإن الهبوط في الجهد عبر أي مقاومة يجب أن يكون أقل من جهد الدائرة (المصدر)، ومقدارا V_B في الحالتين أقل من $V_{مصدر}$ التي تساوي $45.0\ V$

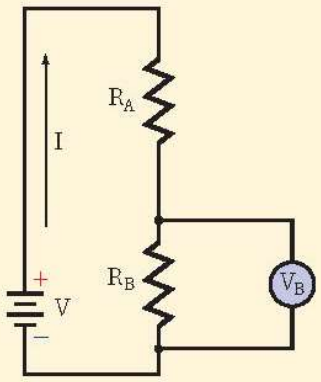
مثـــــال 2

مجزئ الجهد وصِلت بطارية جهدها $9.0\ V$ بمقاومتين: $390\ \Omega$ و $470\ \Omega$، على شكل مجزئ جهد. ما مقدار جهد المقاومة $470\ \Omega$؟

1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم البطارية والمقاومتين في دائرة توالٍ كهربائية.

المعلوم	المجهول
$V_{مصدر} = 9.0\ V$	$V_B = ?$
$R_A = 390\ \Omega$	
$R_B = 470\ \Omega$	



2 إيجاد الكمية المجهولة

لحساب التيار نجد أولاً المقاومة المكافئة للدائرة.

$$R = R_A + R_B$$

بالتعويض عن $R = R_A + R_B$

احسب جهد المقاومة R_B

بالتعويض عن

$R_B = 470\ \Omega$ ، $V_{مصدر} = 9.0\ V$ ، $R_A = 390\ \Omega$

دليل الرياضيات

ترتيب العمليات

$$I = \frac{V_{مصدر}}{R}$$

$$I = \frac{V_{مصدر}}{R_A + R_B}$$

$$V_B = IR_B$$

$$= \frac{V_{مصدر} R_B}{R_A + R_B}$$

$$= \frac{(9.0\ V)(470\ \Omega)}{390\ \Omega + 470\ \Omega}$$

$$= 4.9\ V$$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** وحدة الجهد $V = V\Omega / \Omega$، ونختصر Ω فيبقى V.
- **هل الجواب منطقي؟** الهبوط في الجهد أقل من جهد البطارية. ولأن $470\ \Omega$ أكبر من نصف المقاومة المكافئة، لذلك يكون الهبوط في الجهد أكبر من نصف جهد البطارية.

مسائل تدريبية

5. إذا أظهرت الدائرة الموضّحة في المثال 1 النتائج الآتية: قراءة الأميتر 0 A، وقراءة V_A تساوي 0 V، وقراءة V_B تساوي 45 V، فما الذي حدث؟

6. افترض أن قيم عناصر الدائرة الكهربائية الموضّحة في المثال 1 هي: $R_A = 255\ \Omega$ و $R_B = 292\ \Omega$ و $V_A = 17.0\ V$، وليس هناك أيّ معلومات أخرى، فأجب عما يأتي:
   a. ما مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة؟
   b. ما مقدار جهد البطارية؟
   c. ما مقدار القدرة الكهربائية الكلية المستنفدة؟ وما مقدار القدرة المستنفدة في كل مقاومة؟
   d. هل مجموع القدرة المستنفدة في كل مقاومة يساوي القدرة الكلية المستنفدة في الدائرة؟ وضّح ذلك.

7. توصل مصابيح أسلاك الزينة غالبًا على التوالي، وضح لماذا تستخدم مصابيح خاصة تشكّل دائرة قصر عندما يحترق فتيلها إذا ازداد جهد المصباح ليصل إلى جهد الخط؟ ولماذا تحترق المنصهرات الكهربائية الخاصة بمجموعات المصابيح تلك بعد احتراق عدد من هذه المصابيح؟

8. تتكوّن دائرة توالٍ كهربائية من بطارية جهدها 12.0 V وثلاث مقاومات. فإذا كان جهد إحدى المقاومات 1.21 V، وجهد مقاومة ثانية 3.33 V، فما مقدار جهد المقاومة الثالثة؟

9. وصِلت المقاومتان $22\ \Omega$ و $33\ \Omega$ في دائرة توالٍ كهربائية بفرق جهد مقداره 120 V. احسب مقدار:
   a. المقاومة المكافئة للدائرة.
   b. التيار المار في الدائرة.
   c. الهبوط في الجهد عبر كل مقاومة.
   d. الهبوط في الجهد عبر المقاومتين معًا.

10. قام طالب بعمل مجزئ جهد يتكوّن من بطارية جهدها 45 V ومقاومتين قيمتاهما: $475\ k\Omega$ و $235\ k\Omega$. إذا قيس الجهد الناتج عبر المقاومة الصغرى فما مقدار هذا الجهد؟

11. ما مقدار المقاومة التي يمكن استخدامها عنصرًا في دائرة مجزئ جهد مع مقاومة أخرى مقدارها $1.2\ k\Omega$، بحيث يكون الهبوط في الجهد عبر المقاومة $1.2\ k\Omega$ مساويًا 2.2 V عندما يكون جهد المصدر 12 V؟

beadaya.com | بداية للتعليم

الإجابات في الصفحة التالية

5. إذا أظهرت الدائرة الموضّحة في المثال 1 النتائج الآتية: قراءة الأميتر 0 A، وقراءة V_A تساوي 0 V، وقراءة V_B تساوي 45 V، فما الذي حدث؟

فصل المقاوم R_B

6. افترض أن قيم عناصر الدائرة الكهربائية الموضّحة في المثال 1 هي: $R_A = 255\ \Omega$ و $R_B = 292\ \Omega$ و $V_A = 17.0$ V، وليس هناك أيّ معلومات أخرى، فأجب عما يأتي:

a. ما مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة؟

$$I = \frac{V}{R}$$
$$= 66.7\ \text{mA}$$

b. ما مقدار جهد البطارية؟

$$R = R_A + R_B = 547\Omega$$
$$V = IR = 36.5V$$

c. ما مقدار القدرة الكهربائية الكلية المستنفدة؟ وما مقدار القدرة المستنفدة في كل مقاومة؟

$$P = IV = 2.43\ \text{W},$$
$$P_A = I^2 R_A = 1.13\ \text{W},$$
$$P_B = I^2 R_B = 1.3\ \text{W}$$

d. هل مجموع القدرة المستنفدة في كل مقاومة يساوي القدرة الكلية المستنفدة في الدائرة؟ وضّح ذلك.

نعم، القدرة الكلية المستنفدة في الدائرة تساوي مجموع القدرة المستنفدة في كل المقاومات.

7. توصل مصابيح أسلاك الزينة غالبًا على التوالي، وضح لماذا تستخدم مصابيح خاصة تشكّل دائرة قصر عندما يحترق فتيلها إذا ازداد جهد المصباح ليصل إلى جهد الخط؟ ولماذا تحترق المنصهرات الكهربائية الخاصة بمجموعات المصابيح تلك بعد احتراق عدد من هذه المصابيح؟

إذا لم تكن آلية تكوين دائرة القصر موجودة فأنه عند إحتراق أحد المصابيح ستتوقف سائر المصابيح عن العمل. بعد إحتراق أكثر من مصباح ستقل المقاومة الكلية ومن ثم يزداد التيار بدرجة كافية لصهر فتيل المنصهر الكهربائي.

8. تتكوّن دائرة توالٍ كهربائية من بطارية جهدها 12.0 V وثلاث مقاومات. فإذا كان جهد إحدى المقاومات 1.21 V، وجهد مقاومة ثانية 3.33 V، فما مقدار جهد المقاومة الثالثة؟

$$V_{\text{source}} = V_A + V_B + V_C$$
$$V_C = V_{\text{source}} - (V_A + V_B) = 7.46\ \text{V}$$

9. وصِلت المقاومتان 22 Ω و 33 Ω في دائرة توالٍ كهربائية بفرق جهد مقداره 120 V. احسب مقدار:

a. المقاومة المكافئة للدائرة.

$$\mathbf{R = R_1 + R_2 = 55\Omega}$$

تابع إلى الصفحة التالية

b. التيار المار في الدائرة.

$$I = \frac{V}{R} = 2.2\ \text{A}$$

c. الهبوط في الجهد عبر كل مقاومة.

$$V_1 = IR_1 = 48\ \text{V}$$
$$V_2 = IR_2 = 72\ \text{V}$$

d. الهبوط في الجهد عبر المقاومتين معًا.

$$V = V_1 + V_2 = 1.2 \times 10^2\ \text{V}$$

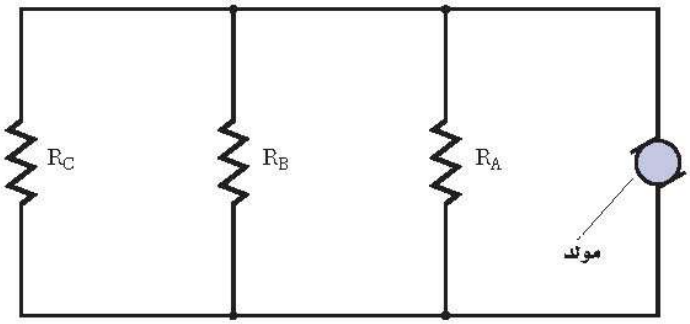
10. قام طالب بعمل مجزئ جهد يتكوّن من بطارية جهدها 45 V ومقاومتين قيمتاهما: 475 kΩ و 235 kΩ. إذا قيس الجهد الناتج عبر المقاومة الصغرى فما مقدار هذا الجهد؟

$$V_B = \frac{VR_B}{R_A + R_B} = 15\ \text{V}$$

11. ما مقدار المقاومة التي يمكن استخدامها عنصرًا في دائرة مجزئ جهد مع مقاومة أخرى مقدارها 1.2 kΩ بحيث يكون الهبوط في الجهد عبر المقاومة 1.2 kΩ مساويًا 2.2 V عندما يكون جهد المصدر 12 V؟

$$\mathbf{V_B = \frac{VR_B}{R_A + R_B}}$$
$$\mathbf{R_A = \frac{VR_B}{V_B} - R_B = 5.3k\Omega}$$

beadaya.com | موقع بداية التعليمي



■ **الشكل 6–5** تكون المسارات المتوازية للتيار الكهربائي في هذا المخطط مماثلة للمسارات المتعددة التي يمكن أن يسلكها الماء في أثناء انحداره من قمة جبل.

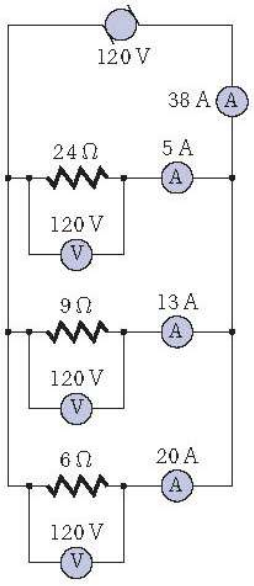
دوائر التوازي الكهربائية Parallel Circuits

انظر إلى الدائرة الكهربائية الموضّحة في **الشكل 6–5**. ما عدد مسارات التيار فيها؟ يمكن أن يمر التيار الخارج من المولّد في أي من المقاومات الثلاث. وتسمّى مثل هذه الدائرة التي تحتوي على مسارات متعددة للتيار الكهربائي **دائرة التوازي**. فالمقاومات الثلاثة في الشكل موصولة على التوازي؛ حيث يتصل طرفا كل مسار بطرفي المسار الآخر. بالرجوع إلى نموذج النهر الجبلي، تلاحظ أن مثل هذه الدائرة الكهربائية موضحة بعِدّة مسارات مختلفة لتدفق الماء في صورة جداول، بَعد تدفقه من أعلى الجبل أو سلسلة منحدرات متتالية، حيث يمكن أن يكون تدفق الماء في بعض المسارات كبيرًا، وفي بعضها الآخر أقل، ولكن يظل التدفق الكلي مساويًا مجموع التدفُّقات في كل المسارات. إضافة إلى ذلك يكون مقدار الانحدار في الارتفاع هو نفسه بغض النظر عن المسار الذي يتدفق فيه الماء. وبالمثل يكون التيار الكلي في دائرة التوازي الكهربائية مساويًا مجموعَ التيارات التي تمر في كل المسارات. أما فرق الجهد فيكون هو نفسه في كل مسار؛ أي أن الجهد متساوٍ في كل المسارات.

تجربة عملية
كيف تعمل المقاومات الموصولة معًا على التوازي؟
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

ما مقدار التيار المار في كل مقاومة في دائرة توازٍ كهربائية؟ يعتمد مقدار التيار المارّ في كل مقاومة على مقدار مقاومتها. ففي **الشكل 7–5** مثلًا يكون فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة 120 V، ويعطى التيار المار في كل مقاومة بالعلاقة $I = V/R$، لذا يمكنك حساب التيار المار في المقاومة 24 Ω كما يأتي: $I = (120\ V)/(24\ \Omega) = 5.0\ A$، ثم تحسب التيار المار في كل من المقاومتين الأخريين. ويكون التيار الكلي المار في المولّد مساويًا مجموع التيارات في المسارات الثلاثة، ويساوي في هذه الحالة 38 A.

■ **الشكل 7–5** التيار الكلي في دائرة توازٍ كهربائية يساوي مجموع التيارات في المسارات المفردة.



ماذا يحدث عند فصل المقاومة 6 Ω من الدائرة؟ وهل تتغير قيمة التيار المار في المقاومة 24 Ω؟ تعتمد قيمة هذا التيار فقط على فرق الجهد بين طرفي المقاومة وعلى مقدارها. ولأن أيًّا منهما لم يتغير فإن التيار يبقى ثابتًا ولا يتغير. وينطبق الشيء نفسه أيضًا على التيار الذي يمر في المقاومة 9 Ω؛ أي أن فروع دائرة التوازي الكهربائية لا يعتمد بعضها على بعض. أما التيار الكلي المار في المولّد فيتغير عند فصل أي من المقاومات الثلاث، فعند فصل المقاومة 6 Ω يصبح مجموع التيارين في المسارين 18 A.

المقاومة في دائرة التوازي كيف يمكن إيجاد المقاومة المكافئة لدائرة توازٍ كهربائية؟ مقدار التيار الكلي المار في المولّد الموضّح في **الشكل 7–5** يساوي 38 A، لذا فإن قيمة المقاومة المُفردة التي يمر فيها تيار مقداره 38 A عند توصيلها بفرق جهد مقداره 120 V هي:

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

$$= \frac{120\,V}{38\,A}$$

$$= 3.2\ \Omega$$

لاحظ أن هذه المقاومة تكون أقل من أي مقاومة من المقاومات الثلاث الموصولة على التوازي. فتوصيل مقاومتين أو أكثر على التوازي يقلّل دائمًا من المقاومة المكافئة للدائرة؛ وذلك لأن كل مقاومة جديدة توصل على التوازي تُضيف مسارًا جديدًا للتيار، وهذا يزيد من قيمة التيار الكلي مع بقاء فرق الجهد ثابتًا.

لحساب المقاومة المكافئة لدائرة توازٍ، لاحظ أولًا أن التيار الكلي في الدائرة هو مجموع التيارات في كل الفروع، فإذا كانت التيارات I_A و I_B و I_C هي التيارات المارة في الفروع و I هو التيار الكلي فإن $I = I_A + I_B + I_C$. أما فرق الجهد بين طرفي أيّ مقاومة فسيكون هو نفسه في كل المقاومات، لذا يمكن إيجاد التيار المار في المقاومة R_A بالعلاقة $I_A = V/R_A$. وبناءً على ذلك يمكن إعادة كتابة معادلة مجموع التيارات في الدائرة كما يأتي:

$$\frac{V}{R} = \frac{V}{R_A} + \frac{V}{R_B} + \frac{V}{R_C}$$

وبقسمة طرفي المعادلة على V، نوجد المقاومة المكافئة للمقاومات الثلاث المتصلة على التوازي.

المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات موصولة معًا على التوازي

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_C} \ldots\ldots$$

مقلوب المقاومة المكافئة يساوي مجموع مقلوب المقاومات المفردة.

ويمكن استخدام هذه المعادلة لإيجاد المقاومة المكافئة لأيّ عدد من المقاومات الموصولة على التوازي.

تطبيق الفيزياء

اختبار قياس المقاومة

تعمل الأوميترات المستخدمة في قياس مقدار المقاومة عن طريق تمرير جهد معلوم عبر المقاومة فتقيس التيار، ثم يُظهر الجهاز مقدار المقاومة. وتَستخدم بعض الأوميترات جهودًا أقل من 1V لتجنب إتلاف المكونات الإلكترونية الحساسة، في حين قد يستخدم بعضها الآخر مئات الفولتات للتحقق من سلامة المواد العازلة.

تجربة

مقاومة التوازي

ركّب دائرة كهربائية تتكوّن من مصدر قدرة، ومقاومة، وأميتر.

1. **توقع** ماذا يحدث للتيار في الدائرة الكهربائية عند توصيل مقاومة أخرى مماثلة للمقاومة الأولى على التوازي معه؟
2. **اختبر** توقعك.
3. **توقع** مقداري التيارين إذا تضمنت الدائرة ثلاث أو أربع مقاومات متماثلة موصولة على التوازي.
4. **اختبر** توقعك.

التحليل والاستنتاج

5. **أنشئ** جدول بيانات لتوضيح النتائج.
6. **فسّر** نتائجك بتضمينها كيفية تغير المقاومة.

بدايه | موقع بداية التعليمي
bedaya.com

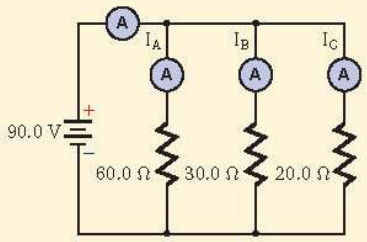
مثـــال 3

المقاومة المكافئة والتيار في دائرة توازٍ كهربائية وصِلت المقاومات الثلاث الآتية: 60.0 Ω و30.0 Ω و20.0 Ω على التوازي ببطارية جهدها 90.0 V ، احسب مقدار:

a. التيار المار في كل فرع في الدائرة الكهربائية.

b. المقاومة المكافئة للدائرة الكهربائية.

c. التيار المار في البطارية.



تحليل المسألة ورسمها

- ارسم رسمًا تخطيطيًّا للدائرة الكهربائية.
- ضمِّن رسمك مجموعة من الأميترات لتبين أين توصلها لتقيس التيارات جميعها.

المعلوم		المجهول	
$R_A = 60.0\ \Omega$	$R_C = 20.0\ \Omega$	$I_A = ?$	$I = ?$
$R_B = 30.0\ \Omega$	$V = 90.0\ V$	$I_B = ?$	$R = ?$
		$I_C = ?$	

2 إيجاد الكمية المجهولة

a. لأن الجهد على كلّ مقاومة يكون هو نفسه لجميع المقاومات، لذا نستخدم العلاقة $I = \frac{V}{R}$ في كل فرع.

بالتعويض عن $V = 90.0\ V$ ، $R_A = 60.0\ \Omega$

$$I_A = \frac{V}{R_A} = \frac{90.0\ V}{60.0\ \Omega} = 1.50\ A$$

بالتعويض عن $V = 90.0\ V$ ، $R_B = 30.0\ \Omega$

$$I_B = \frac{V}{R_B} = \frac{90.0\ V}{30.0\ \Omega} = 3.00\ A$$

بالتعويض عن $V = 90.0\ V$ ، $R_C = 20.0\ \Omega$

$$I_C = \frac{V}{R_C} = \frac{90.0\ V}{20.0\ \Omega} = 4.50\ A$$

بداية | موقع بداية التعليمي | bedaya.com

b. استخدم معادلة المقاومة المكافئة لدوائر التوازي.

دليل الرياضيات
الكسور

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_C}$$

بالتعويض عن $R_A = 60.0\ \Omega$ ، $R_B = 30.0\ \Omega$ ، $R_C = 20.0\ \Omega$

$$= \frac{1}{60.0\ \Omega} + \frac{1}{30.0\ \Omega} + \frac{1}{20.0\ \Omega} = \frac{1}{10.0\ \Omega}$$

$$R = 10.0\ \Omega$$

c. استخدم $I = \frac{V}{R}$ لإيجاد التيار الكلي.

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

بالتعويض عن $V = 90.0\ V$ ، $R = 10.0\ \Omega$

$$= \frac{90.0\ V}{10.0\ \Omega} = 9.00\ A$$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** تم قياس التيار بوحدة الأمبير، والمقاومة بوحدة الأوم.
- **هل الجواب منطقي؟** المقاومة المكافئة أقل من أي مقاومة مفردة، والتيار في الدائرة I يساوي مجموع التيارات المارة في كل المقاومات $I = I_A + I_B + I_C$.

الإجابات في الصفحة التالية

مسائل تدريبية

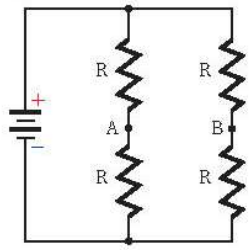
12. وصِلت ثلاث مقاومات مقاديرها 120.0 Ω و 60.0 Ω و 40.0 Ω على التوازي مع بطارية جهدها 12.0 V، احسب مقدار كل من:
    a. المقاومة المكافئة لدائرة التوازي.
    b. التيار الكهربائي الكلي المار في الدائرة.
    c. التيار المار في كل مقاومة.
13. إذا أردنا تغيير مقاومة فرع في دائرة كهربائية من 150 Ω إلى 93 Ω فيجب إضافة مقاومة إلى هذا الفرع. ما مقدار المقاومة التي يجب إضافتها؟ وكيف يتم توصيلها؟
14. وُصلت مقاومة مقدارها 12 Ω وقدرتها 2 W على التوازي بمقاومة أخرى مقدارها 6.0 Ω وقدرتها 4 W. أيهما يسخّن أكثر إذا زاد فرق الجهد بين طرفيهما باستمرار؟

تختلف توصيلات التوالي والتوازي في كيفية تأثيرها في دوائر الإضاءة. تخيّل مصباحين كهربائيين قدرة الأول 60 W، وقدرة الثاني 100 W استخدما في دائرة إضاءة. تذكر أن سطوع إضاءة المصباح يتناسب طرديًّا مع القدرة المستنفدة، وأن $P=I^2R$. عند وصل المصباحين على التوازي بجهد 120 V يكون سطوع المصباح الذي قدرته 100 W أكبر. وعند وصلهما على التوالي يكون التيار المار في كل منهما متساويًا. ولأن مقاومة المصباح الذي قدرته 60 W أكبر من مقاومة المصباح الذي قدرته 100 W لذا تكون القدرة المستنفدة فيه أكبر؛ أي أن سطوع المصباح الذي قدرته 60 W سيكون أكبر.

بداية
bedaya.com | بوابة التعليم

5– مراجعة

15. **أنواع الدوائر الكهربائية** قارن بين الجهود والتيارات في دوائر التوالي ودوائر التوازي الكهربائية.
16. **التيار الكلي** دائرة توازٍ فيها أربعة أفرع للتيار، قيم التيارات فيها: 120 mA و 250 mA و 380 mA و 2.1 A، ما مقدار التيار الذي يُولِّده المصدر؟
17. **التيار الكلي** تحتوي دائرة توالٍ على أربع مقاومات. إذا كان التيار المار في إحدى المقاومات يساوي 810 mA فاحسب مقدار التيار الذي يُولِّده المصدر.
18. **التفكير الناقد** تحتوي الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل 8-5 على أربع مقاومات متماثلة. افترض أن سلكًا استُخدم لوصل النقطتين A وB، وأجب عن الأسئلة الآتية مع توضيح السبب:
    a. ما مقدار التيار المار في السلك؟
    b. ماذا يحدث للتيار المار في كل مقاومة؟
    c. ماذا يحدث للتيار الخارج من البطارية؟
    d. ماذا يحدث لفرق الجهد بين طرفي كل مقاومة؟



الشكل 8-5

الإجابات في الصفحة التالية

مسائل تدريبية

12. وصِلت ثلاث مقاومات مقاديرها 120.0 Ω و 60.0 Ω و 40.0 Ω على التوازي مع بطارية جهدها 12.0 V. احسب مقدار كل من:

a. المقاومة المكافئة لدائرة التوازي.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$
$$R = 20\Omega$$

b. التيار الكهربائي الكلي المار في الدائرة.

$$I = \frac{V}{R}$$
$$= 0.600\ \text{A}$$

c. التيار المار في كل مقاومة.

$$I_3 = 0.300\ \text{A}, I_2 = 0.200\ \text{A}, I_1 = 0.100\ \text{A}$$

13. إذا أردنا تغيير مقاومة فرع في دائرة كهربائية من 150 Ω إلى 93 Ω فيجب إضافة مقاومة إلى هذا الفرع. ما مقدار المقاومة التي يجب إضافتها؟ وكيف يتم توصيلها؟

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B}$$
$$\frac{1}{R_A} = \frac{1}{R} - \frac{1}{R_B}$$
$$R_A = 2.4 \times 10^2\Omega$$

على التوازي مع المقاومة التي مقدارها 150Ω

14. وُصلت مقاومة مقدارها 12 Ω وقدرتها 2 W على التوازي بمقاومة أخرى مقدارها 6.0 Ω وقدرتها 1 W. أيهما يسخّن أكثر إذا زاد فرق الجهد بين طرفيهما باستمرار؟

لا هذه ولا تلك، وستصل كل منهما إلى القيمة العظمة لاستهلاك الطاقة عند الجهد نفسه.

5–1 مراجعة

15. **أنواع الدوائر الكهربائية** قارن بين الجهود والتيارات في دوائر التوالي ودوائر التوازي الكهربائية.

١) في دوائر التوالي تكون التيارات المارة في كل جهاز متساوية، ويكون مجموع الهبوط في الجهد مساويا لجهد المصدر.

٢) في دوائر التوازي يكون الهبوط في الجهد عبر كل جهاز هو نفسه، ويكون مجموع التيارات المارة في الحلقات جميعها مساويا لتيار المصدر.

تابع إلى الصفحة التالية

16. **التيار الكلي** دائرة توازٍ فيها أربعة أفرع للتيار، قيم التيارات فيها: 120 mA و 250 mA و 380 mA و 2.1 A، ما مقدار التيار الذي يُولِّده المصدر؟

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 2.9\ A$$

17. **التيار الكلي** تحتوي دائرة توالٍ على أربع مقاومات. إذا كان التيار المار في إحدى المقاومات يساوي 810 mA فاحسب مقدار التيار الذي يُولِّده المصدر.

810mA

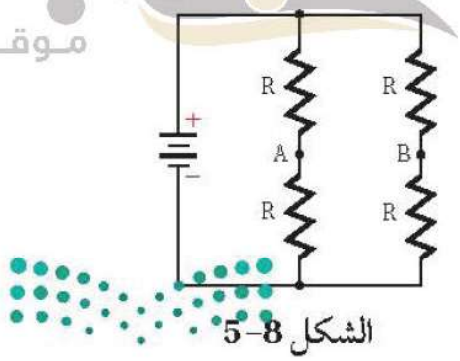
18. **التفكير الناقد** تحتوي الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل 8-5 على أربع مقاومات متماثلة. افترض أن سلكًا استُخدم لوصل النقطتين A وB، وأجب عن الأسئلة الآتية مع توضيح السبب:

a. ما مقدار التيار المار في السلك؟

b. ماذا يحدث للتيار المار في كل مقاومة؟ لا شي

c. ماذا يحدث للتيار الخارج من البطارية؟ لا شي

d. ماذا يحدث لفرق الجهد بين طرفي كل مقاومة؟ لا شيء



الشكل 8-5

حل الطلب a :

0 A

جهد النقطة A يساوي جهد النقطة Bb

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

تابع إلى الصفحة التالية

5–2 تطبيقات الدوائر الكهربائية Applications of Circuits

الأهداف

- توضّح كيف تعمل المنصهرات، وقواطع الدوائر الكهربائية، وقواطع التفريغ الأرضي الخاطئ على حماية أسلاك التوصيلات الكهربائية في المنازل.
- تُحلّل وتحلّ مسائل تتضمّن دوائر كهربائية مُركّبة.
- توضّح كيفية توصيل كلٍّ من الفولتمتر والأميتر في الدوائر الكهربائية.

المفردات

دائرة القصر
المنصهر الكهربائي
قاطع الدائرة الكهربائية
قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ
دائرة كهربائية مُركّبة
الأميتر
الفولتمتر

تعلمت سابقًا عن بعض العناصر المستخدمة في الدوائر الكهربائية، ومن المهم تعرّف وفهم متطلبات هذه الأنظمة وحدودها. وقبل كل شيء يجب أن تكون مدركًا تدابير السلامة التي يجب اتباعها؛ لتجنب وقوع الحوادث والإصابات.

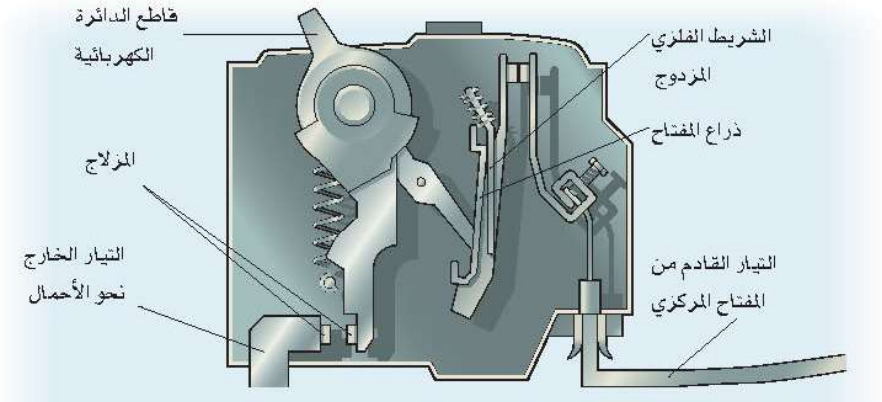
أدوات السلامة Safety Devices

تعمل المنصهرات وقواطع الدوائر الكهربائية أدوات حماية وسلامة، تمنع حدوث حمل زائد في الدائرة قد ينتج عن تشغيل عدة أجهزة كهربائية في الوقت نفسه، أو عند حدوث دائرة قصر في أحد الأجهزة الكهربائية. تحدث **دائرة القصر** عند تكوّن دائرة كهربائية مقاومتها صغيرة جدًّا؛ ممّا يجعل التيار المار فيها كبيرًا جدًّا. فعند توصيل مجموعة من الأجهزة الكهربائية على التوازي تقل المقاومة المكافئة للدائرة الكهربائية أكثر كلما شغّلنا جهازًا منها، مما يؤدي إلى زيادة التيار المار في الأسلاك. وقد يُنتج هذا التيار الإضافي طاقة حرارية كافية لصهر المادة العازلة للأسلاك، فيؤدي ذلك إلى تلامس الأسلاك وحدوث دائرة قصر قد تُحدث حريقًا.

أما **المنصهر الكهربائي** فهو قطعة قصيرة من فلز تنصهر عندما يمرّ فيها تيار كبير. ويحدد سمك هذه القطعة مقدار التيار اللازم لعمل الدائرة الكهربائية، بحيث يمر فيها التيار الكهربائي بأمان دون أن يؤدي إلى تلفها. وإذا مر تيار أكبر من التيار الذي تتحمله الدائرة تنصهر هذه القطعة وتقطع التيار الكهربائي عن الدائرة، وهذا يؤدي إلى حماية الدائرة من التلف. يوضّح **الشكل 9–5** **قاطع الدائرة الكهربائية**، وهو مفتاح كهربائي آلي يعمل على فتح الدائرة الكهربائية عندما يتجاوز مقدار التيار المار فيها القيمة المسموح بها؛ لأن مرور مثل هذا التيار يُحدث حملاً زائدًا في الدائرة، لذا يعمل القاطع على فتح الدائرة الكهربائية وإيقاف التيار.

يسلك التيار مسارًا مفردًا عند خروجه من مصدر الطاقة، ومروره بجهاز كهربائي ليعود إلى المصدر مرة أخرى. ويؤدي وجود عيب أو خلل في الجهاز أو سقوطه في الماء إلى تكوّن مسار آخر للتيار. وإذا كان الشخص المستخدم للجهاز جزءًا من هذا المسار فإن مرور التيار فيه يُسبّب إصابة خطيرة له؛ فقد يؤدي مرور تيار صغير مقداره 5 mA خلال شخص إلى موته بالصدمة أو بالصعقة الكهربائية. ووجود **قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ** في مقبس

قاطع الدائرة الكهربائية

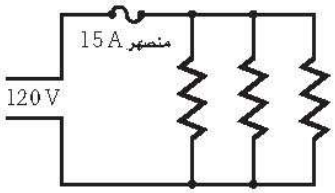


الشكل 9–5 عند مرور تيار كبير خلال الشريط الفلزي المزدوج يسخن الشريط ويتقوس؛ لأنه مصنوع من فلزين مختلفين، فيتحرر المزلاج، ويتحرك ذراع المفتاح إلى وضع فتح الدائرة الكهربائية، فتنفتح.

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

يمنع حدوث مثل هذه الإصابات؛ لأنه يحتوي على دائرة إلكترونية تكشف الفروق البسيطة في التيار الكهربائي الناجمة عن مسار إضافي للتيار، فتعمل تلك القواطع على فتح الدائرة الكهربائية. ومن الاشتراطات الكهربائية المتعلقة بالبناء والتشييد لضمان السلامة والصحة العامة في المملكة العربية السعودية، ألزم كود البناء السعودي بتزويد المقابس المركبة في الأماكن الرطبة بجهاز حماية يعمل بالتيار المتبقي Device Circuit Residual (RCD).

التطبيقات المنزلية يوضح **الشكل 10–5** دائرة توازٍ كهربائية تستخدم في التمديدات المنزلية، ويوضح الشكل أيضًا بعض الأجهزة التي توصل على التوازي؛ حيث لا يعتمد التيار المار في أيٍّ منها على التيارات المارة في الجهاز الآخر عند وصلها معًا. افترض مثلًا أنه تم وصل تلفاز قدرته 240 W بمصدر جهد 120 V. فبحسب العلاقة $I = P/V$ يكون التيار المار في التلفاز $I=\frac{240\ W}{120\ V} = 2.0\ A$. وعند وصل مكواة كهربائية قدرتها 720 W بمصدر الجهد نفسه يكون التيار المار فيها $I=\frac{720\ W}{120\ V}=6.0\ A$. وأخيرًا، إذا وصِل مجفّف شعر قدرته 1440 W بمصدر الجهد نفسه أيضًا فسوف يمر فيه تيار مقداره $I=\frac{1440\ W}{120\ V}=12\ A$. ويمكن حساب مقاومة كل جهاز بالعلاقة $R = V/I$. وتحسب المقاومة المكافئة للأجهزة الثلاثة كما يأتي:



الشكل 10–5 يسمح توصيل التوازي في المنزل بتزامن توصيل أكثر من جهاز؛ أي استعمال أكثر من جهاز في الوقت نفسه. وإذا استعمل عدد كبير من الأجهزة في الوقت نفسه فقد يؤدي ذلك إلى انصهار المنصهر الكهربائي.

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{60\ \Omega}+\frac{1}{20\ \Omega}+\frac{1}{10\ \Omega}=\frac{1}{6\ \Omega}$$

$$R=6\ \Omega$$

لحماية الأجهزة الكهربائية يوصل منصهر كهربائي على التوالي بمصدر الجهد، بحيث يمر التيار الكهربائي الكلي فيه. ويحسب التيار الكلي المار في المنصهر باستخدام المقاومة المكافئة.

$$I=\frac{V}{R}$$
$$=\frac{120\ V}{6\ \Omega}$$
$$=20\ A$$

فإذا كان أكبر تيار يتحمله المنصهر هو 15 A فإن التيار 20 A يكون أكبر من قدرة تحمل المنصهر الكهربائي، مما يؤدي إلى صهره أو احتراقه، فتفتح الدائرة الكهربائية.

توفّر المنصهرات والقواطع الكهربائية الحماية من التيارات الكهربائية الكبيرة، وبخاصة تلك التيارات الناتجة عن حدوث دوائر القصر. وفي حال عدم استعمال منصهر أو قاطع فإنه يمكن للتيار الناتج عن حدوث دائرة قصر أن يحدث حريقًا. فعلى سبيل المثال، يمكن أن تحدث دائرة قصر إذا أصبحت الطبقة العازلة للسلكين الموصولين بمصباح كهربائي هشة وتالفة؛ لأنه قد يتلامس السلكان، فينتج عن ذلك مقاومة مقدارها 0.010 Ω تقريبًا، مما يؤدي إلى مرور تيار كهربائي كبير جدًّا.

$$I=V/R$$
$$=\frac{120\ V}{0.010\ \Omega}$$
$$=12000\ A$$

سيؤدي مرور مثل هذا التيار إلى صهر المنصهر الكهربائي أو فتح القاطع الكهربائي، ومن ثم فتح الدائرة الكهربائية، ممّا يمنع ارتفاع درجة حرارة الأسلاك إلى حد إشعال الحريق.

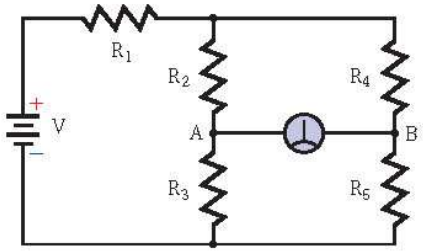
بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

حل 1: نعم، جميع المقاومات متساوية يجعل الدائرة متزنة، ويمكن أيضاً جعل الدائرة متزنة عن طريق تعديل قيم المقاومات بحيث تكون R3/R2 = R5/R4 ، مثلا

$$R3 = 22.5\Omega, R4 = 40\Omega, R5 = 45\Omega, R2 = 20\Omega$$

مسألة تحفيز

الجلفانومتر جهاز يستخدم لقياس التيارات الكهربائية وفروق الجهد الصغيرة جدًّا. وعندما تكون قراءة الجلفانومتر الموضح في الدائرة المجاورة صفرًا نقول إن الدائرة مُتزنة.



1. يقول زميلك في المختبر إن الطريقة الوحيدة لجعل الدائرة مُتزنة هي جعل جميع المقاومات متساوية. فهل هذا يجعل الدائرة مُتزنة؟ وهل هناك أكثر من طريقة لجعل الدائرة مُتزنة؟ وضّح إجابتك.
2. اشتق معادلة عامة لدائرة مُتزنة مستخدمًا التسميات المعطاة.
تنبيه: تعامل مع الدائرة على أنها مجزئ جهد.
3. أيّ المقاومات يمكن أن نضع مكانها مقاومةً متغيرةً لكي تستخدم أداة في ضبط الدائرة وموازنتها؟
4. أيّ المقاومات يمكن أن نضع مكانها مقاومةً متغيرةً لكي تستخدم أداة تحكّم وضبط حسّاسة؟ ولماذا يكون ذلك ضروريًّا؟ وكيف يمكن استخدامه عمليًّا؟

حل 2 :

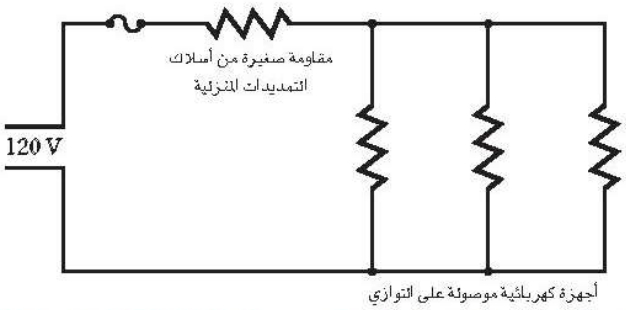
$$\frac{R_3}{R_2} = \frac{R_5}{R_4}$$

الدوائر الكهربائية المُركّبة
Combined Series–Parallel Circuits

هل لاحظت حدوث ضعف في إضاءة مصباح الحمام أو غرفة النوم عند تشغيل مجفّف الشعر؟ يوصل كل من المصباح ومجفف الشعر على التوازي عبر مصدر جهد مقداره 120 V. ولا يجب أن يتغير التيار المار في المصباح عند تشغيل مجفف الشعر؛ بسبب توصيلهما على التوازي، لكن ضعف إضاءة المصباح يعني أن التيار قد تغير. ويحدث مثل هذا الضعف في الإضاءة لأن أسلاك التمديدات المنزلية لها مقاومة صغيرة. وكما هو موضّح في الشكل 11–5 فإن هذه المقاومة موصولة على التوالي مع دائرة التوازي. وتسمى الدائرة التي تحتوي على نوعي التوصيل التوالي والتوازي معًا **دائرةً كهربائية مُركّبة**. وتستخدم الاستراتيجية الآتية لتحليل مثل هذه الدوائر.

حل 3 :

أي مقاوم ما عدا R1.



أجهزة كهربائية موصولة على التوازي

■ **الشكل 11–5** تتصل المقاومة الصغيرة لأسلاك التمديدات الكهربائية على التوالي بالأجهزة الكهربائية الموصولة على التوازي في التوصيلات المنزلية.

حل 4: R1، يمكن أن يتلف الجلفانومتر إذا مر فيه تيار كبير، لذا إذا كانت R1 قابلة للتعديل والضبط وجب جعل قيمتها كبيرة قبل تشغيل الدائرة، وهذا من شأنه أن يحد من قيمة التيار المار في الجلفانومتر. عند تعديل المقاوم الموازن (الضابط) ومع اقتراب قراءة الجلفانومتر من الصفر تزداد الحساسية بنقصان مقدار المقاومة R1.

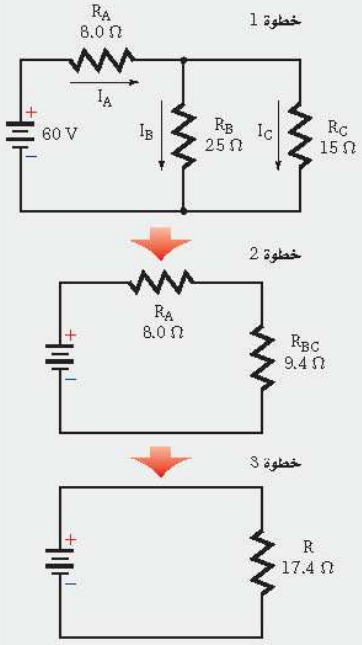
استراتيجيات حل المسألة

الدوائر الكهربائية المُركّبة

عند تحليل دائرة كهربائية مُركّبة نستخدم الخطوات الآتية لتبسيط المسألة:

1. ارسم رسمًا تخطيطيًّا للدائرة الكهربائية.
2. حدّد المقاومات الموصولة معًا على التوازي. تعمل مقاومات التوازي على تجزئة التيار، ويكون لها فرق الجهد نفسه. احسب المقاومة المكافئة لهذه المقاومات. ثم ارسم رسمًا تخطيطيًّا جديدًا يحتوي على المقاومة المكافئة لمقاومات التوازي.
3. هل المقاومات الآن –ومنها المقاومة المكافئة لمقاومات التوازي– موصولة على التوالي؟ في مقاومات التوالي يكون هناك مسار واحد فقط للتيار. أوجد المقاومة المكافئة الجديدة التي يمكن أن تحل محل هذه المقاومات. ثم ارسم رسمًا تخطيطيًّا جديدًا يحتوي على هذه المقاومة.
4. كرّر الخطوتين 2 و3 حتى تختصر مقاومات الدائرة كُلّها في مقاومة واحدة. أوجد تيار الدائرة الكلي، ثم ارجع في المسألة عكسيًّا لحساب التيار وفرق الجهد لكل مقاومة.

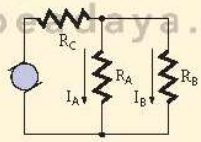
مخطّطات اختزال دائرة كهربائية

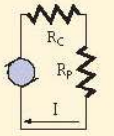


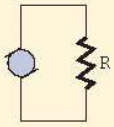
مثـــال 4

الدوائر الكهربائية المُركّبة وُصِل مُجفّف شعر مقاومته 12.0 Ω، ومصباح كهربائي مقاومته 125 Ω معًا على التوازي بمصدر جهد 125 V موصول معه مقاومة 1.5 Ω على التوالي، كما هو موضح في الشكل. أوجد التيار المار في المصباح عند تشغيل مجفّف الشعر.

bedaya.com | موقع بداية التعليمي







1 تحليل المسألة ورسمها

- ارسم الدائرة متضمنة مُجفّف الشعر والمصباح.
- ضع المقاومة المكافئة R_P بدلاً من المقاومتين R_B و R_A.

المعلوم		المجهول	
$R_A = 125\ \Omega$	$R_C = 1.50\ \Omega$	$I_A = ?$	$I = ?$
$R_B = 12.0\ \Omega$	$V_{مصدر} = 125\ V$	$R_P = ?$	$R = ?$

2 إيجاد الكمية المجهولة

احسب المقاومة المكافئة لدائرة التوازي، ثم أوجد المقاومة المكافئة للدائرة كاملة، ثم احسب التيار.

بالتعويض عن $R_A = 125\ \Omega$، $R_B = 12.0\ \Omega$

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} = \frac{1}{125\ \Omega} + \frac{1}{12.0\ \Omega}$$

$$R_P = 10.9\ \Omega$$

بالتعويض $R_P = 10.9\ \Omega$، $R_C = 1.50\ \Omega$

$$R = R_C + R_P = 1.50\ \Omega + 10.9\ \Omega$$
$$= 12.4\ \Omega$$

$$I = \frac{V_{مصدر}}{R}$$
$$= \frac{125\ V}{12.4\ \Omega}$$
$$= 10.1\ A$$

بالتعويض $R = 12.4\ \Omega$، $V_{مصدر} = 125\ V$

دليل الرياضيات

إجراء العمليات الحسابية باستعمال الأرقام المعنوية

$$V_C = IR_C$$
$$= (10.1\ A)(1.50\ \Omega)$$
$$= 15.2\ V$$

بالتعويض $R_C = 1.50\ \Omega$، $I = 10.1\ A$

$$V_A = V_{مصدر} - V_C$$
$$= 125\ V - 15.2\ V$$
$$= 1.10 \times 10^2\ V$$

بالتعويض $V_C = 15.2\ V$، $V_{مصدر} = 125\ V$

$$I_A = \frac{V_A}{R_A}$$
$$= \frac{1.10 \times 10^2\ V}{125\ \Omega}$$
$$= 0.880\ A$$

بالتعويض $R_A = 125\ \Omega$، $V_A = 1.10 \times 10^2\ V$

3 تقويم الجواب

- **هل الوحدات صحيحة؟** يقاس التيار بوحدة الأمبير، ويقاس الهبوط في الجهد بوحدة الفولت.
- **هل الجواب منطقي؟** المقاومة أكبر من الجهد، لذا يكون التيار أقل من 1 A.

مسائل تدريبية

بداية | موقع بداية التعليمي beadaya.com

19. تحتوي دائرة كهربائية مُركّبة على ثلاثة مقاومات. تستنفد المقاومة الأولى قدرة مقدارها 2.0 W، وتستنفد الثانية قدرة مقدارها 3.0 W، وتستنفد الثالثة قدرة مقدارها 1.5 W. ما مقدار التيار الذي تسحبه الدائرة من بطارية جهدها 12.0 V؟

20. يتصل 11 مصباحًا كهربائيًّا معًا على التوالي، وتتصل المجموعة على التوالي بمصباحين كهربائيين يتصلان على التوازي. فإذا كانت المصابيح جميعها متماثلة، فأيها يكون سطوعه أكبر؟

21. ماذا يحدث للدائرة الموصوفة في المسألة السابقة، إذا احترق أحد المصباحين المتصلين على التوازي؟

22. ماذا يحدث للدائرة الموصوفة في المسألة 20 إذا حدث دائرة قصر لأحد المصباحين المتصلين على التوازي؟

الإجابات في الصفحة التالية

مسائل تدريبية

19. تحتوي دائرة كهربائية مُركّبة على ثلاثة مقاومات. تستنفد المقاومة الأولى قدرة مقدارها 2.0 W، وتستنفد الثانية قدرة مقدارها 3.0 W، وتستنفد الثالثة قدرة مقدارها 1.5 W. ما مقدار التيار الذي تسحبه الدائرة من بطارية جهدها 12.0 V؟

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 6.5\ W$$
$$P_T = IV$$
$$I = \frac{P_T}{V}$$
$$= 0.54\ A$$

20. يتصل 11 مصباحًا كهربائيًّا معًا على التوالي، وتتصل المجموعة على التوالي بمصباحين كهربائيين يتصلان على التوازي. فإذا كانت المصابيح جميعها متماثلة، فأيها يكون سطوعه أكبر؟

المصابيح الـ (11) الموصلة على التوالي.

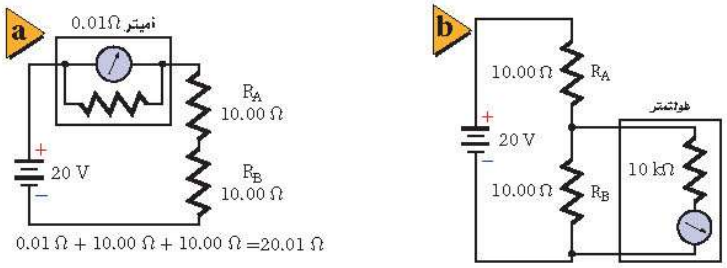
21. ماذا يحدث للدائرة الموصوفة في المسألة السابقة، إذا احترق أحد المصباحين المتصلين على التوازي؟

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

عندئذ تصبح جميع المصابيح العاملة موصلة على التوالي، ويتوهج الـ (١٢) مصباحا بالشدة نفسها

22. ماذا يحدث للدائرة الموصوفة في المسألة 20 إذا حدث دائرة قصر لأحد المصباحين المتصلين على التوازي؟

سيجعل المصباح الذي حدث فيه دائرة قصر فرق الجهد خلاله وخلال المصباح المتصل معه على التوازي صفرا. أما المصابيح الـ (١١) المتصلة على التوالي فستتساوى في شدة توهجها ولكنه يزداد مقارنة بوضعها السابق، أما المصباحان المتوازيان فلن يضيئا.



■ **الشكل 12–5** يتصل أميتر على التوالي بمقاومتين (a). غُيرت المقاومة الصغيرة للأميتر التيار بمقدار صغير جدًا. ويتصل الفولتمتر بمقاومة على التوازي (b). سيكون التغير في تيار الدائرة وجهدها مهملاً بسبب المقاومة الكبيرة للفولتمتر.

الأميترات والفولتمترات Ammeters and Voltmeters

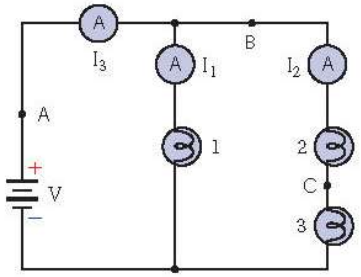
الأميتر جهاز يستخدم لقياس التيار الكهربائي في أي فرع أو جزء من دائرة كهربائية. فإذا أردت قياس التيار الكهربائي المار في مقاومة فعليك أن تصل جهاز الأميتر على التوالي بهذه المقاومة، وهذا يتطلب قطع مسار التيار وإدخال الأميتر. وفي الحالات المثالية يجب ألا يؤثر استخدام الأميتر في قيمة التيار المار في المقاومة. لذا يُصمّم الأميتر بحيث تكون مقاومته أقل ما يمكن؛ وذلك لأن التيار سيقل إذا عمل الأميتر على زيادة مقاومة الدائرة الكهربائية. لذا يوصل مع ملفه مقاومة صغيرة على التوازي، ويوصل الأميتر على التوالي في الدوائر الكهربائية، لاحظ **الشكل 12a–5**.

وهناك جهاز آخر يسمى **الفولتمتر** يُستخدم لقياس الهبوط في الجهد عبر جزء من دائرة كهربائية. ولقياس الهبوط في الجهد عبر مقاومة يتم وصل الفولتمتر مع هذه المقاومة على التوازي. ويُصمّم الفولتمتر بحيث تكون مقاومته كبيرة جدًّا؛ وذلك حتى يكون التغير في التيارات وفروق الجهد في الدائرة الكهربائية أقل ما يمكن. لذا يوصل مع ملفه مقاومة كبيرة على التوالي، ويوصل الفولتمتر على التوازي في الدوائر الكهربائية، لاحظ **الشكل 12b–5**.

موقع بداية التعليمي | beadaya.com

2–5 مراجعة

ارجع إلى الشكل 13–5 للإجابة عن الأسئلة 28 – 23، افترض أن جميع المصابيح في الدائرة الكهربائية متماثلة للأسئلة 25 – 23.



الشكل 13–5

23. **السطوع** قارن بين سطوع المصابيح.

24. **التيار** إذا كان $I_1=1.1\ A$ و $I_3=1.7\ A$ فما مقدار التيار المار في المصباح 2؟

25. **دوائر التوالي الكهربائية** إذا فُصِل السلك عند النقطة C، ووُصِلت مقاومة صغيرة على التوالي بالمصباحين 2 و3 فماذا يحدث لسطوع كل منهما؟

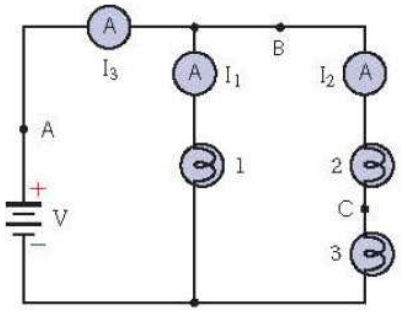
26. **جهد البطارية** عند وصل فولتمتر بين طرفي المصباح 2 كانت قراءته 3.8 V، وعند وصل فولتمتر آخر بين طرفي المصباح 3 كانت قراءته 4.2 V. ما مقدار جهد البطارية؟

27. **الدوائر الكهربائية** بالرجوع إلى المعلومات الواردة في السؤال السابق، هل المصباحان 2 و3 متماثلان؟

28. **التفكير الناقد** هل هناك طريقة لجعل المصابيح الثلاثة في الشكل تُضيء بالشدة نفسها دون استخدام أيّ مقاومات إضافية؟ وضّح إجابتك.

الإجابات في الصفحة التالية

ارجع إلى الشكل 13–5 للإجابة عن الأسئلة 28 – 23، افترض أن جميع المصابيح في الدائرة الكهربائية متماثلة للأسئلة 23 – 25.



الشكل 13–5

23. **السطوع** قارن بين سطوع المصابيح.

المصباحان 2 و 3 متساويان في سطوعهما، ولكنهما أقل من سطوع المصباح 1.

24. **التيار** إذا كان $I_1=1.1\ A$ و $I_3=1.7\ A$ فما مقدار التيار المار في المصباح 2؟

$$I_3 = I_1 + I_2$$
$$I_2 = I_3 - I_1 = 0.6\ A$$

25. **دوائر التوالي الكهربائية** إذا فُصِل السلك عند النقطة C، ووُصِلت مقاومة صغيرة على التوالي بالمصباحين 2 و3 فماذا يحدث لسطوع كل منهما؟

تخفت إضاءتهما بالتساوي، ويقل التيار في كل منهما بالمقدار نفسه.

26. **جهد البطارية** عند وصل فولتمتر بين طرفي المصباح 2 كانت قراءته 3.8 V، وعند وصل فولتمتر آخر بين طرفي المصباح 3 كانت قراءته 4.2 V. ما مقدار جهد البطارية؟

$$V_T = V_1 + V_2 = 8\ V$$

27. **الدوائر الكهربائية** بالرجوع إلى المعلومات الواردة في السؤال السابق، هل المصباحان 2 و3 متماثلان؟

لا، في المصابيح المتماثلة الموصلة على التوالي سيكون الهبوط في الجهد عبرها متساويا، لأن التيارات المارة فيها متساوية.

28. **التفكير الناقد** هل هناك طريقة لجعل المصابيح الثلاثة في الشكل تُضيء بالشدة نفسها دون استخدام أيّ مقاومات إضافية؟ وضّح إجابتك.

نعم، لأن شدة الإضاءة تتناسب طرديا مع القدرة فسيكون من الضروري استخدام مصباح في الموقع ١ مقاومته تساوي أربعة أضعاف مقاومتي المصباحين الموجودين في الموقعين ٢ و ٣ وهما مضاءين.

$$\frac{V^2}{4R} = \frac{(V/2)^2}{R}$$

بدايه | beadaya.com

مختبر الفيزياء

دوائر التوالي والتوازي الكهربائية

يوجد في كل دائرة كهربائية علاقة بين التيار وفرق الجهد والمقاومة. سوف تستقصي في هذه التجربة العلاقة بين التيار وفرق الجهد والمقاومة في دوائر التوالي الكهربائية، وتقارنها بالعلاقة الخاصة بها في دوائر التوازي الكهربائية.

سؤال التجربة

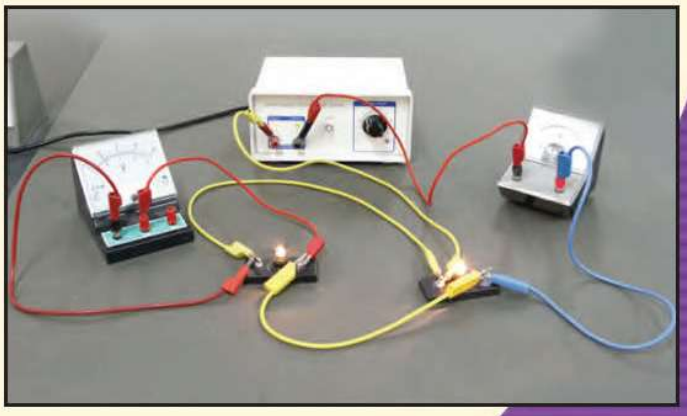
ما العلاقة بين التيار وفرق الجهد والمقاومة في دوائر التوالي مقارنة بالعلاقة بينها في دوائر التوازي؟

الأهداف

- **تصف** العلاقة بين التيار وفرق الجهد والمقاومة في دائرة التوالي الكهربائية.
- **تلخص** العلاقة بين التيار وفرق الجهد والمقاومة في دائرة التوازي الكهربائية.
- **تجمع بيانات** حول التيار وفرق الجهد باستعمال أجهزة القياس الكهربائية.
- **تحسب** مقاومة مصباح كهربائي من خلال بيانات فرق الجهد والتيار.

احتياطات السلامة

- **الخطورة الناجمة عن الصدمة الكهربائية قليلة؛ لأن التيارات الكهربائية المستخدمة في هذه التجربة صغيرة. يجب ألا تنفذ هذه التجربة باستخدام تيار مُتناوب؛ لأن هذا التيار قاتل.**
- **أمسك أطراف الأسلاك بحذر؛ لأنها قد تكون حادة، فتجرح جلدك.**



المواد والأدوات

مصدر قدرة قليل الجهد
قاعدتا مصباح
مصباحان كهربائيان صغيران
أميتر ذو مدى تدريج 0–500 mA
فولتمتر ذو مدى تدريج 0–30 V
عشرة أسلاك نحاسية مزوّدة بمشابك فم التمساح

الخطوات

1. صِل قاعدتي المصباح على التوالي بالأميتر ومصدر القدرة. راعِ التوصيل الصحيح للأقطاب عند وصل الأميتر.
2. ركّب المصباحين في القاعدتين، وشغّل مصدر القدرة. ثم اضبط مصدر القدرة حتى تصبح إضاءة المصباحين خافتة.
3. افصل أحد المصباحين، ودوّن ملاحظاتك في جدول البيانات.
4. ركّب المصباح مرة ثانية، وأوجد فرق الجهد بين طرفي النظام المكوّن من المصباحين، وذلك بتوصيل الطرف الموجب للفولتمتر بالطرف الموجب للدائرة، والطرف السالب له بالطرف السالب للدائرة، ثم دوّن قياساتك في جدول البيانات.
5. أوجد فرق الجهد بين طرفي كل مصباح بتوصيل الطرف الموجب للفولتمتر بالطرف الموجب للمصباح، والطرف السالب للفولتمتر بالطرف السالب للمصباح، ثم دوّن قياساتك في جدول البيانات. وكرّر تجربتك لمصابيح أخرى على التوالي.

بداية
موقع بداية التعليمي

جدول البيانات			
الخطوة	التيار الكهربائي (mA)	فرق الجهد (V)	الملاحظات
3			
4			
5			
6			
8			
9			
10			
11			

6. صِل الأميتر بمواقع مختلفة في دائرة التوالي، ودوّن قيم هذه التيارات في جدول البيانات.
7. صِل قاعدتي المصباحين على أن تكونا متصلتين على التوازي مع مصدر الجهد نفسه، وأن تكونا متصلتين على التوالي مع الأميتر.
8. ركّب المصباحين في القاعدتين، وشغِّل مصدر القدرة. ثم اضبط مصدر القدرة حتى تصبح إضاءة المصباحين خافتة. ودوّن قراءة التيار من الأميتر في جدول البيانات.
9. أوجد فرق الجهد عبر الدائرة كلها، ثم عبْر كل مصباح، ودوّن القيم في جدول البيانات.
10. صِل طرفي الفولتمتر بطرفي أحد المصباحين، ثم افصل أحد المصباحين، ودوّن ملاحظاتك حول المصباحين، ودوّن قراءتي الأميتر والفولتمتر في جدول البيانات.
11. أعد تركيب المصباح الذي فصلته في قاعدته، وافصل المصباح الآخر، ودوّن ملاحظاتك حول المصباحين، ودوّن قراءتي الأميتر والفولتمتر في جدول البيانات.

التحليل

1. احسب المقاومة المكافئة للمصباحين في دائرة التوالي.
2. احسب مقاومة كل مصباح في دائرة التوالي.
3. ما العلاقة بين المقاومة المكافئة للمصباحين ومقدار مقاومة كل منهما؟
4. ما العلاقة بين فرق الجهد على طرفي كل مصباح وفرق الجهد على طرفي النظام المكوّن منهما عندما يكونان موصولين على التوالي؟
5. احسب مقاومة كل مصباح في دائرة التوازي، وقارن هذه القيمة مع المقاومة التي حصلت عليها للمصابيح في دائرة التوالي.

الاستنتاج والتطبيق

1. لخص العلاقة بين التيار وفرق الجهد والمقاومة في دائرة التوالي.
2. لخص العلاقة بين التيار وفرق الجهد في دائرة التوازي.

التوسع في البحث

كرّر التجربة باستخدام مصابيح ذات جهود مختلفة، 1.5 V و3.0 V و6.0 V مثلاً.

الفيزياء في الحياة

1. تعمل المصابيح في معظم المنازل على جهد 120V بغض النظر عن عددها. كيف تتأثر مقدرتنا على استعمال أي عدد من المصابيح المتماثلة الجهد بطريقة التوصيل (توازٍ، أو توالٍ)؟
2. لماذا يخفت الضوء في المنزل عند تشغيل جهاز كهربائي يحتاج إلى تيار كبير، كالمكيّف مثلاً؟

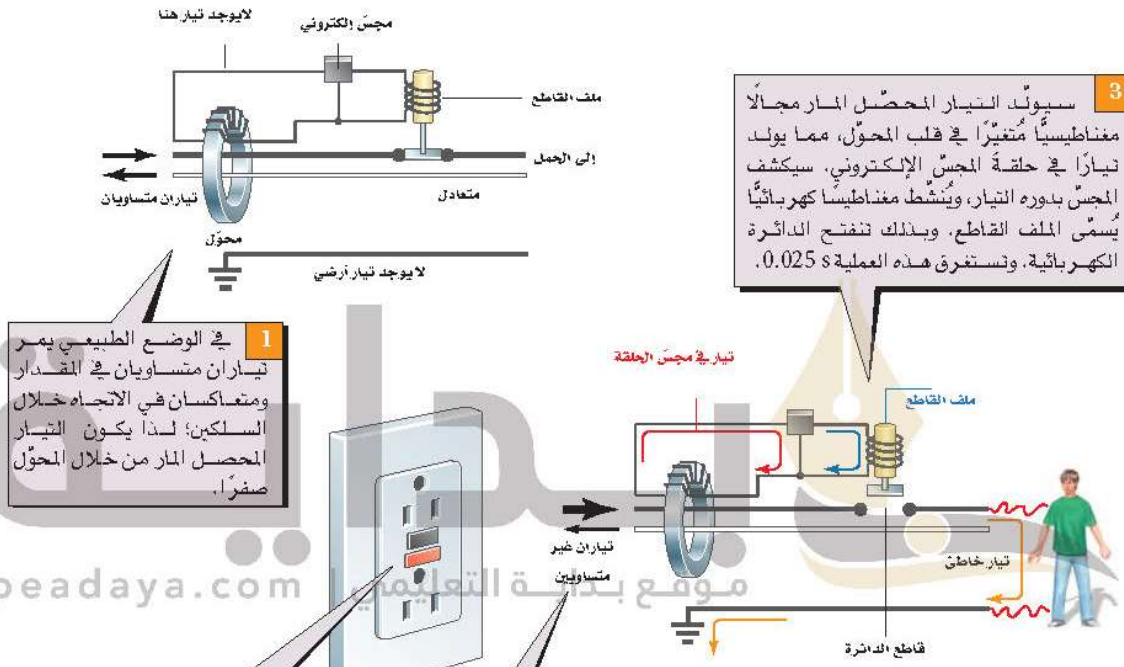
beadaya.com

كيف تعمل

How it Works Ground Fault Circuit Interrupter (GFCI)?

دائرة قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ؟

يحدث التفريغ الأرضي الخاطئ عندما يسلك التيار مسارًا خاطئًا نحو الأرض، كأن يمر التيار الكهربائي من خلال جسم شخص. كان شارل دالزيل أستاذ الهندسة في جامعة كاليفورنيا خبيرًا في تأثيرات الصدمات الكهربائية. وعندما أدرك أن التفريغ الأرضي الخاطئ كان سببًا لحدوث العديد من الصعقات الكهربائية اخترع جهازًا يمنع وقوع مثل هذه الحوادث. فما مبدأ عمل دائرة قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ (GFCI)؟



1 في الوضع الطبيعي يمر تياران متساويان في المقدار ومتعاكسان في الاتجاه خلال السلكين؛ لذا يكون التيار المحصل المار من خلال المحوّل صفرًا.

2 في حالة التفريغ الخاطئ يمر تيار من السلك الحي (hot conductor) نحو الأرض عن طريق جسم الشخص. ويكون التياران في السلكين غير متساويين، لذا يكون هناك قيمة لمحصلة التيار المار من خلال المحوّل.

3 سيولّد التيار المحصّل المار مجالًا مغناطيسيًّا مُتغيّرًا في قلب المحوّل، مما يولد تيارًا في حلقة المجسّ الإلكتروني. سيكشف المجسّ بدوره التيار، ويُنشّط مغناطيسًا كهربائيًّا يُسمّى الملف القاطع. وبذلك تنفتح الدائرة الكهربائية. وتستغرق هذه العملية 0.025 s.

4 يُوصل زر الفحص في دائرة قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ مقاومة صغيرة بالدائرة الكهربائية، فينشئ مرة أخرى تيارات غير متساوية في المحوّل، ويفتح الدائرة الكهربائية.

beadaya.com موقع بداية التعليمي

التفكير الناقد

1. **كوّن فرضية** يحدث التفريغ الخاطئ عندما يقف شخص على سطح مبلل بالماء ويلمس جهازًا موصولاً بالكهرباء. كيف يكون الماء عاملًا في تكوّن التفريغ الأرضي الخاطئ؟
2. **حلل واستنتج** هل تعمل دائرة قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ على حماية شخص عندما يُمسك أحد السلكين بيد ويُمسك السلك الآخر باليد الأخرى؟ وضّح إجابتك.
3. **احسب** في دائرة قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ، كان مقدار مقاومة الفحص $14.75\ k\Omega$، احسب التيار المار في هذه المقاومة إذا كان فرق الجهد 115V، هل يُعدّ هذا التيار كبيرًا؟

الفصل 5
دليل مراجعة الفصل

5–1 الدوائر الكهربائية البسيطة Simple Circuits

المفردات

- دائرة التوالي
- المقاومة المكافئة
- مجزئ الجهد
- دائرة التوازي

المفاهيم الرئيسة

- التيار متساوٍ في جميع أجزاء دائرة التوالي الكهربائية البسيطة.
- المقاومة المكافئة لدائرة التوالي هي مجموع مقاومات أجزائها.

$$R = R_A + R_B + R_C + \dots$$

- التيار الكهربائي المار في دائرة التوالي يساوي حاصل قسمة فرق الجهد على المقاومة المكافئة.

$$I = V_{\text{مصدر}} / R$$

- مجموع الهبوط في الجهد خلال مقاومات دائرة التوالي يساوي فرق الجهد المُطبّق على طرفي مجموعة المقاومات.
- مجزئ الجهد يمثل دائرة توالٍ كهربائية تستخدم في عمل مصدر جهد بقيمة معينة من بطارية ذات جهد كبير.
- الهبوط في الجهد خلال جميع أفرع دائرة التوازي الكهربائية متساوٍ.
- التيار الكلي في دائرة التوازي الكهربائية مساوٍ لمجموع تيارات أفرع الدائرة.
- مقلوب المقاومة المكافئة لمجموعة مقاومات موصولة على التوازي مساوٍ لمجموع مقلوب كل مقاومة.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_C} + \dots$$

- إذا فُتح أي فرع من أفرع دائرة التوازي الكهربائية فلن يمر تيار في هذا الفرع، ولن تتغيّر قيمة التيارات المارة في الأفرع الأخرى.

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

5–2 تطبيقات الدوائر الكهربائية Applications of Circuits

المفردات

- دائرة القصر
- المنصهر الكهربائي
- قاطع الدائرة الكهربائية
- قاطع التفريغ الأرضي الخاطئ
- دائرة كهربائية مُركّبة
- الأميتر
- الفولتمتر

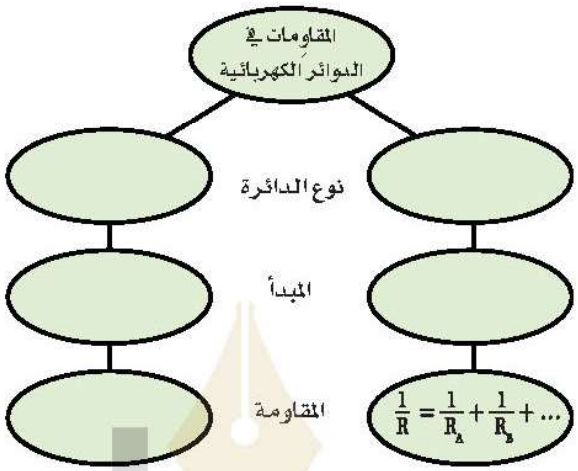
المفاهيم الرئيسة

- يعمل المنصهر الكهربائي أو قاطع الدائرة الكهربائية الموصول بالجهاز على التوالي على فتح الدائرة عند مرور تيارات كهربائية كبيرة فيها خطر على الجهاز.
- تتكون الدائرة المركّبة من توصيلات التوالي والتوازي معًا. في البداية يُختزل أي تفرع توازٍ إلى مقاومة مكافئة واحدة ثم تُختزل أيّ مقاومات أخرى موصولة على التوالي في مقاومة مكافئة واحدة.
- يستخدم الأميتر في قياس التيار المار في الدائرة أو في أيّ فرع فيها. وتكون مقاومة الأميتر دائمًا صغيرة جدًّا، كما أنه يوصَل دائمًا على التوالي في الدائرة الكهربائية.
- يقيس الفولتمتر فرق الجهد بين طرفي أي جزء أو مجموعة أجزاء في الدائرة. وتكون مقاومته دائمًا كبيرة جدًّا، كما أنه يوصل دائمًا على التوازي بين طرفي الجزء المراد قياس جهده في الدائرة الكهربائية.

الفصل 5 التقويم

خريطة المفاهيم

29. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات الآتية: دائرة التوالي، $R = R_1 + R_2 + R_3$، تيار ثابت، دائرة التوازي، جهد ثابت.



إتقان المفاهيم

30. لماذا تنطفئ جميع المصابيح الموصولة على التوالي إذا احترق أحدها؟ (1– 5)

31. لماذا تقل المقاومة المكافئة في دائرة التوازي كلما أضيف المزيد من المقاومات؟ (1– 5)

32. إذا وصِلت مجموعة مقاومات مختلفة في قيمها على التوازي، فكيف تُقارن قيمة كل منها بالمقاومة المكافئة للمجموعة؟ (1– 5)

33. لماذا تكون تمديدات أسلاك الكهرباء في المنازل على التوازي، وليس على التوالي؟ (1– 5)

34. قارن بين مقدار التيار الداخل إلى نقطة تفرّع في دائرة توازٍ ومقدار التيار الخارج منها (نقطة التفرع نقطة تتصل بها ثلاثة موصلات أو أكثر). (1– 5)

35. وضّح كيف يعمل منصهر كهربائي على حماية دائرة كهربائية ما؟ (2– 5)

36. ما المقصود بدائرة القصر؟ ولماذا تكون خطيرة؟ (2– 5)

37. لماذا يُصمّم الأميتر بحيث تكون مقاومته صغيرة جدًّا؟ (2– 5)

38. لماذا يُصمّم الفولتمتر بحيث تكون مقاومته كبيرة جدًّا؟ (2– 5)

39. كيف تختلف طريقة توصيل الأميتر في دائرة كهربائية عن طريقة توصيل الفولتمتر في الدائرة نفسها؟ (2– 5)

تطبيق المفاهيم

40. تحتوي دائرة كهربائية على ثلاثة مصابيح كهربائية موصولة على التوالي. ماذا يحدث للتيار المار في مصباحين من هذه المصابيح إذا احترق فتيل المصباح الثالث؟

41. افترض أن المقاومة R_A في مجزئ الجهد الموضّح في **الشكل 4–5** صُمّمت لتكون مقاومة متغيّرة، فماذا يحدث للجهد الناتج V_B في مجزئ الجهد إذا زاد مقدار المقاومة المتغيرة؟

42. تحتوي الدائرة A على ثلاث مقاومات مقدار كل منها 60 Ω موصولة على التوالي، أما الدائرة B فتحتوي على ثلاث مقاومات مقدار كل منها 60 Ω موصولة على التوازي. كيف يتغير التيار المار في المقاومة الثانية في كل دائرة منهما إذا قطع مفتاح كهربائي التيار عن المقاومة الأولى؟

43. تحتوي دائرة كهربائية على ثلاثة مصابيح كهربائية موصولة على التوازي. ماذا يحدث للتيار المار في مصباحين من هذه المصابيح إذا احترق فتيل المصباح الثالث؟

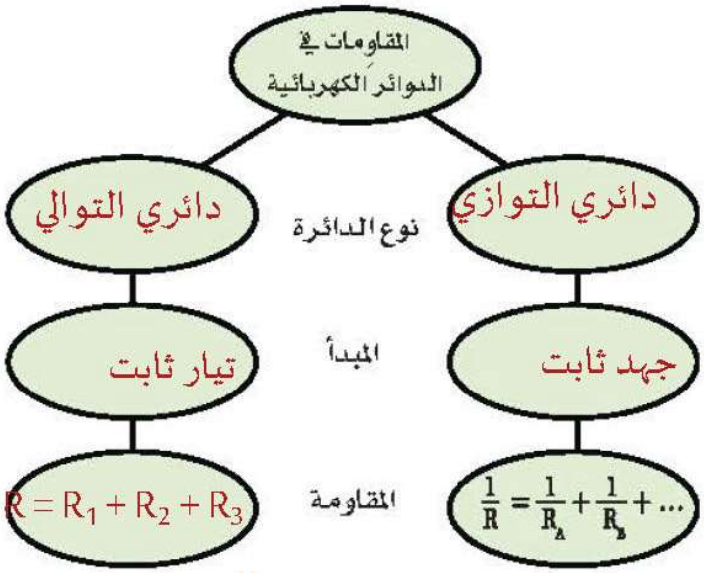
44. إذا كان لديك بطارية جهدها 6 V وعدد من المصابيح جهد كلٍّ منها 1.5 V، فكيف تصل المصابيح بحيث تضيء، على ألا يزيد فرق الجهد بين طرفي كلٍّ منها على 1.5 V؟

بداية beadaya.com موقع بداية التعليم

الإجابات في الصفحة التالية

خريطة المفاهيم

29. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات الآتية: دائرة التوالي، $R = R_1 + R_2 + R_3$، تيار ثابت، دائرة التوازي، جهد ثابت.



إتقان المفاهيم

30. لماذا تنطفئ جميع المصابيح الموصولة على التوالي إذا احترق أحدها؟ (1– 5)

عندما يحترق أحد المصابيح تفتح الدائرة فتنطفئ المصابيح الأخرى.

31. لماذا تقل المقاومة المكافئة في دائرة التوازي كلما أضيف المزيد من المقاومات؟ (1– 5)

سيوفر كل مقاوم إضافي مساراً إضافياً للتيار

32. إذا وصِلت مجموعة مقاومات مختلفة في قيمها على التوازي، فكيف تُقارن قيمة كل منها بالمقاومة المكافئة للمجموعة؟ (1– 5)

تكون المقاومة المكافئة أقل من قيمة أي مقاوم

33. لماذا تكون تمديدات أسلاك الكهرباء في المنازل على التوازي، وليس على التوالي؟ (1– 5)

تعمل الأجهزة الموصولة على التوازي كل منها على حدة دون أن يؤثر بعضها في بعض.

34. قارن بين مقدار التيار الداخل إلى نقطة تفرّع في دائرة توازٍ ومقدار التيار الخارج منها (نقطة التفرع نقطة تتصل بها ثلاثة موصلات أو أكثر). (1– 5)

مجموع التيارات الداخلة إلى نقطة التفرع يساوي مجموع التيارات الخارجة منها.

35. وضّح كيف يعمل منصهر كهربائي على حماية دائرة كهربائية ما؟ (2– 5)

وظيفة المنصهر هي حماية الأجهزة والأسلاك الكهربائية من مرور تيار كهرباني كبير فيها يسبب الحرائق نتيجة التسخين الزائد.

36. ما المقصود بدائرة القصر؟ ولماذا تكون خطيرة؟ (2– 5)

دائرة القصر هي الدائرة ذات المقاومة القليلة جدا. ودائرة القصر خطيرة جدا إذا طبق عليها أي فرق جهد، لأنها تسبب تدفق تيار كهرباني كبير، والأثر الحراري للتيار يمكنه أن يسبب حريقا.

37. لماذا يُصمّم الأميتر بحيث تكون مقاومته صغيرة جدًّا؟ (2– 5)

يجب أن تكون مقاومة الأميتر صغيرة جدا، لأنه يوصل على التوالي في الدائرة الكهربانية، فإذا كانت مقاومته كبيرة فستتغير مقاومة الدائرة بشكل واضح.

38. لماذا يُصمّم الفولتمتر بحيث تكون مقاومته كبيرة جدًّا؟ (2– 5)

يجب أن تكون مقاومة الفولتمتر كبيرة جدا للسبب نفسه الذي يجعل مقاومة الأميتر صغيرة، فإذا كانت مقاومة الفولتمتر صغيرة فأنه يقلل مقاومة الجزء المتصل معه من الدائرة، مما يزيد التيار في الدائرة، وهذا يسبب هبوطا أكبر في الجهد خلال الجزء المتصل معه الفولتميتر في الدائرة، مما يغير الجهد المقاس.

beadaya.com | موقع بداية التعليمي

تابع إلى الصفحة التالية

39. كيف تختلف طريقة توصيل الأميتر في دائرة كهربائية عن طريقة توصيل الفولتمتر في الدائرة نفسها؟ (2-5)

يوصل الأميتر على التوالي، أما الفولتميتر فيوصل على التوازي.

تطبيق المفاهيم

40. تحتوي دائرة كهربائية على ثلاثة مصابيح كهربائية موصولة على التوالي. ماذا يحدث للتيار المار في مصباحين من هذه المصابيح إذا احترق فتيل المصباح الثالث؟

إذا احترقت فتيلة أحد المصابيح فإن التيار يتوقف وستنطفئ المصابيح الأخرى.

41. افترض أن المقاومة R_A في مجزئ الجهد الموضّح في الشكل 4-5 صُمّمت لتكون مقاومة متغيّرة، فماذا يحدث للجهد الناتج V_B في مجزئ الجهد إذا زاد مقدار المقاومة المتغيرة؟

$$V_B = VR_B/(R_A + R_B)$$

لذا عندما تزداد RA تقل VB.

42. تحتوي الدائرة A على ثلاث مقاومات مقدار كل منها 60 Ω موصولة على التوالي، أما الدائرة B فتحتوي على ثلاث مقاومات مقدار كل منها 60 Ω موصولة على التوازي. كيف يتغير التيار المار في المقاومة الثانية في كل دائرة منهما إذا قطع مفتاح كهربائي التيار عن المقاومة الأولى؟

في الدائرة A لن يمر تيار في المقاوم. أما في الدائرة B فسيبقى التيار في المقاوم كما هو.

43. تحتوي دائرة كهربائية على ثلاثة مصابيح كهربائية موصولة على التوازي. ماذا يحدث للتيار المار في مصباحين من هذه المصابيح إذا احترق فتيل المصباح الثالث؟

إذا احترقت فتيلة أحد المصابيح فإن المقاومة وفرق الجهد خلال المصابيح الأخرى لا تتغير، لذا تبقى تيارات المصابيح الأخرى كما هي.

44. إذا كان لديك بطارية جهدها 6 V وعدد من المصابيح جهد كلٍّ منها 1.5 V، فكيف تصل المصابيح بحيث تضيء، على ألا يزيد فرق الجهد بين طرفي كلٍّ منها على 1.5 V؟

صل أربعة من المصابيح على التوالي

وزارة التـ
بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

تقويم الفصل 5

45. مصباحان كهربائيّان مقاومة أحدهما أكبر من مقاومة الآخر. أجب عمّا يأتي:
   a. إذا وصل المصباحان على التوازي فأيُّهما يكون سطوعه أكبر (أيْ أيُّهما يستنفد قدرة أكبر)؟
   b. إذا وصِل المصباحان على التوالي فأيهما يكون سطوعه أكبر؟

46. اكتب نوع الدائرة المستخدمة (توالٍ أم توازٍ) فيما يأتي:
   a. التيار متساوٍ في جميع أجزاء الدائرة الكهربائية.
   b. المقاومة المكافئة تساوي مجموع المقاومات المُفردة.
   c. الهبوط في الجهد عبر كل مقاومة في الدائرة الكهربائية متساوٍ.
   d. الهبوط في الجهد في الدائرة الكهربائية يتناسب طرديًّا مع المقاومة.
   e. إضافة مقاومة إلى الدائرة يُقلّل المقاومة المكافئة.
   f. إضافة مقاومة إلى الدائرة يزيد المقاومة المكافئة.
   g. إذا أصبح مقدار التيار المار في أحد مقاومات دائرة كهربائية صفرًا، ولم يمر تيار في جميع المقاومات الأخرى الموجودة في الدائرة.
   h. إذا أصبح مقدار التيار المار في أحد مقاومات دائرة كهربائية صفرًا، ولم تتغيّر مقادير التيارات الكهربائية المارة في جميع المقاومات الأخرى الموجودة في الدائرة.
   i. هذا النوع من التوصيل مناسب لتمديدات الأسلاك في المنزل.

47. **منصهرات المنزل** لماذا يكون خطيرًا استعمال منصهر 30 A بدلًا من المنصهر 15 A المستخدم في حماية دائرة المنزل؟

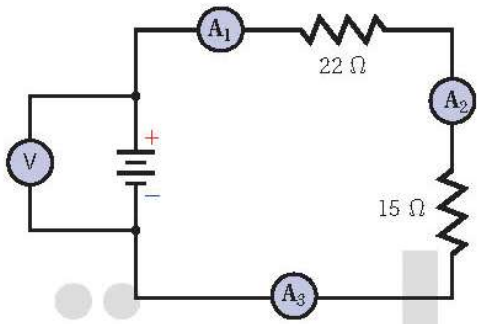
إتقان حل المسائل

5–1 الدوائر الكهربائية البسيطة

48. احسب المقاومة المكافئة للمقاومات الآتية: 680 Ω و 1.1 kΩ و 10 kΩ إذا وصلت على التوالي.

49. احسب المقاومة المكافئة للمقاومات الآتية: 680 Ω و 1.1 kΩ و 10.0 kΩ إذا وصلت على التوازي.

50. إذا كانت قراءة الأميتر 1 الموضح في **الشكل 14–5** تساوي 0.20 A، فما مقدار:
   a. قراءة الأميتر 2؟
   b. قراءة الأميتر 3؟



الشكل 14–5

51. إذا احتوت دائرة توالٍ على هبوطين في الجهد 6.90 V و 5.50 V فما مقدار جهد المصدر؟

52. يمر تياران في دائرة توازٍ، فإذا كان تيار الفرع الأول 3.45 A وتيار الفرع الثاني 1.00 A فما مقدار التيار المار في مصدر الجهد؟

53. إذا كانت قراءة الأميتر 1 في **الشكل 14–5** تساوي 0.20 A فما مقدار:
   a. المقاومة المكافئة للدائرة؟
   b. جهد البطارية؟
   c. القدرة المستنفدة في المقاومة 22 Ω ؟
   d. القدرة الناتجة عن البطارية؟

54. إذا كانت قراءة الأميتر 2 الموضّح في **الشكل 14–5** تساوي 0.50 A فاحسب مقدار:
   a. فرق الجهد بين طرفي المقاومة 22 Ω.
   b. فرق الجهد بين طرفي المقاومة 15 Ω.
   c. جهد البطارية.

الإجابات في الصفحة التالية

45. مصباحان كهربائيّان مقاومة أحدهما أكبر من مقاومة الآخر. أجب عمّا يأتي:

a. إذا وصل المصباحان على التوازي فأيُّهما يكون سطوعه أكبر (أيْ أيُّهما يستنفد قدرة أكبر)؟

المصباح ذو المقاومة الأقل.

b. إذا وصِل المصباحان على التوالي فأيهما يكون سطوعه أكبر؟

المصباح ذو المقاومة الأكبر.

46. اكتب نوع الدائرة المستخدمة (توالٍ أم توازٍ) فيما يأتي:

a. التيار متساوٍ في جميع أجزاء الدائرة الكهربائية.

على التوالي

b. المقاومة المكافئة تساوي مجموع المقاومات المُفردة. على التوالي

c. الهبوط في الجهد عبر كل مقاومة في الدائرة الكهربائية متساوٍ. على التوازي

d. الهبوط في الجهد في الدائرة الكهربائية يتناسب طرديًّا مع المقاومة. على التوالي

e. إضافة مقاومة إلى الدائرة يُقلّل المقاومة المكافئة.

على التوزاي

f. إضافة مقاومة إلى الدائرة يزيد المقاومة المكافئة.

على التوالي

g. إذا أصبح مقدار التيار المار في أحد مقاومات دائرة كهربائية صفرًا، ولم يمر تيار في جميع المقاومات الأخرى الموجودة في الدائرة.

على التوالي

h. إذا أصبح مقدار التيار المار في أحد مقاومات دائرة كهربائية صفرًا، ولم تتغيّر مقادير التيارات الكهربائية المارة في جميع المقاومات الأخرى الموجودة في الدائرة.

على التوزي

i. هذا النوع من التوصيل مناسب لتمديدات الأسلاك في المنزل. على التوازي

47. **منصهرات المنزل** لماذا يكون خطيرًا استعمال منصهر 30 A بدلًا من المنصهر 15 A المستخدم في حماية دائرة المنزل؟

يسمح المنصهر 30A بمرور تيار أكبر في الدائرة، فتتولد حرارة أكبر في الأسلاك، مما يجعل ذلك خطيرا.

تقان حل المسائل

5–1 الدوائر الكهربائية البسيطة

48. احسب المقاومة المكافئة للمقاومات الآتية: 680 Ω و 1.1 kΩ و 10 kΩ إذا وصلت على التوالي.

$$R = 12\text{k}\Omega$$

49. احسب المقاومة المكافئة للمقاومات الآتية: 680 Ω و 1.1 kΩ و 10.0 kΩ إذا وصلت على التوازي.

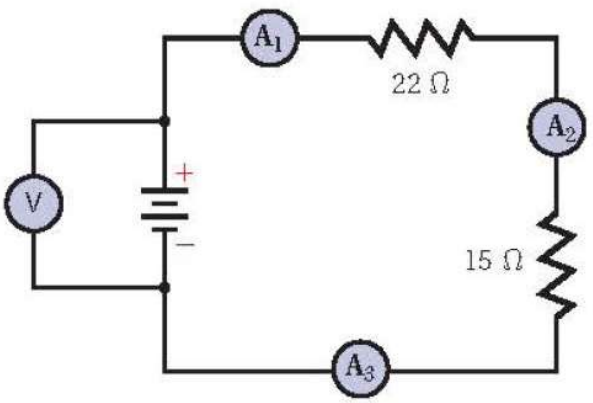
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R = 0.40\text{k}\Omega$$

50. إذا كانت قراءة الأميتر 1 الموضح في الشكل 14–5 تساوي 0.20 A، فما مقدار:

a. قراءة الأميتر 2؟ 0.2A

b. قراءة الأميتر 3؟ 0.2A



تابع إلى الصفحة التالية

51. إذا احتوت دائرة توالٍ على هبوطين في الجهد 6.90 V و5.50 V فما مقدار جهد المصدر؟

$$\mathbf{V = 12.4\ V}$$

52. يمر تياران في دائرة توازٍ، فإذا كان تيار الفرع الأول 3.45 A وتيار الفـــرع الثاني 1.00 A فما مقدار التيار المار في مصدر الجهد؟

$$\mathbf{I = 4.45\ A}$$

53. إذا كانت قراءة الأميتر1 في **الشـــكل 14–5** تساوي 0.20 A فما مقدار:

a. المقاومة المكافئة للدائرة؟

$$\mathbf{R = R_1 + R_2 = 37\Omega}$$

b. جهد البطارية؟

$$\mathbf{V = IR = 7.4\ V}$$

c. القدرة المستنفدة في المقاومة 22 Ω ؟

$$P = I^2R = 0.88\ \mathrm{W}$$

d. القدرة الناتجة عن البطارية؟

$$\mathbf{P = IV = 1.5\ W}$$

54. إذا كانت قراءة الأميتر 2 الموضّح في **الشكل 14–5** تساوي 0.50 A فاحسب مقدار:

a. فرق الجهد بين طرفي المقاومة 22 Ω.

$$\mathbf{V = IR = 11\ V}$$

b. فرق الجهد بين طرفي المقاومة 15 Ω.

$$\mathbf{V = IR = 7.5\ V}$$

c. جهد البطارية.

$$V = V_1 + V_2 = 19V$$

بداية
beadaya.com | مع بداية التعليمي

تقويم الفصل 5

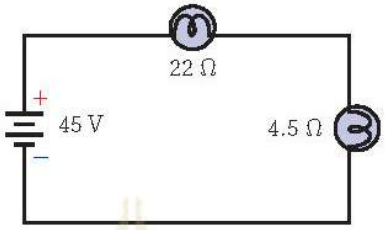
55. وصِل مصباحان مقاومــة الأول 22 Ω ومقاومة الثاني 4.5 Ω على التوالي بمصدر فرق جهد مقداره 45 V، كما هو موضّح في **الشكل 15–5**. احسب مقدار:

a. المقاومة المكافئة للدائرة.

b. التيار المار في الدائرة.

c. الهبوط في الجهد في كل مصباح.

d. القدرة المستهلكة في كل مصباح.



الشكل 15–5

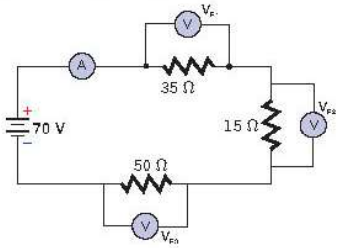
56. إذا كانت قراءة الفولتمتر الموضّح في **الشكل 16–5** تساوي 70.0 V فأجب عن الأسئلة الآتية:

a. ما مقدار قراءة الأميتر؟

b. أي المقاومات أسخن؟

c. أي المقاومات أبرد؟

d. ما مقدار القدرة المزوّدة بواسطة البطارية؟



الشكل 16–5

57. إذا كان جهد البطارية الموضحة في **الشــكل 17–5** يساوي 110 V، فأجب عن الأسئلة الآتية:

a. ما مقدار قراءة الأميتر 1؟

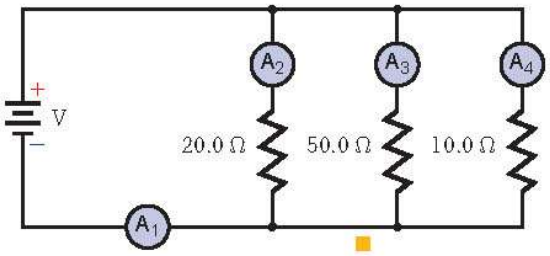
b. ما مقدار قراءة الأميتر 2؟

c. ما مقدار قراءة الأميتر 3؟

d. ما مقدار قراءة الأميتر 4؟

e. أي المقاومات أسخن؟

f. أي المقاومات أبرد؟



الشكل 17–5

58. إذا كانت قراءة الأميتر 3 الموضح في **الشكل 17–5** تساوي 0.40 A فما مقدار:

a. جهد البطارية؟

b. قراءة الأميتر 1؟

c. قراءة الأميتر 2؟

d. قراءة الأميتر 4؟

59. ما اتجاه التيار الاصطلاحي المار في المقاومة 50.0 Ω الموضّح في **الشكل 17–5**؟

60. إذا كان الحمل الموصول بطــرفي بطارية يتكون من مقاومتــين 15 Ω و47 Ω موصولتين على التوالي فما مقدار:

a. المقاومة الكلية للحمل؟

b. جهــد البطاريــة إذا كان مقدار التيــار المار في الدائرة 97 mA؟

61. **أنوار الاحتفالات** يتكون أحد أســلاك الزينة من 18 مصباحًــا صغيرًا متماثــلًا، موصولة على التوالي بمصــدر جهد مقــداره 120 V. فإذا كان الســلك يستنفد قدرة مقدارها 64 W، فما مقدار:

a. المقاومة المكافئة لسلك المصابيح؟

b. مقاومة كل مصباح؟

c. القدرة المستنفدة في كل مصباح؟

بداية
موقع بداية التعليمي
bedaraya.com

الإجابات في الصفحة التالية

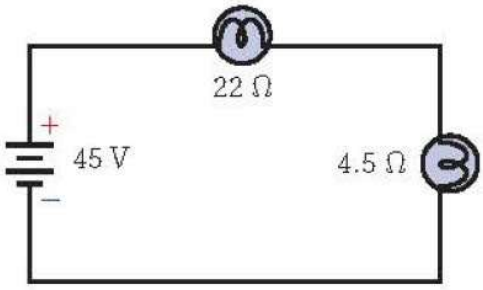
55. وصِل مصباحان مقاومة الأول 22 Ω ومقاومة الثاني 4.5 Ω على التوالي بمصدر فرق جهد مقداره 45 V، كما هو موضّح في **الشكل 15-5**. احسب مقدار:

a. المقاومة المكافئة للدائرة.

b. التيار المار في الدائرة.

c. الهبوط في الجهد في كل مصباح.

d. القدرة المستهلكة في كل مصباح.



الشكل 15-5

حل a

$$26\Omega$$

حل b

$$I = \frac{V}{R} = 1.7\ \text{A}$$

حل c

$$\text{V} = \text{IR} = 7.7\ \text{V}$$

$$\text{V} + \text{IR} = 37\ \text{V}$$

حل d

$$P = IV = 13\ \text{W}$$

$$P = IV = 63\ \text{W}$$

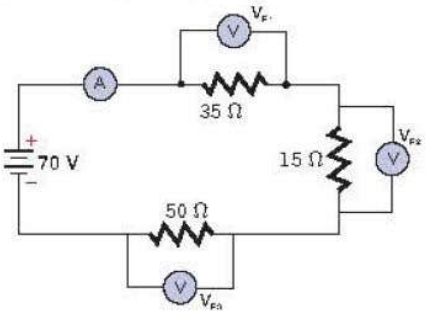
56. إذا كانت قراءة الفولتمتر الموضّح في **الشكل 16-5** تساوي 70.0 V فأجب عن الأسئلة الآتية:

a. ما مقدار قراءة الأميتر؟

b. أي المقاومات أسخن؟

c. أي المقاومات أبرد؟

d. ما مقدار القدرة المزوّدة بواسطة البطارية؟



الشكل 16-5

حل a

$$I = \frac{V}{R} = 2\ \text{A}$$

حل b

$$50\Omega$$

حل c

$$15\Omega$$

حل d

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_1 + \mathbf{R}_2 + \mathbf{R}_3 = 0.1\text{k}\Omega$$

$$\mathbf{P} = \mathbf{I}^2\mathbf{R} = 4 \times 10^2\ \text{W}$$

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

تابع إلى الصفحة التالية

57. إذا كان جهد البطارية الموضحة في الشكل 17-5 يساوي 110 V، فأجب عن الأسئلة الآتية:

a. ما مقدار قراءة الأميتر 1؟

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$
$$R = 5.88\Omega$$
$$I = \frac{V}{R}$$
$$= 19\ \text{A}$$

b. ما مقدار قراءة الأميتر 2؟

$$I = \frac{V}{R}$$
$$= 5.5\ \text{A}$$

c. ما مقدار قراءة الأميتر 3؟

$$I = \frac{V}{R}$$
$$= 2.2\ \text{A}$$

d. ما مقدار قراءة الأميتر 4؟

$$I = \frac{V}{R}$$
$$= 11\ \text{A}$$

e. أي المقاومات أسخن؟ 10Ω

f. أي المقاومات أبرد؟ 50Ω

58. إذا كانت قراءة الأميتر 3 الموضح في الشكل 17-5 تساوي 0.40 A فما مقدار:

a. جهد البطارية؟ $\mathbf{V = IR = 2 \times 10\ V}$

b. قراءة الأميتر 1؟

$$\frac{1}{\mathbf{R}} = \frac{1}{\mathbf{R}_{1\ 1}} + \frac{1}{\mathbf{R}_2} + \frac{1}{\mathbf{R}_3}$$
$$\mathbf{R} = 5.88\Omega$$
$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{R}}$$
$$= 3.4\ \mathbf{A}$$

c. قراءة الأميتر 2؟

$$I = \frac{V}{R}$$
$$= 1\ \text{A}$$

d. قراءة الأميتر 4؟

$$I = \frac{V}{R}$$
$$= 2\ \text{A}$$

59. ما اتجاه التيار الاصطلاحي المار في المقاومة 50.0 Ω الموضّح في الشكل 17-5؟

إلى أسفل

60. إذا كان الحمل الموصول بطرفي بطارية يتكون من مقاومتين 15 Ω و47 Ω موصولتين على التوالي فما مقدار:

a. المقاومة الكلية للحمل؟

$$R = R_1 + R_2 = 62\Omega$$

b. جهد البطارية إذا كان مقدار التيار المار في الدائرة 97 mA؟

$$V = IR = 6\ \text{V}$$

بداية
موقع بداية التعليمي | beadaya.com

تابع إلى الصفحة التالية

61. أنوار الاحتفالات يتكون أحد أسلاك الزينة من 18 مصباحًا صغيرًا متماثلًا، موصولة على التوالي بمصدر جهد مقداره 120 V. فإذا كان السلك يستنفد قدرة مقدارها 64 W، فما مقدار:

a. المقاومة المكافئة لسلك المصابيح؟

$$P = \frac{V^2}{R_{eq}}$$

$$R_{eq} = \frac{V^2}{P}$$

$$= 0.23\text{k}\Omega$$

b. مقاومة كل مصباح؟

$$\frac{0.23 \times 10^3}{18} = 13\Omega$$

c. القدرة المستنفدة في كل مصباح؟

$$\frac{64}{18} = 3.6\ \text{W}$$

beadaya.com موقع بداية

تقويم الفصل 5

62. إذا احترق فتيل أحد المصابيح في المسألة السابقة، وحدث فيه دائرة قصر، بحيث أصبحت مقاومته صفرًا فأجب عما يأتي:

a. ما مقدار مقاومة السلك في هذه الحالة؟

b. احسب القدرة المستنفدة في السلك.

c. هل زادت القدرة المستنفدة أم نقصت بعد احتراق المصباح؟

63. وصِلت مقاومتان $16.0\ \Omega$ و$20.0\ \Omega$، على التوازي بمصدر جهد مقداره $40.0\ V$، احسب مقدار:

a. المقاومة المكافئة لدائرة التوازي.

b. التيار الكلي المار في الدائرة.

c. التيار المار في المقاومة $16.0\ \Omega$.

64. صمّم فيصل مجزئ جهد باستخدام بطارية جهدها $12\ V$ ومقاومتين. فإذا كان مقدار المقاومة R_B يساوي $82\ \Omega$، فكم يجب أن يكون مقدار المقاومة R_A حتى يكون الجهد الناتج عبر المقاومة R_B يساوي $4.0\ V$؟

65. **التلفاز** يستهلك تلفاز قدرة تساوي $275\ W$ عند وصله بمقبس $120\ V$.

a. احسب مقاومة التلفاز.

b. إذا شكّل التلفاز وأسلاك توصيل مقاومتها $2.5\ \Omega$ ومنصهر كهربائي دائرةَ توالٍ تعمل بوصفها مجزّئ جهد، فاحسب الهبوط في الجهد عبر التلفاز.

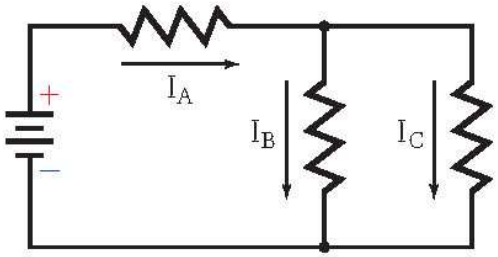
c. إذا وصِل مجفّف شعر مقاومته $12\ \Omega$ بالمقبس نفسه الذي يتصل به التلفاز، فاحسب المقاومة المكافئة للجهازين.

d. احسب الهبوط في الجهد عبر كل من التلفاز، ومجفّف الشعر.

5–2 تطبيقات الدوائر الكهربائية

ارجع إلى الشكل 5–18 للإجابة عن الأسئلة 66–69.

66. إذا كان مقدار كل مقاومة من المقاومات الموضّحة في الشكل يساوي $30.0\ \Omega$ فاحسب المقاومة المكافئة.



الشكل 5–18

67. إذا استنفدت كل مقاومة $120\ mW$ فاحسب القدرة الكلية المستنفدة.

68. إذا كان $I_A = 13\ mA$ و$I_B = 1.7\ mA$ فما مقدار I_C؟

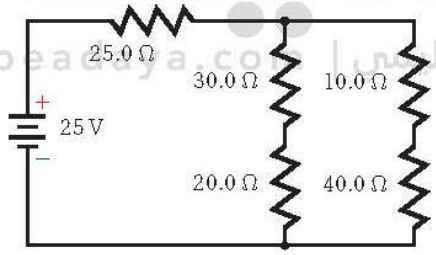
69. بافتراض أن $I_C = 1.7\ mA$ و$I_B = 13\ mA$، فما مقدار I_A؟

70. بالرجوع إلى **الشكل 5–19** أجب عما يأتي:

a. ما مقدار المقاومة المكافئة؟

b. احسب مقدار التيار المار في المقاومة $25\ \Omega$.

c. أي المقاومات يكون أسخن، وأيها يكون أبرد؟



الشكل 5–19

71. تتكوّن دائرة كهربائية من ستة مصابيح ومدفأة كهربائية موصولة جميعها على التوازي. فإذا كانت قدرة كلّ مصباح $60\ W$ ومقاومته $240\ \Omega$، ومقاومة المدفأة $10.0\ \Omega$، وفرق الجهد في الدائرة $120\ V$ فاحسب مقدار التيار المار في الدائرة في الحالات الآتية:

a. أربعة مصابيح فقط مضاءة.

b. جميع المصابيح مضاءة.

c. المصابيح الستة والمدفأة جميعها تعمل.

bedaya.com | بداية التعليمي

الإجابات في الصفحة التالية

62. إذا احترق فتيل أحد المصابيح في المسألة السابقة، وحدث فيه دائرة قصر، بحيث أصبحت مقاومته صفرًا فأجب عما يأتي:

a. ما مقدار مقاومة السلك في هذه الحالة؟

$$2.2 \times 10^2 \Omega$$

b. احسب القدرة المستنفدة في السلك.

$$P = \frac{V^2}{R} = 65 \text{ W}$$

c. هل زادت القدرة المستنفدة أم نقصت بعد احتراق المصباح؟ تزداد

63. وصِلت مقاومتان $16.0\ \Omega$ و $20.0\ \Omega$، على التوازي بمصدر جهد مقداره $40.0\ V$، احسب مقدار:

a. المقاومة المكافئة لدائرة التوازي.

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

$$R = 8.89\Omega$$

b. التيار الكلي المار في الدائرة.

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

$$= 4.5 \text{ A}$$

c. التيار المار في المقاومة $16.0\ \Omega$.

$$I_1 = \frac{V}{R_1}$$

$$= 2.5 \text{ A}$$

64. صمّم فيصل مجزئ جهد باستخدام بطارية جهدها $12\ V$ ومقاومتين. فإذا كان مقدار المقاومة R_B يساوي $82\ \Omega$، فكم يجب أن يكون مقدار المقاومة R_A حتى يكون الجهد الناتج عبر المقاومة R_B يساوي $4.0\ V$؟

$$V_B = \frac{VR_B}{R_A + R_B}$$

$$R_A = \frac{VR_B}{V_B} - R_B$$

$$= 1.6 \times 10^2 \Omega$$

65. **التلفاز** يستهلك تلفاز قدرة تساوي $275\ W$ عند وصله بمقبس $120\ V$.

a. احسب مقاومة التلفاز.

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$R = \frac{V^2}{P}$$

$$= 52\Omega$$

b. إذا شكّل التلفاز وأسلاك توصيل مقاومتها $2.5\ \Omega$ ومنصهر كهربائي دائرةَ توالٍ تعمل بوصفها مجزّئ جهد، فاحسب الهبوط في الجهد عبر التلفاز.

$$V_A = \frac{VR_A}{R_A + R_B}$$

$$= 110 \text{ V}$$

c. إذا وصِل مجفّف شعر مقاومته $12\ \Omega$ بالمقبس نفسه الذي يتصل به التلفاز، فاحسب المقاومة المكافئة للجهازين.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B}$$

$$R = 9.8\Omega$$

حلول
موقع بداية التعليمي | bedayah.com

تابع إلى الصفحة التالية

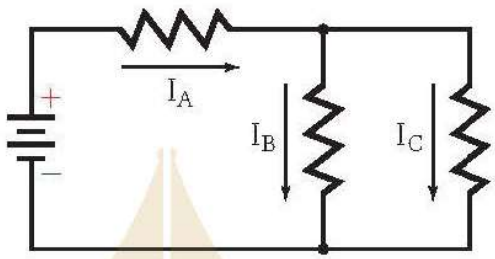
d. احسب الهبوط في الجهد عبر كل من التلفاز، ومجفّف الشعر.

$$V_1 = \frac{VR_A}{R_A + R_B}$$
$$= 96\ \text{V}$$

5–2 تطبيقات الدوائر الكهربائية

رجع إلى الشكل **18–5** للإجابة عن الأسئلة **66–69**.

66. إذا كان مقدار كل مقاومة من المقاومات الموضّحة في الشكل يساوي 30.0 Ω فاحسب المقاومة المكافئة.



الشكل 18–5

$$R = 45\Omega$$

67. إذا استنفدت كل مقاومة 120 mW فاحسب القدرة الكلية المستنفدة.

$$P = 360\ \text{mW}$$

68. إذا كان $I_A = 13\ \text{mA}$ و $I_B = 1.7\ \text{mA}$ فما مقدار I_C؟

$$IC = IA - IB = 11\ \text{mA}$$

69. بافتراض أن $I_C = 1.7\ \text{mA}$ و $I_B = 13\ \text{mA}$، فما مقدار I_A؟

$$\mathbf{IA = IB + IC = 15\ mA}$$

70. بالرجوع إلى الشكل **19–5** أجب عما يأتي:

a. ما مقدار المقاومة المكافئة؟

$$\mathbf{R_1 = R_2 = R = 50\Omega}$$

b. احسب مقدار التيار المار في المقاومة 25 Ω.

$$\mathbf{I = \frac{V}{R_{Total}}}$$
$$\mathbf{= 0.5A}$$

c. أي المقاومات يكون أسخن، وأيها يكون أبرد؟

المقاوم 25Ω هو الأسخن، والمقاوم 10Ω هو الأبرد

71. تتكوّن دائرة كهربائية من ستة مصابيح ومدفأة كهربائية موصولة جميعها على التوازي. فإذا كانت قدرة كلّ مصباح 60 W ومقاومته 240 Ω، ومقاومة المدفأة 10.0 Ω، وفرق الجهد في الدائرة 120 V فاحسب مقدار التيار المار في الدائرة في الحالات الآتية:

a. أربعة مصابيح فقط مضاءة.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$
$$R = 0.06\text{k}\Omega$$
$$I = \frac{V}{R}$$
$$= 2\ \text{A}$$

b. جميع المصابيح مضاءة.

$$\frac{1}{R} = \frac{6}{240}$$
$$R = 0.04\Omega$$
$$I = \frac{V}{R}$$
$$= 3\ \text{A}$$

c. المصابيح الستة والمدفأة جميعها تعمل.

$$R = 8\Omega$$
$$I = \frac{V}{R}$$
$$= 15\ \text{A}$$

موقع بداية التـ

تقويم الفصل 5

72. إذا احتوت الدائرة الكهربائية في المسألة السابقة على منصهر كهربائي كُتِبَ عليه 12 A فهل ينصهر هذا المنصهر إذا شُغِّلت المصابيح الستة والمدفأة؟

73. إذا زُوِّدْت خلال اختبار عملي بالأدوات الآتية: بطارية جهدها V، وعنصري تسخين مقاومتهما صغيرة يُمكن وضعهما داخل ماء، وأميتر ذي مقاومة صغيرة جدًّا، وفولتمتر مقاومته كبيرة جدًّا، وأسلاك توصيل مقاومتها مهملة، ودورق معزول جيّدًا سعته الحرارية مهملة، و0.10 kg ماء درجة حرارته 25 °C، فوضّح بالرسم والرموز كيفية وصل هذه الأدوات معًا لتسخين الماء في أسرع وقت ممكن.

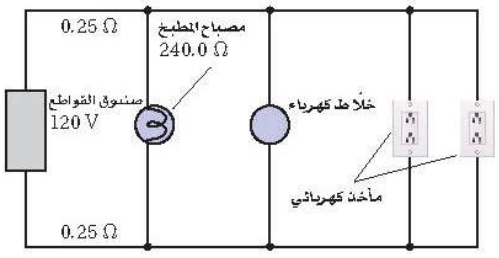
74. إذا ثُبّتت قراءة الفولتمتر المستعمل في المسألة السابقة عند 45 V، وقراءة الأميتر عند 5.0 A فاحسب الزمن (بالثواني) اللازم لتبخير الماء الموجود في الدورق. (استخدم الحرارة النوعية للماء 4.2 kJ /kg. °C، والحرارة الكامنة لتبخره 2.3×10^6 J /kg)

75. **دائرة كهربائية منزلية** يوضّح الشكل 20–5 دائرة كهربائية منزلية، مقاومة كلّ سلك من السلكين الواصلين إلى مصباح المطبخ 0.25 Ω، ومقاومة المصباح 0.24 kΩ. على الرغم من أن الدائرة هي دائرة توازٍ إلا أن مقاومة الأسلاك تتصل على التوالي بجميع عناصر الدائرة. أجب عما يأتي:

a. احسب المقاومة المكافئة للدائرة المتكونة من المصباح وخطّي التوصيل من المصباح وإليه.

b. أوجد التيار المار في المصباح.

c. أوجد القدرة المستنفدة في المصباح.



الشكل 20–5

مراجعة عامة

76. إذا وُجِد هبوطان في الجهد في دائرة توالٍ كهربائية مقداراهما: 3.50 V و4.90 V فما مقدار جهد المصدر؟

77. تحتوي دائرة كهربائية مُركّبة على ثلاث مقاومات. فإذا كانت القدرة المستنفدة في المقاومات: 5.50 W و6.90 W و1.05 W على الترتيب فما مقدار قدرة المصدر الذي يُغذّي الدائرة؟

78. وصِلت ثلاث مقاومات مقدار كل منها 150 Ω، على التوالي. فإذا كانت قدرة كل مقاومة 5 W، فاحسب القيمة العظمى للقدرة الآمنة التي يمكن الحصول عليها.

79. وصِلت ثلاث مقاومات مقدار كل منها 92 Ω على التوازي. فإذا كانت قدرة كل منها 5 W، فاحسب القيمة العظمى للقدرة الآمنة التي يمكن الحصول عليها.

80. احسب القيمة العظمى للجهد الآمن الذي يمكن تطبيقه على المقاومات الثلاث الموصولة على التوالي، والموضّحة في الشكل 21–5، إذا كانت قدرة كلٍّ منها 5.0 W

الشكل 21–5

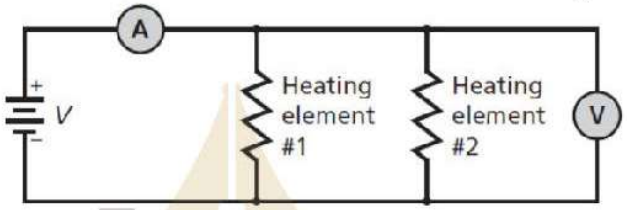
81. احسب القيمة العظمى للقدرة الآمنة في الدائرة الموضّحة في المسألة السابقة.

الإجابات في الصفحة التالية

72. إذا احتوت الدائرة الكهربائية في المسألة السابقة على منصهر كهربائي كُتِبَ عليه 12 A فهل ينصهر هذا المنصهر إذا شُغِّلت المصابيح الستة والمدفأة؟

نعم التيار 15A سيصهر المنصهر 12A

73. إذا زُوِّدْت خلال اختبار عملي بالأدوات الآتية: بطارية جهدها V، وعنصري تسخين مقاومتهما صغيرة يُمكن وضعهما داخل ماء، وأميتر ذي مقاومة صغيرة جدًّا، وفولتمتر مقاومته كبيرة جدًّا، وأسلاك توصيل مقاومتها مهملة، ودورق معزول جيّدًا سعته الحرارية مهملة، و0.10 kg ماء درجة حرارته 25 °C، فوضّح بالرسم والرموز كيفية وصل هذه الأدوات معًا لتسخين الماء في أسرع وقت ممكن.



74. إذا ثُبّتت قراءة الفولتمتر المستعمل في المسألة السابقة عند 45 V، وقراءة الأميتر عند 5.0 A فاحسب الزمن (بالثواني) اللازم لتبخير الماء الموجود في الدورق. (استخدم الحرارة النوعية للماء 4.2 kJ /kg. °C، والحرارة الكامنة لتبخره 2.3×10^6 J /kg)

$$\Delta Q = 2.6 \times 10^2 \text{ kJ}$$
$$P = IV = 0.23 \text{ kJ/s}$$
$$t = \Delta Q/P = 1.1 \times 10^3 \text{ s}$$

75. **دائرة كهربائية منزلية** يوضّح الشكل 20–5 دائرة كهربائية منزلية، مقاومة كلّ سلك من السلكين الواصلين إلى مصباح المطبخ 0.25 Ω، ومقاومة المصباح 0.24 kΩ. على الرغم من أن الدائرة هي دائرة توازٍ إلا أن مقاومة الأسلاك تتصل على التوالي بجميع عناصر الدائرة. أجب عما يأتي:

a. احسب المقاومة المكافئة للدائرة المتكونة من المصباح وخطّي التوصيل من المصباح وإليه.

$$R = 0.24\text{k}\Omega$$

b. أوجد التيار المار في المصباح.

$$I = \frac{V}{R}$$
$$= 0.5 \text{ A}$$

c. أوجد القدرة المستنفدة في المصباح.

$$P = VI = 6 \times 10 \text{ W}$$

مراجعة عامة

76. إذا وُجِد هبوطان في الجهد في دائرة توالٍ كهربائية مقداراهما: 3.50 V و4.90 V فما مقدار جهد المصدر؟

$$\text{V} = 8.4 \text{ V}$$

77. تحتوي دائرة كهربائية مُركّبة على ثلاث مقاومات. فإذا كانت القدرة المستنفدة في المقاومات: 5.50 W و6.90 W و1.05 W على الترتيب فما مقدار قدرة المصدر الذي يُغذّي الدائرة؟

$$P = 13.45 \text{ W}$$

78. وصلت ثلاث مقاومات مقدار كل منها 150 Ω، على التوالي. فإذا كانت قدرة كل مقاومة 5 W، فاحسب القيمة العظمى للقدرة الآمنة التي يمكن الحصول عليها.

$$P = 15 \text{ W}$$

79. وصِلت ثلاث مقاومات مقدار كل منها 92 Ω على التوازي. فإذا كانت قدرة كل منها 5 W، فاحسب القيمة العظمى للقدرة الآمنة التي يمكن الحصول عليها.

$$P = 15 \text{ W}$$

موقع بداية التعليمي | bedaraya.com

تابع إلى الصفحة التالية

80. احسب القيمة العظمى للجهد الآمن الذي يمكن تطبيقه على المقاومات الثلاث الموصولة على التوالي، والموضّحة في الشكل **21–5**، إذا كانت قدرة كلٍّ منها 5.0 W

الشكل **21–5**

$$P = I^2R$$
$$I = 0.151\text{A}$$
$$R_{\text{Total}} = 462\Omega$$
$$V = IR = 7 \times 10\ \text{V}$$

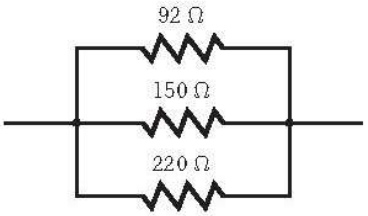
81. احسب القيمة العظمى للقدرة الآمنة في الدائرة الموضّحة في المسألة السابقة.

$$P = \frac{V^2}{R}$$
$$= 11\ \text{W}$$

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

تقويم الفصل 5

82. احسب القيمة العظمى للجهد الآمن الذي يمكن تطبيقه على المقاومات الثلاث الموصولة على التوازي، والموضحة في **الشكل 22–5** إذا كانت قدرة كلٍّ منها 5.0 W



الشكل 22–5

التفكير الناقد

83. **تطبيق الرياضيات** اشتق علاقة لحساب المقاومة المكافئة في كل من الحالات الآتية:

a. مقاومتان متساويتان موصولتان معًا على التوازي.

b. ثلاث مقاومات متساوية موصولة معًا على التوازي.

c. عدد N من مقاومات متساوية موصولة معًا على التوازي.

84. **تطبيق المفاهيم** إذا كان لديك ثلاثة مصابيح كتلك الموضّحة في **الشكل 23–5**، وكانت قدرتها كما يأتي: 50 W و100 W و150 W، فارسم أربعة رسوم تخطيطيّة جزئية تبين من خلالها فتائل المصابيح، وأوضاع المفاتيح الكهربائية لكل مستوى سطوع، بالإضافة إلى بيان وضع الإطفاء. عنون كل رسم تخطيطيّ. (ليس هناك حاجة إلى رسم مصدر طاقة).

الشكل 23–5

85. **تطبيق المفاهيم** صمّم دائرة كهربائية يمكنها إضاءة 12 مصباحًا متماثلًا، بكامل شدتها الضوئية الصحيحة بواسطة بطارية جهدها 48 V، لكل حالة مما يأتي:

a. يقتضي التصميم A أنه إذا احترقت فتيلة أحد المصابيح تبقى المصابيح الأخرى مضيئة.

b. يقتضي التصميم B أنه إذا احترقت فتيلة أحد المصابيح تضيء المصابيح الأخرى التي بقيت تعمل بكامل شدتها الضوئية الصحيحة.

c. يقتضي التصميم C أنه إذا احترقت فتيلة أحد المصابيح ينطفئ مصباح آخر.

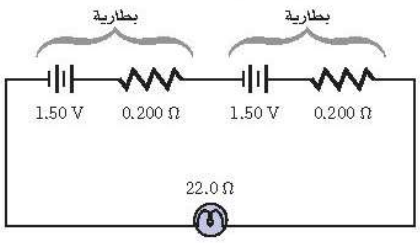
d. يقتضي التصميم D أنه إذا احترقت فتيلة أحد المصابيح فإما أن ينطفئ مصباحان أو لا ينطفئ أي مصباح في الدائرة.

86. **تطبيق المفاهيم** تتكوّن بطارية من مصدر فرق جهد مثالي يتصل بمقاومة صغيرة على التوالي. تنتج الطاقة الكهربائية للبطارية عن التفاعلات الكيميائية التي تحدث فيها، وينتج أيضًا عن هذه التفاعلات مقاومة صغيرة لا يمكن إلغاؤها بالكامل أو تجاهلها. فإذا علمت أن مصباحًا كهربائيًّا يدويًّا يحتوي على بطاريتين موصولتين على التوالي كما هو موضّح في **الشكل 24–5**، وفرق جهد كلٍّ منهما يساوي 1.50 V، ومقاومتها الداخلية 0.200 Ω، ومقاومة المصباح 22.0 Ω، فأجب عمّا يأتي:

a. ما مقدار التيار المار في المصباح؟

b. ما مقدار القدرة المستنفدة في المصباح؟

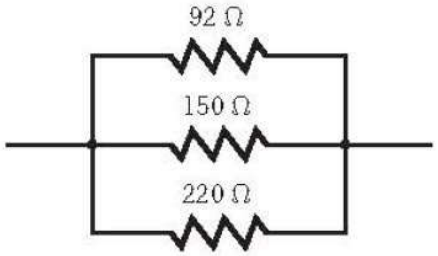
c. إذا أُهملت المقاومة الداخلية للبطاريتين فما مقدار الزيادة في القدرة المستنفدة؟



الشكل 24–5

الإجابات في الصفحة التالية

82. احسب القيمة العظمى للجهد الآمن الذي يمكن تطبيقه على المقاومات الثلاث الموصولة على التوازي، والموضحة في **الشكل 22–5** إذا كانت قدرة كلٍّ منها 5.0 W



الشكل 22–5

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$V = 21V$$

التفكير الناقد

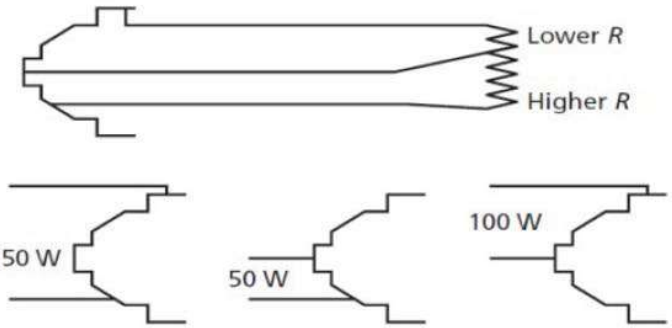
83. **تطبيق الرياضيات** اشتق علاقة لحساب المقاومة المكافئة في كل من الحالات الآتية:

a. مقاومتان متساويتان موصولتان معًا على التوازي. $\mathbf{R_{eq2} = R/2}$

b. ثلاث مقاومات متساوية موصولة معًا على التوازي. $\mathbf{Req\,3 = R/3}$

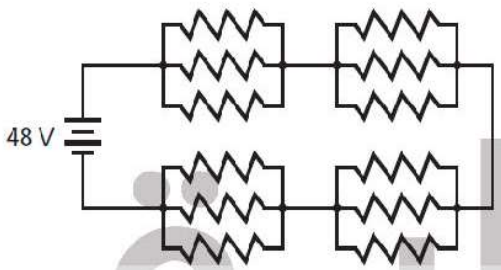
c. عدد N من مقاومات متساوية موصولة معًا على التوازي. $\mathbf{R_{eqN} = R/N}$

84. **تطبيق المفاهيم** إذا كان لديك ثلاثة مصابيح كتلك الموضّحة في **الشكل 23–5**، وكانت قدرتها كما يأتي: 50 W و100 W و150 W، فارسم أربعة رسوم تخطيطيّة جزئية تبين من خلالها فتائل المصابيح، وأوضاع المفاتيح الكهربائية لكل مستوى سطوع، بالإضافة إلى بيان وضع الإطفاء. عنون كل رسم تخطيطيّ. (ليس هناك حاجة إلى رسم مصدر طاقة).

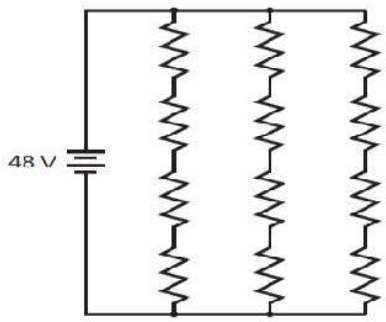


85. **تطبيق المفاهيم** صمّم دائرة كهربائية يمكنها إضاءة 12 مصباحًا متماثلًا، بكامل شدتها الضوئية الصحيحة بواسطة بطارية جهدها 48 V، لكل حالة مما يأتي:

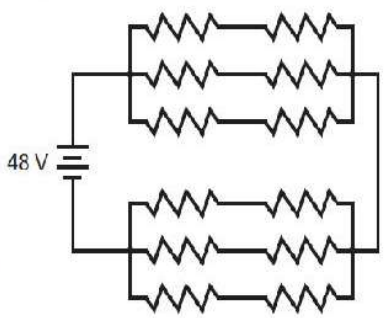
a. يقتضي التصميم A أنه إذا احترقت فتيلة أحد المصابيح تبقى المصابيح الأخرى مضيئة.



b. يقتضي التصميم B أنه إذا احترقت فتيلة أحد المصابيح تضيء المصابيح الأخرى التي بقيت تعمل بكامل شدتها الضوئية الصحيحة.

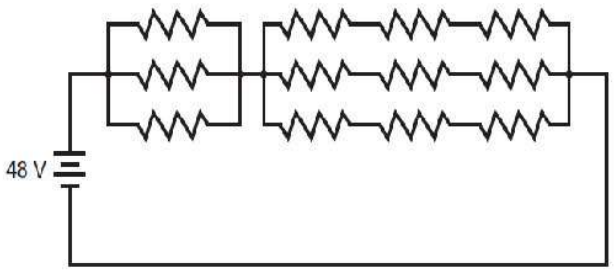


c. يقتضي التصميم C أنه إذا احترقت فتيلة أحد المصابيح ينطفئ مصباح آخر.



تابع إلى الصفحة التالية

d. يقتضي التصميم D أنــه إذا احترقت فتيلة أحد المصابيح فإما أن ينطفئ مصباحان أو لا ينطفئ أي مصباح في الدائرة.



86. تطبيـق المفاهيـم تتكــوّن بطارية مــن مصدر فرق جهد مثالي يتصل بمقاومة صغيرة على التوالي. تنتج الطاقة الكهربائية للبطارية عن التفاعلات الكيميائية التي تحدث فيها، وينتــج أيضًا عن هذه التفاعلات مقاومة صغيرة لا يمكن إلغاؤها بالكامل أو تجاهلها. فإذا علمت أن مصباحًــا كهربائيًّا يدويًّا يحتوي على بطاريتين موصولتين عــلى التوالي كما هو موضّح في **الشكل 24-5**، وفرق جهد كلٍّ منهما يساوي 1.50 V، ومقاومتها الداخليــة 0.200 Ω، ومقاومة المصباح 22.0 Ω، فأجب عمّا يأتي:

a. ما مقدار التيار المار في المصباح؟

بداية
beadaya.com | موقع بداية التعليمي

$$I = \frac{V}{R}$$
$$= 0.134\ \text{A}$$

b. ما مقدار القدرة المستنفدة في المصباح؟

$$P = I^2R = 0.395\ \text{W}$$

c. إذا أُهملت المقاومــة الداخليــة للبطاريتين فما مقدار الزيادة في القدرة المستنفدة؟

$$P = IV = 0.014\ \text{W}$$

تقويم الفصل 5

87. تطبيق المفاهيم صُنع أميتر بتوصيل بطارية جهدها 6.0 V على التوالي بمقاومة متغيرة وأميتر مثالي، كما هو موضّح في **الشكل 25-5**، بحيث ينحرف مؤشر الأميتر إلى أقصى تدريج عندما يمر فيه تيار مقداره 1.0 mA. فإذا وصِل المِشبكان الموضّحان في الشكل معًا، وضُبطت المقاومة المتغيرة بحيث يمر تيار مقداره 1.0 mA، فأجب عمّا يأتي:

a. ما مقدار المقاومة المتغيرة؟

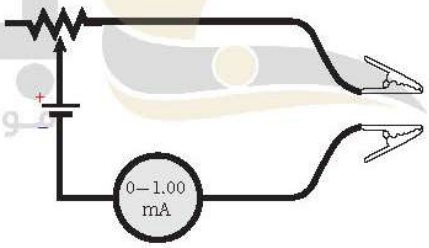
b. إذا وصِل المشبكان الموضحان في الشكل بمقاومة مجهولة فما مقدار المقاومة التي تجعل قراءة الأميتر تساوي:

1. 0.50 mA؟

2. 0.25 mA؟

3. 0.75 mA؟

c. هل تدريج الأميتر خطي؟ وضّح إجابتك.



الشكل 25-5

الكتابة في الفيزياء

88. ابحث في قوانين جوستاف كيرتشوف، واكتب ملخصًا من صفحة واحدة حول كيفية تطبيقها على الأنواع الثلاثة للدوائر الكهربائية الواردة في الفصل.

مراجعة تراكمية

89. إذا كانت شدة المجال الكهربائي على بُعد d من شحنة نقطية Q يساوي **E**، فماذا يحدث لمقدار المجال الكهربائي في الحالات الآتية: (الفصل 3)

a. مضاعفة d ثلاث مرات.

b. مضاعفة Q ثلاث مرات.

c. مضاعفة كلٍّ من d و Q ثلاث مرات.

d. مضاعفة شحنة الاختبار q' ثلاث مرات

e. مضاعفة كلٍّ من q' و d و Q ثلاث مرات.

90. إذا نقص التيار المار في دائرة كهربائية فرق الجهد فيها 12 V من 0.55 A إلى 0.44 A، فاحسب مقدار التغير في المقاومة.

بداية
beadaya.com | الموقع بداية التعليمي

الإجابات في الصفحة التالية

87. تطبيق المفاهيم صُنع أميتر بتوصيل بطارية جهدها 6.0 V على التوالي بمقاومة متغيرة وأميتر مثالي، كما هو موضّح في **الشكل 25-5**، بحيث ينحرف مؤشر الأميتر إلى أقصى تدريج عندما يمر فيه تيار مقداره 1.0 mA. فإذا وصِل المِشبكان الموضّحان في الشكل معًا، وضُبطت المقاومة المتغيرة بحيث يمر تيار مقداره 1.0 mA، فأجب عمّا يأتي:

a. ما مقدار المقاومة المتغيرة؟

$$V = IR$$
$$R = \frac{V}{I}$$
$$= 6\text{k}\Omega$$

b. إذا وصِل المشبكان الموضحان في الشكل بمقاومة مجهولة فما مقدار المقاومة التي تجعل قراءة الأميتر تساوي:

1. 0.50 mA؟ $6\text{k}\Omega$
2. 0.25 mA؟ $18\text{k}\Omega$
3. 0.75 mA؟ $2\text{k}\Omega$

c. هل تدريج الأميتر خطي؟ وضّح إجابتك.

لا ، يكون المقدار صفر أوم عند أقصى تدريج، و$6\text{k}\Omega$ عند منتصف التدريج، وما لا نهاية Ω (أو دائرة مفتوحة) عند صفر تدريج

الكتابة في الفيزياء

88. ابحث في قوانين جوستاف كيرتشوف، واكتب ملخصًا من صفحة واحدة حول كيفية تطبيقها على الأنواع الثلاثة للدوائر الكهربائية الواردة في الفصل.

قانون كيرتشوف الثاني في الجهد، الذي يمثل حفظ الطاقة في الدوائر الكهربائية، وقانون كيرتشوف الأول في التيار، والذي يمثل حفظ الشحنة في الدوائر الكهربائية. وينص قانون الجهد على أن المجموع الجبري لتغيرات الجهد في مسار مغلق يساوي صفرا. وينص قانون التيار على أن المجموع الجبري للتيارات عند نقطة تفرع يساوي صفرا.

89. إذا كانت شدة المجال الكهربائي على بُعد d من شحنة نقطية Q يساوي E، فماذا يحدث لمقدار المجال الكهربائي في الحالات الآتية: (الفصل 3)

a. مضاعفة d ثلاث مرات. E/9

b. مضاعفة Q ثلاث مرات. 3E

c. مضاعفة كلٍّ من d و Q ثلاث مرات. E/3

d. مضاعفة شحنة الاختبار q' ثلاث مرات E

e. مضاعفة كلٍّ من q' و d و Q ثلاث مرات. E/3

90. إذا نقص التيار المار في دائرة كهربائية فرق الجهد فيها 12 V من 0.55 A إلى 0.44 A، فاحسب مقدار التغير في المقاومة.

$$\mathbf{R_1 = 21.8\Omega}$$
$$\mathbf{R_2 = 27.3\Omega}$$
$$\mathbf{R = R_2 - R_1 = 5.5\Omega}$$

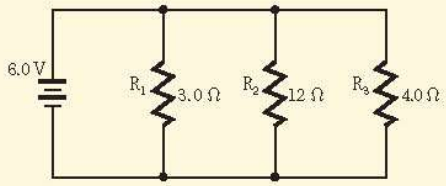
موقع بداية التعليمي | beadaya.com

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

اختر رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

استخدم الرسم التخطيطي أدناه الذي يمثّل دائرة كهربائية للإجابة عن الأسئلة 4–1.



1. ما مقدار المقاومة المكافئة للدائرة؟

(A) $\frac{1}{19}\ \Omega$ (C) 1.5 Ω (B) 1.0 Ω (D) 19 Ω

2. ما مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة؟

(A) 0.32 A (C) 1.2 A (B) 0.80 A (D) 4.0 A

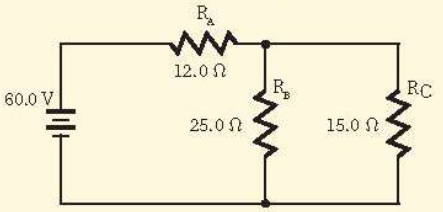
3. ما مقدار التيار الكهربائي المار في المقاومة R_3؟

(A) 0.32 A (C) 2.0 A (B) 1.5 A (D) 4.0 A

4. ما مقدار قراءة فولتمتر يوصل بين طرفي المقاومة R_2؟

(A) 0.32 V (C) 3.8 V (B) 1.5 V (D) 6.0 V

استخدم الرسم التخطيطي أدناه الذي يمثل دائرة كهربائية للإجابة عن السؤالين 5 و6.



5. ما مقدار المقاومة المكافئة للدائرة؟

(A) 8.42 Ω (C) 21.4 Ω (B) 10.7 Ω (D) 52.0 Ω

6. ما مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة؟

(A) 1.15 A (C) 2.80 A (B) 2.35 A (D) 5.61 A

7. إذا وصل محمود ثمانية مصابيح مقاومة كل منها 12 Ω على التوالي فما مقدار المقاومة الكلية للدائرة؟

(A) 0.67 Ω (C) 12 Ω (B) 1.5 Ω (D) 96 Ω

8. أيّ العبارات الآتية صحيحة؟

(A) مقاومة الأميتر المثالي كبيرة جدًّا.

(B) مقاومة الفولتمتر المثالي صغيرة جدًّا.

(C) مقاومة الأميترات تساوي صفرًا.

(D) تُسبّب الفولتمترات تغيرات صغيرة في التيار.

الأسئلة الممتدة

9. يقيم حامد حفلاً ليليًّا، ولإضاءة الحفل وصل 15 مصباحًا كهربائيًّا كبيرًا ببطارية سيارة جهدها 12.0 V، وعند وصل هذه المصابيح بالبطارية لم تُضئ، وأظهرت قراءة الأميتر أن التيار المار في المصابيح 0.350 A، فإذا احتاجت المصابيح إلى تيار مقداره 0.500 A، لكي تُضيء، فكم مصباحًا عليه أن يفصل من الدائرة؟

10. تحتوي دائرة توالٍ كهربائية على بطارية جهدها 8.0 V وأربع مقاومات: $R_1 = 4.0\ \Omega$ و$R_2 = 8.0\ \Omega$ و$R_3 = 13.0\ \Omega$ و$R_4 = 15.0\ \Omega$. احسب مقدار التيار الكهربائي المار في الدائرة، والقدرة المستنفدة في المقاومات؟

✓ إرشاد

خذ قسطًا من الراحة

إذا كان لديك فرصة لأخذ قسط من الراحة في أثناء الاختبار أو كان يمكنك الوقوف فلا تتحرج من ذلك، وانهض من مقعدك وتحرك؛ فإن ذلك يعطيك طاقة إضافية، ويساعدك على تجلية تفكيرك. وخلال فترة الاستراحة فكر في شيء آخر غير الاختبار، وبذلك تكون قادرًا على أن تبدأ من جديد.

حل السؤال 9: يتعين على حامد فصل 5 مصابيح

حل السؤال 10:

$P = 1.6\ \text{W}$

$I = 0.2\ \text{A}$