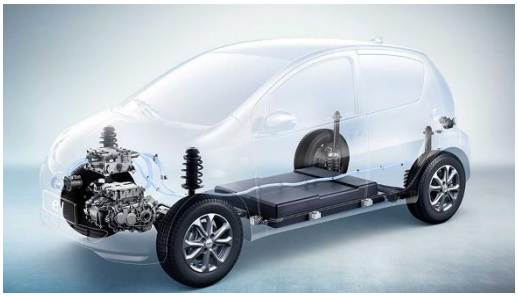
الوحدة الثالثة

التيار الكهربائي

مقدمة: السيارات الكهربائية



انتشرت المركباتُ الكهربائيّة التي تعمل كُليًّا أو جُزئيًّا بالطاقة الكهربائيّة لتشمل السياراتِ الصغيرة، والحافلات، وشاحنات النقل.

تنحصر المركبات الكهربائيّة ضمن ثلاثة أنواع تستخدم جميعها مُحرّكًا كهربائيًّا

النوع الأول: يعملُ بمحرّكٍ كهربائيّ وبطارية كبيرة السَّعة قابلة لإعادة الشحن.

النوع الثاني: هجينٌ يعمل على مُحرّك وقودٍ ومُحرّكٍ كهربائيّ وبطاريّة قابلةٍ لإعادة الشحن.

النوع الثالث: فيستمد طاقته الكهربائيّة من خلايا الهيدروجين.

تساعدُ هذه الأنواع جميعُها على تقليل انبعاث الغازات الضارّة بالبيئة وبصحة الإنسان، مهما كان مصدر الكهرباء التي تستخدمُها هذه المركبات.

ما العوامل التي تحدّد المدّةَ الزمنيّة اللازمة لإعادة شحنِ بطارية السيارة الكهربائيّة؟

العوامل التي تحدّد المدّةَ الزمنيّة اللازمة لإعادة شحنِ بطارية السيارة الكهربائيّة:

1. سعة بطارية السيارة.
2. قدرة الشاحن.

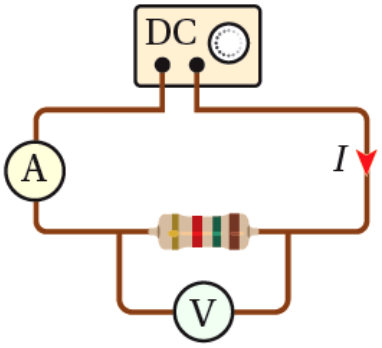
كيف ساعد موقع البطارية من تحسين التوازن في السيارات الهجينة ؟ (الربط مع الوحدة السابقة) .

تفضل اغلب الشركات المصنعة للسيارات الهجينة وضع البطارية أسفل مقاعد السيارة ، وذلك لتحسين توازن السيارة عن طريق نقل مركز الكتلة الي وسط واخفض نقطة في السيارة ،أي أقرب من مستوى الأرض.

تجربة استهلاليّة

استقصاء العلاقة بين الجُهد والتيار بين طرفي مقاومة

المواد والأدوات: مصدر طاقةٍ مُنخَفض الجُهد (DC) ، 3 مقاومات مختلفة، أميتر، فولتميتر، أسلاك توصيل.



إرشادات السلامة: الحذر من لمس الوصلات الكهربائيّة غير المعزولة والأجزاء الساخنة في الدارة.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أنفذ الخطوات الآتية:

أصلُ الدارة الكهربائيّة كما في الشكل، بحيث يتّصلُ طرفا المقاومة مع طرفي مصدر فرق الجُهد، ويقيسُ الأميتر(A) التيارَ المارَّ في المقاومة، بينما يقيس الفولتميتر (V) فرقَ الجُهد بين طرفيها.

أضبطُ المتغيرات: أضبط جهد المصدر عند قيمةٍ مُنخَفضة (1 V) ، وأشغّلهُ ثم أسجّلُ قراءتي الأميتر والفولتميتر، وأدوّنهما في جدولٍ مُخصّصٍ في كتاب الأنشطة.

أقيسُ: أرفع جهد المصدر قليلاً، ثم أُسجّل قراءتي الأميتر والفولتميتر في الجدول، وأكرّر ذلك ثلاث مرّاتٍ، وفي كل مرّةٍ أرفع الجُهد، أحرِصُ على عدم زيادة قيمة الجُهد عن قياس(6 V)

أكرّرُ الخطوات الثلاث السابقة مرتين باستخدام مقاومة مختلفة في كل مرة، وأدوّنُ القياسات.

التحليل والاستنتاج:

1. أمثّلُ قراءات الجدول بيانيًّا، بحيث يكون فرق الجُهد على المحور الأفقي والتيار على المحور الرأسي.

ارسم أفضل خط مستقيم يمثل النقاط ، وقد تنحرف بعض النقاط عن الخط المستقيم نتيجة بعض أخطاء القياس المتوقعة.

2. **أستنتجُ :** مقدار المقاومة الكهربائيّة الذي يساوي مقلوب ميلِ مُنحنَى العلاقة بين فرق الجُهد والتيار للمقاومات الثلاث.

أحسب ميل الخط المستقيم لأحصل على قيمة ثابتة، ثم أحسب مقلوب هذه القيمة الذي يساوي مقدار المقاومة، وأكرر ذلك للمقاومات الثلاث.

3. **أقارنُ:** بين قِيَم المقاومات، وأصف كلًّ منها، إن كانت ثابتةً أو متغيّرةً، وهل تتأثر قيمة أيٍّ منها بتغيُّر فرق الجُهد بين طرفيها؟

يجب أن تكون المقاومة الفلزية ثابتة، ولكل مقاومة قيمة مختلفة عن الأخرى. وإذا ظهر في النتائج أي اختلاف في قيمة المقاومة الواحدة، فإن ذلك يكون ناتج عن أخطاء تجريبية.

4. **أتوقّعُ:** في حال استخدام موادَّ أخرى مختلفة؛ هل تسلك جميعُها سلوكَ المقاوماتِ من حيثُ النسبة بين فرق الجُهد والتيار؟

عند استخدام مواد لا أومية فإن النسبة بين الجهد والتيار لن تبقى ثابتة عند تغيير قيم الجهد.

كيف تم توصيل الفولتميتر لقياس الجهد على المقاومة؟

في الدوائر الكهربائية يتم توصيل الفولتميتر على التوازي مع العنصر (المقاومة في هذه الحالة) لقياس فرق الجهد بين طرفيها ووحدتها الفولت (v).

كيف تم توصيل الأميتر لقياس التيار في الدارة الكهربائية؟

في الدوائر الكهربائية يتم توصيل الأميتر على التوالي ووحدتها الأمبير(A).

المقاومة والقوة الدافعة الكهربائيّة
Resistance and Electromotive Force

التيار الكهربائيّ Electric Current

التيار الكهربائي: حركة الإلكترونات الحرّة في موصل فلزي تحت تأثير مجالٍ كهربائيٍّ ينشأ داخل الموصل الفلزيّ عند تطبيق فرقٍ في الجُهد الكهربائيّ بين طرفيه ويقاس بوحدة الأمبير (A).

على يعتمد مقدار التيّار الكهربائي (I) المار في موصل فلزي ؟
يعتمد على كمية الشحنة (ΔQ) التي تعبُر مقطعًا عرضيًّا في الموصل في وَحدة الزمن(Δt) .
حيث (ΔQ) كمية الشحنة، (Δt) زمن عبورها.ويمكن التعبير عنها رياضيا :

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

يقاس التيار الكهربائي بوحدة أمبير (A) ampere .

الأمبير: هو مقدار التيار الكهربائيّ الذي يسري في موصلٍ عندما تعبُر مَقطَع هذا الموصل شحنةٌ مقدارُها ($1\ C$) في ثانيةٍ واحدة ($1s$)

التيار الاصطلاحي : هو سريان الشحنات الكهربائية الموجبة من القطب السالب الي القطب الموجب في البطارية نفسها، ومن القطب الموجب للبطارية إلى القطب السالب للبطارية في الدائرة الخارجية. وهو الاتجاه المعتمد في تحليل الدوائر الكهربائية.

التيار الفعلي: هو سريان الشحنات الكهربائية السالبة من القطب الموجب الي القطب السالب في البطارية نفسها، ومن القطب السالب للبطارية إلى القطب الموجب للبطارية في الدائرة الخارجية.

التيار المستمر:Direct current (DC) : هو التيار الكهربائي الذي يسري في موصل باتّجاه واحد وقيمة ثابتة لا تتغيّر مع الزمن.

المقاومةُ الكهربائيةُ Electric Resistance

المقاومة الكهربائيّة Electric resistance :
وتُعرّف المقاومة الكهربائيّة للموصل بأنّها نسبةُ فرق الجُهد بين طرفيه إلى التيار الكهربائيّ المارّ فيه.
تقاسُ المقاومةُ الكهربائيّة بوحدة **أوم** (ohm) ، ويُستخدَم لتمثيلها الرمز(omega: Ω) .
وتعد المقاومة الكهربائية خاصّية لممانعة موصل لمرور التيار الكهربائي فيه.

الأوم: هو مقاومة موصل يسري فيه تيار كهربائي (1A) عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه (1V).

فعند مرور تيار كهربائي في موصل جيد التوصيل فلا يكون هناك ممانعة للتوصيل ولا يحدث أي سخونة في الموصل مثل أسلاك النحاس. أما إذا كان هناك ممانعة لتوصيل التيار الكهربائي، ينتج عن ذلك حرارة تتناسب مع مقدار هذه الممانعة.

عند تسخين قطعة خبزٍ في مُحمّصةٍ كهربائيّة، كما في الشكل ألاحظ احمرار سلك التسخين وأشعرُ بسخونته نتيجةَ سريان التيار الكهربائيّ فيه، بينما لا يسخن سلك التوصيل الذي يصل المُحمّصة بمَقبس الجدار. كيف أفسّر ذلك؟

سلكُ التسخين مصنوعٌ من مادّةٍ موصلةٍ تختلف في خصائصها عن فلزّ النحاس الذي تُصنع منه أسلاك التوصيل؛ حيثُ تنتقلُ الإلكترونات بسهولةٍ في الأسلاك النحاسية، بينما تواجه مُمَانعةً أكبر لحركتها عند مرورها في سلك التسخين، وتفقدُ مقدارًا من طاقتها الكهربائيّة التي تتحوّل إلى طاقةٍ حراريةٍ ترفعُ درجة حرارة السلك.

قانون أوم Ohm's Law

قانون أومOhm's Law الذي ينصُّ أنّ:

"الموصل عند درجة الحرارة الثابتة ينشأُ فيه تيارٌ كهربائيّ (I) يتناسب طرديًّا مع فرق الجُهد بين طرفيه (ΔV) وثابت التناسُب بين فرق الجُهد والتيار الكهربائيّ هو مُقاومة الموصل (R)".

ويعبر عنه رياضيا بالعلاقة الآتية:

$$\Delta V = IR$$

يُقاسُ فرق الجُهد بوحدة فولت (VOLT) واختصارها (V) .

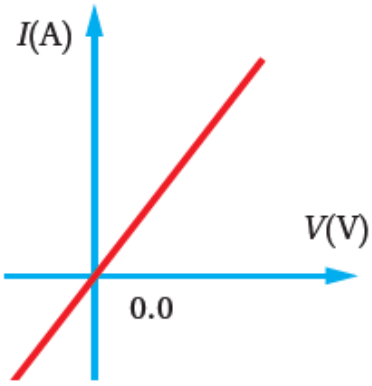
الفولت: فرقُ الجُهد بين طرفي موصلٍ مقاومتُه (1 Ω) يسري فيه تيارٌ كهربائيٌّ(1 A) ، حسب علاقة قانون أوم.

أنواع الموصلات:

1. الموصلات الأومية Ohmic Conductors

موصل أوميّ Ohmic Conductors : موصل يخضع لقانون أوم، وتكون العلاقة البيانية (التيار-الجهد) منحنى (I-V) خطًّا مستقيمًا عند ثبوت درجة حرارة الموصل.

الشكل المجاور يمثل موصل أومي ويسمى منحنى (التيار-الجهد) أو (I-V).
كما في الشكل (أ)حيث مثل على محور(y) التيار الكهربائي
وعلى محور(x) الجهد الكهربائي.



(أ): منحنى ($I-V$) لموصل أومي.

وفي هذا الموصل الأومي أي تغير في الجهد لا يقابله تغير في المقاومة عند ثبوت درجة الحرارة، وعند تغير درجة الحرارة فان مقاومته تزداد، وتبقى العلاقة بين الجُهد والتيار خطيّةً بثبات درجة الحرارة عند قيمةٍ جديدة؛ أي أنّه يبقى موصلً أوميًّا.

فَتيلُ المصباح المُتوهّج هو سلكٌ فلزيٌّ رفيعٌ مصنوعٌ من التنغستن؛ عند ارتفاع درجة حرارته يقلّ ميلُ الخطِّ المستقيم، أي تزدادُ مقاومته. كيف أُفسّر زيادة مقاومة الموصل بارتفاع درجة حرارته؟

عند سريان التيّار الكهربائيّ في الموصل فإنَّ الإلكترونات الحُرّة تتصادُم في ما بينها، كما تتصادمُ مع ذرات الموصل؛ وتنقلُ جزءًا من طاقتها الحركية إلى الذرّات، فتزدادُ سَعة اهتزازها، وترتفعُ درجةُ حرارةِ الموصل. إنَّ الزيادةَ في سَعةِ اهتزاز الذرات تؤدي إلى زيادة احتمال تصادم الإلكترونات بها، فتزدادُ إعاقةُ الموصل لحركة الإلكترونات داخله، وتصبح مقاومة الموصل لسريان التيّار الكهربائيّ أكبر.وتغير المقاومة ناتج عن زيادة درجة الحرارة وليس بسبب الجهد المطبق على فتيل التنغستن ، لذلك تعد مقاومته أومية .

مستعينا بالبيانات المثبتة على الشكل أعلاه جد قيمة المقاومة (R)؟

الحل:

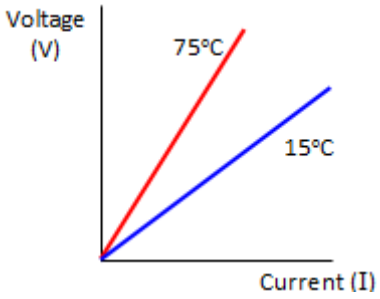
الرسم البياني يمثل محنى(التيار-الجهد) أو (I-V) ، ويحسب الميل للمنحنى حسب العلاقة التالية :

$$slope = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta I}{\Delta V} = \frac{1}{R}$$

قيمة الميل تمثل مقلوب المقاومة ($slope = \frac{1}{R}$) وفي هذه الحالة تحسب (R) كما يلي :

$$R = \frac{1}{slope} \ , \Omega$$

ملاحظة: إذا كان المنحنى المعطى (الجهد- التيار) او (V-I) فان الميل يساوي قيمة المقاومة (R).



مستعينا بالشكل المجاور الذي يمثل منحنى (الجهد- التيار) أو (V-I) عند قيمتين مختلفتين لدرجة الحرارة لنفس الموصل، اجب عن الأسئلة التالية:

1. ماذا يمثل ميل الخط المستقيم عند درجتي الحرارة المختلفتين؟
2. عند أي درجة حرارة تكون فيها قيمة المقاومة أعلى؟
3. ما نوع الموصل الذي يمثله المنحنى عند درجتي الحرارة المختلفين؟ فسر إجابتك.

الحل :

1. ميل الخط المستقيم (slope) يمثل قيمة المقاومة (R) وهناك قيمتين للمقاومة: ($R_{75°}$) و($R_{15°}$).
2. ميل المستقيم عند درجة الحرارة ($75°$) اعلى من ميل المستقيم عند درجة الحرارة ($15°$)، وبما أن ميل الخط المستقيم (slope) يمثل قيمة المقاومة (R) بشكل مباشر في منحنى (الجهد- التيار) أو (V-I)، فان ($R_{75°}$) اعلى من ($R_{15°}$). فعندما يزداد الميل في منحنى (الجهد- التيار) أو (V-I) تزداد المقاومة. أما في منحنى (التيار-الجهد) أو (I-V) فعندما يقل الميل تزداد المقاومة
3. نوع الموصل أومي، واختلاف المقاومة باختلاف درجة الحرارة لا يعني أنه غير أومي، فعند تغير درجة الحرارة تغيرت المقاومة وبقي الخط مستقيم عند ثبوت درجة الحرارة في الحالتين، وبقي ألموصل يخضع لقانون أوم. بمعنى تغير درجة الحرارة وثباتها على التغير الجديد يغير قيمة المقاومة ولا يغير من استقامة الخط الذي يمثلها. وتغير قيمة المقاومة بسبب الحرارة وليس بسبب الجهد المطبق على الموصل.

2. المواد اللا أوميّة Nonohmic Materials

مواد لا أومية: Non-ohmic Materials مواد تتغيّر مقاومَتها مع تغيُّر فرق الجُهد بين طرفيها، حتى عند ثبات درجة الحرارة.

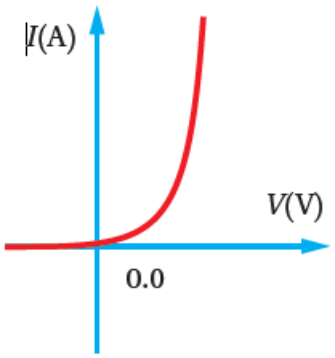
ومن الأمثلة عليها الوصلات الإلكترونية المصنوعة من أشباهِ المُوصِلات، مثل الجرمانيوم والسيليكون وتعدُّ من المُكوّنات الأساسية للدارات الإلكترونية، مثل:

1. الثنائي (diode)

2. والثنائي الباعث للضوء (LED)

3. والترانزستور (transistor)

يمثّلُ الشكل (ب)العلاقةَ بين التيار وفرق الجُهد لوصلة الثنائي (diode).



(ب): منحنى ($I-V$) لوصلة الثنائي.

كيف تعمل المقاومةُ الضوئيةُ light dependent resistor (LDR)على التحكم بإنارة الشوارع بشكل آليّ؟

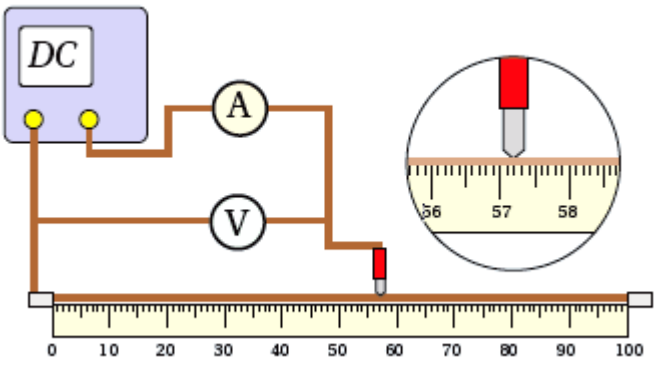
من مميزات هذه المقاومةُ أنها تتغيّر قيمتُها بتغيُّر شدة الضوء الساقط عليها، ويجري ضبطها بحيثُ تعمل على وصل الدارة وإضاءة المصابيح عند غروب الشمس، وإطفائها عند شروقها.

المقاومةُ الضوئيةُ

المقاومة والمقاوميّة Resistance and Resistivity

التجربة 1 : استنتاجُ العوامل التي تعتمد عليها المقاومة الكهربائيّة لموصل

الموادُّ والأدوات: ميكروميتر، مَسطرةٌ متريّةٌ خشبيةٌ، جهازَي أميتر وفولتميتر، أسلاكُ توصيل، مصدر طاقة منخفض الجهد وقابل للضبط، سلك نيكروم رفيع طولُه (1 m) ، ثلاثةُ أسلاك: نيكروم، وحديد، وتنغستن، طول كلٍّ منها (40 cm) وأقطارُها متساوية.



إرشادات السلامة: الحذر من لمس الوصلات الكهربائيّة غير المعزولة والعناصر الساخنة.

خطوات العمل:

(الجزء 1)

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أنفّذ الخطوات الآتية:

1. أُثبّتُ سلك النيكروم من طرفيه على المسطرة المتريّة الخشبيّة، بشكل مستقيمٍ ومشدودٍ بدءًا من الصفر.
2. أصلُ أحدَ قطبي مصدر الطاقة مع نقطة الصفر، والقطبَ الآخر مع الأميتر، وأضعُ في نهاية السلك المُتّصل بالأميتر مسمار توصيل مدبّب. وأصلُ الفولتميتر على التوازي مع سلك النيكروم، كما في الشكل.
3. أشغّلُ المصدر وأضبِطُه على (1V) ؛ حتى لا ترتفع درجةُ حرارة سلك النيكروم وتؤثّرَ في القراءات.
4. ألامسُ المسمار المدبّب (طرف الأميتر الحرّ) مع سلك النيكروم على مسافة (20cm) من الصفر.

5. أدوّنُ قراءات الأميتر والفولتميتر في الجدول المُخصّص للجزء الأول.
6. أغيّرُ موقع المسمار المدبّب إلى المسافات(40,60,80cm) ، ثم أدوّن قِيَمَ فرق الجُهد والتيار.

(الجزء 2)

1. أقيسُ أقطارَ الأسلاك جميعها وأدوّنُها، ثم أثبّت سلك النيكروم الثاني (40 cm) على المسطرة بدل الأوّل.
2. ألامسُ المسمار المدبّب إلى نهاية السلك، وأضبطُ فرقَ الجُهد على (1 V) وأدوّن قيمتي فرق الجُهد والتيار.

(الجزء 3)

1. **ضبطُ المتغيّرات:** أستخدم سلك الحديد (المُماثل بالقياسات) مكان سلك النيكروم، ثم أكرّرُ الخطوة 2 من الجزء 2.
2. أكرّرُ الخطوةَ السابقة باستخدام سلك التنغستن (المماثل بالقياسات)، وأدوّن النتائج.

التحليل والاستنتاج:

1. **أستنتجُ :**معتمدًا على بيانات الجدول الأول؛ العلاقةَ بين طول الموصل ومقاومته.
أستنتج أن العلاقة بين طول الموصل ومقاومته طردية، فعند زيادة طول الموصل حسب القيم المحددة في خطوات التجربة، تزداد المقاومة بالنسب نفسها.
2. **أستنتجُ :**معتمدًا على بيانات الجدول الثاني؛ العلاقة بين مساحة مقطع الموصل ومقاومته.
أستنتج أن العلاقة بين مساحة مقطع الموصل ومقاومته عكسية، فعند زيادة نصف القطر تزداد مساحة المقطع وتقل المقاومة.
3. **أقارنُ :** بين مقاومة الأسلاك المُتماثلة في أطوالها ومساحة مَقطعِها والمختلفة في المواد المصنوعة منها.
عندما تتشابه الأسلاك في أبعادها الهندسية (الطول ومساحة المقطع) ، فإن مقاوماتها تختلف باختلاف نوع مادتها.
4. **أفسّرُ:** أتوصّلُ إلى العوامل التي تعتمد عليها مقاومةُ الموصل، وأُفسّرها.
. تعتمد مقاومة الموصل على ثلاثة عوامل: الطول ومساحة المقطع ونوع المادة. فالمقاومة تتناسب طرديًا مع طول الموصل وعكسيًا مع مساحة مقطعه، وتختلف المقاومة باختلاف نوع المادة.
التفسير: زيادة الطول يزيد من طول مسار الشحنات ويزيد من عدد التصادمات، فتزداد المقاومة.
زيادة مساحة المقطع تزيد من عدد الإلكترونات الحرة الناقلة للتيار فتقل المقاومة. أما اختلاف نوع المادة فيغير من عدد الإلكترونات الحرة الناقلة للتيار في وحدة الحجم من الموصل.
5. **أتوقّعُ :** إذا تسبب التيار الكهربائيّ في أيٍّ من المراحل في تسخين الموصل؛ كيف سيؤثر ذلك في النتائج؟
عند زيادة مقدار التيار المار في الموصل تزداد التصادمات فترتفع درجة حرارة الموصل، وهذا يزيد من سعة اهتزاز ذرات المادة فتزداد التصادمات مرة أخرى مما يزيد من مقدار المقاومة.

العوامل المؤثرة في المقاومة Factors Affecting the Resistance

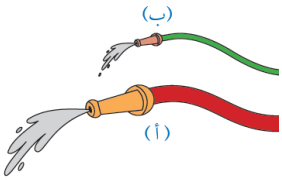
ما هي العوامل المؤثرة في المقاومة الكهربائية؟

1. **الأبعادُ الهندسيّةُ للموصل:**

أ. طول الموصل: (علاقة طردية) مقاومةَ الموصل تزداد بزيادةِ طوله، ويمكنُ تفسير هذه العلاقة بتعرُّض الإلكترونات عند حركتها خلال الموصل الطويل إلى مزيدٍ من التصادُمات، ممّا يعيقُ حركتها بشكل أكبر، ويزيد مقاومة الموصل.

ب. مساحة المقطعُ العرضيّ للموصل: (علاقة عكسية) لاحظتُ في الجزء الثاني من التجربة أنّ مقاومة الموصل تقلُّ بزيادة مساحة مَقطعِه العرضيّ، ويمكن تفسيرُ ذلك بأنّ زيادة مساحة المقطع تزيدُ من عدد الإلكترونات الحرّة الناقلة للتيار، فيزداد التيار وتقلّ المقاومة.

يمكن تشبيه مرور التيار الكهربائيّ في الموصلات بتدفق الماء في الخُرطوم، فكلّما زادت مساحة مَقطع الخُرطوم زادت كمية الماء التي تتدفّق خلاله في الثانية الواحدة، وكذلكَ التيار الكهربائيُّ.

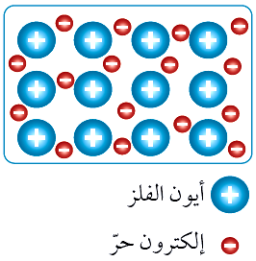


يبيّنُ الشكل المجاور أن خُرطوم الإطفاء (أ) ينقلُ الماءَ بمعدّلٍ زمنيّ أكبرَ من خُرطوم ريّ حديقة المنزل (ب).

2. **نوع مادة الموصل:** تختلفُ الموادّ عن بعضها في مقاومتها لسريان التيار الكهربائيّ فيها؛ إذ تعدُّ بعض الفلزات؛ مثل النحاس، والفَضّة، والألمنيوم موصلاتٍ جيّدةً للكهرباء، في حين تُوجَد فلزّاتٌ أُخرى مثل التنغستن ذات مقاومةٍ أكبر لسريان التيار الكهربائيّ فيها، في حين تكون للمواد العازلة قيمُ مقاومةٍ عاليةٍ جدًا.ومثال أخر على اثر نوع مادة الموصل مُحمّصة الخبز؛ فإنّ ارتفاع درجة حرارتها ناتجٌ عن مقاومة سلك التسخين؛ الذي يُصنع عادةً من سبيكة النيكروم Nichrome (نيكل وكروم) ، في حين أنّ أسلاكَ التوصيل النحاسيّةَ فيها لا تسخُن؛ لأنّ حركة الإلكترونات خلال سلك من النحاس أكثر سهولة منها في سلك مصنوع من سبيكة النيكروم؛ فنوع مادة الموصل يؤثّر في مقدار مقاومته لسريان التيار الكهربائي فيه.

ما هي الألية التي يتم فيها توصيل التيار الكهربائي في الموصلات الفلزية ؟

تحتوي الفلزّات على عددٍ كبيرٍ من الإلكترونات الحرة التي تتحرك باستمرار بين نوى الفلزّ لتُشكّل رابطةً فلزية، وتعتمد طاقاتها الحركية على درجة حرارة الفلزّ، وتعود خصيصة التوصيل الكهربائيّ إلى حركة هذه الإلكترونات، في حين تبقى الأيوناتُ الموجبة في الفلزّ في أماكنها.



المقاومية Resistivity

المقاومية : هي مقاومةُ عيّنةٍ من المادة مساحة مقطَعِها($1m^2$) ، وطولها (1m) عند درجة حرارة معينة. ووحدةَ قياس المقاومية هي ($\Omega.m$).

المقاومة الكهربائيّة للموصل تتناسب طرديًّا مع طول الموصل (L) وعكسيًّا مع مساحة مَقطَعِه (A) ، ويمكن كتابة علاقة التناسب هذه على الصورة:

$$R\alpha = \frac{L}{A}$$

بإدخال ثابت التناسب في العلاقة، نحصل على معادلةٍ خاصّةٍ بمقاومة أي موصلٍ منتظم الشكل بدلالة أبعادِه، علمًا أن ثابت التناسُب يختلف باختلاف نوع المادة، ويُسمّى الثابتُ مُقاوميّة المادة؛ وسوف نرمز له بالرمز (ρ).

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

بإعادة ترتيب حدود العلاقة تُصبح على الصورة:

$$\rho = \frac{RA}{L}$$

كيف تصنف المواد حسب مقاوميتها ؟

1. المواد الموصلة (مقاوميتها صغيرةٍ جدًّا) مثل الفضّة والنحاس.
2. المواد العازلة (مقاوميتها عالية جدًا) مثل الزجاج والمطّاط.
3. المواد شبة الموصلة (مقاوميتها متوسطة بين العازلة والموصلة) مثل السيلكون والجرمانيوم.
4. المواد فائقة التوصيل Superconductors (مقاوميتها الكهربائية تساوي صفرًا) عند درجات حرارة منخفضة تقارب الصفر المطلق، لذلك بعد توليد تيار كهربائيّ في هذه الموادّ يستمر سريانه فيها مدة طويلة دون الحاجة إلى مصدر فرق جهد. من استخدامات هذه المواد توليد مجال مغناطيسي في أجهزة، مثل جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي.

والجدول المجاور يبين مقاومية بعض المواد عند درجة حرارة (20°C).

المادة	المقاومية ($\Omega.m$)
فضة	1.59×10^{-8}
نحاس	1.7×10^{-8}
ذهب	2.44×10^{-8}
ألمنيوم	2.82×10^{-8}
تنغستن	5.6×10^{-8}
حديد	10×10^{-8}
نيكروم	1.5×10^{-6}
كربون	3.5×10^{-5}
سيليكون	640
زجاج	$10^{10} - 10^{14}$
مطاط	10^{13}

ما هو الفرق بين مفهومي المقاومة والمُقاوميّة.

1. المقاومة: هي ممانعة الموصل لمرور التيار الكهربائي فيه، وتعتمد على نوع الموصل وأبعاده.
2. المقاومية :هي ممانعة وحدة الحجوم من الموصل لمرور التيار الكهربائي فيه، وهي صفة نوعية للمادة تعتمد على نوعها فقط (عند درجة حرارة معينة).

مثال 1: كتاب

مصباحٌ كهربائيٌّ يسري فيه تيارٌ كهربائيّ (500 mA) ، عندما يتّصل مع فرق جُهدٍ كهربائيّ (3 V) ما مقاومة المصباح؟

المعطيات: $I = 0.5\ \text{A}, \Delta V = 3\ \text{V}$

المطلوب: $R = ?$

الحل:

$$R = \frac{\Delta V}{I} = \frac{3}{0.5} = 6\ \Omega$$

مثال2: كتاب

فتيلُ مصباحٍ مُتوهّجٍ مصنوعٍ من سلكٍ رفيعٍ من التنغستن؛ نصف قطره (10 μm) على شكل ملف لولبي، كما في الشكل، مقاومتهُ (560 Ω) عند شدّهِ جيدًا تبيّن أنّ طولَ السلك (3.14 m) أحسبُ مقاوميّة التنغستن؟

فتيل التنغستن في مصباحٍ مُتوهّجٍ

المعطيات: $R = 560\ \Omega, r = 10\ \mu\text{m}, L = 3.14\ \text{m}$

المطلوب: $\rho = ?$

الحل :

$$A = \pi R^2 = 3.14(10 \times 10^{-6})^2 = 3.14 \times 10^{-10}\ \text{m}^2$$

$$\rho = \frac{RA}{L} = \frac{560 \times 3.14 \times 10^{-10}}{3.14}$$

$$= 5.6 \times 10^{-8}\ \Omega.\text{m}$$

القوّة الدافعة الكهربائيّة Electromotive Force (emf)

القوّة الدافعة الكهربائيّة (ε) : هي الشغل الذي تبذله البطارية في نقل وحدة الشحنات الموجبة داخل البطارية من قطبها السالب إلى قطبها الموجب .ومقدارُها يساوي أكبر فرق جُهدٍ يُمكن أن تولّدهُ البطارية بين قطبيها.

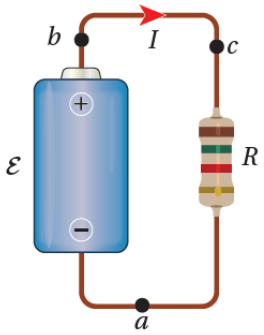
ما هو مصدر الطاقة في البطارية؟

تُعدّ البطارية مصدرًا للطاقة؛ فهي تنتجها عن طريقِ تفاعُلات كيميائيّة تجري داخلها، وتعمل على توليد فرق جُهدٍ كهربائيٍّ بين طرفيها أُطلِق عليه اسمُ القوّة الدافعة الكهربائيّة.

ماهي طبيعة القوة الدافعة الكهربائية؟

القوّة الدافعة الكهربائيّة Electromotive force تسميةٌ اصطلاحيّةٌ قديمة، فالقوّة الدافعة الكهربائيّة ليست قوةً ميكانيكيّة، بل هي فرق جهدٍ كهربائيٍّ تولّدهُ البطارية بين قُطبيها يقاس بوحدة فولت (V) .

في الشكل المجاور كيف يسري التيار في الدائرة الخارجية (البطارية) وداخل البطارية؟



1. يكونُ القطب الموجب للبطاريّة أعلى جُهدًا من قطبها السالب .يؤدي فرق الجهد إلى سريان تيّار كهربائيّ (I) في الدارة على شكل حركة شحنات موجبة افتراضيّة خارج البطاريّة من القطب الموجب الأعلى جُهدًا إلى القطب السالب الأقل جُهدًا.
2. كي تتابع الشحنات الموجبة الافتراضية حركتها؛ فإنّ البطاريّة تبذل عليها شغلً لتحريكها داخل البطاريّة من القطب السالب إلى القطب الموجب الأعلى جُهدًا.

فالشغل الذي تبذله البطاريّة تكتسبه الشحنات الموجبة على شكل (طاقة وضع كهربائية) عند حركتها داخل البطارية من القطب السالب الى القطب الموجب. وعندما تكمل حركتها خلال الدارة، فإنها تفقد هذه الطاقة عند عبورها المقاومة.

لماذا نشعر بارتفاع درجة حرارة البطاريات أثناء عملها؟

تُعدّ البطارية مصدرًا للطاقة؛ فهي تنتجها عن طريقِ تفاعُلات كيميائيّة تجري داخلها، والمواد الداخلية للبطارية لها موصلية محددة وبالتالي سيكون لها **مقاومةً داخليةً** Internal resistance (r) تُعيق حركةَ الشحنات داخلها، فتُفقدها جزءًا من طاقتها ويظهر ذلك على شكل حرارة.

الأيونات الموجبة في المواد الكيميائية داخل البطارية ليست ناقلةً للتيار الكهربائيّ، إنّما الإلكترونات هي التي تتحرك .أصفُ اتّجاه حركتها والشغل المبذول عليها، وأذكر تحولات الطاقة.

المادة الكيميائية داخل البطارية تحتوي على أيونات موجبة، وهذه الأيونات لا تنتقل بين القطبين عند مرور التيار الكهربائي، في حين أن الإلكترونات الحرة تنتقل من القطب الموجب إلى القطب السالب (داخل البطارية) تحت تأثير القوة الدافعة الكهربائية للبطارية، والتي تولد مجالًا كهربائيًا يبذل شغلًا على الإلكترونات .هذا الشغل ناتج عن تحوّل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية داخل البطارية.

ما أهميّة القوّة الدافعة الكهربائيّة للبطارية بالنسبة لحركة الشحنات عبر الدارة الكهربائيّة؟

القوة الدافعة الكهربائية تولد مجالًا كهربائيًا تتجه خطوطه من القطب الموجب للبطارية عبر أسلاك الدارة إلى قطبها السالب، فيعمل هذا المجال على نقل الإلكترونات بعكس اتجاه خطوط المجال؛ أي من القطب السالب للبطارية إلى قطبها الموجب عبر أسلاك الدارة.

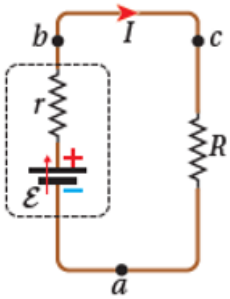
مثال 3: كتاب

عند قياس فرق الجُهد بين قطبي بطارية، قد نجد أنه أقل من قوتها الدافعة الكهربائية .أفسّر هذا الاختلاف.

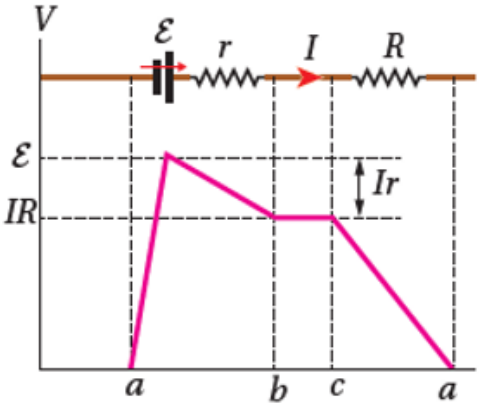
الحل:

إنّ نقصان فرق الجهد بين قطبي البطارية عن قوتها الدافعة الكهربائية ناتج عن وجود مقاومة داخليّة تستهلك جزءًا من الطاقة الكهربائيّة المُنتجة، وتحوله إلى طاقة حراريّة.

التمثيلُ البياني لتغيرات الجُهد الكهربائيّ
Graphical Representation of Electric Potential Change



(أ)مقاومة موصولة بقطبي بطارية ،ممثلة بالرموز



(ب) التمثيل البياني لتغيرات الجهد في الدائرة البسيطة

لمعرفة تغيُّرات الجُهد عبر مُكوّنات أيّ دارة كهربائيّة، مثل المُبيّنة في الشكل (أ) يجب اتباع الخطوات التالية:

1. حدد اتجاه دوران (مع اوعكس) عقارب الساعة.
2. التيار المار في الدارة نفسه ما لم يكن هناك تفرع.
3. البطارية تعمل على رفع الجهد بينما المقاومة تعمل على خفضه.
4. التغيُّر فيُ الجهد بين أي نقطتين يساوي المجموع الجبري للتغيُّرات في الجُهد بينهما.

ولتطبيق ما سبق على الشكل المجاور كما يلي :

1. أحدد اتجاه الدوران وليكن مع عقارب الساعة.
2. التيار المار في الدارة وليكن (I).
3. إذا تحركنا مع التيار مع عقارب الساعة كما في الشكل (ب) من النقطة (a) الى النقطة (b)، هذا الجزء يحتوي على بطارية ومقاومتها الداخلية ونلاحظ أن الجهد بين النقطتين ارتفع الى قيمة القوة الدافعة الكهربائية (ε) وانخفضت بقيمة (Ir). ولإيجاد المجموع الجبري للجهد بين هاتين النقطتين نعتبر المقاومة (r) داخل البطارية لكنها رسمت خارجها للتوضيح ويكون فرق الجهد بين (a) و (b) هو فرق الجهد على البطارية.

$$\Delta V_\varepsilon = V_b - V_a = \varepsilon - Ir$$

أستنتج أن فرق الجُهد بين طرفي البطارية يساوي القوّة الدافعة الكهربائيّة عندما يكون التيّار المارُّ في البطارية يساوي صفرًا، أو عندما تكون قيمة المقاومة الداخلية للبطارية تساوي صفرًا، وفي هذه الحالة تُسمّى بطاريةً مثاليةً.

وعند الحركة من النقطة (b) إلى النقطة (c) يبقى الجُهد ثابتا لأنّ السلك مُهمَل المُقاومة؛ أي أنّ:

$$V_c = V_b$$

أمّا عند عبور المقاومة الخارجية بالحركة من النقطة (c) للعودة الى نقطة البداية (a) ؛ فينخفض الجُهد، وبذلك فإنّ التغيُّر في الجُهد يُساوي:

$$\Delta V_R = V_a - V_c = -IR$$

أي أنّ جهد النقطة (a) أقلُّ من جهد النقطة (c).

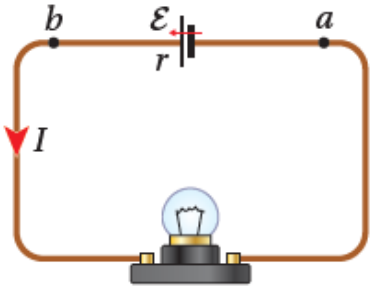
إنّ التغيُّر في الجُهد بين طرفي البطارية يُساوي سالبَ التغيُّر في الجُهد بين طرفي المقاومة الخارجية، ويُمكنُني التعبير عن ذلك رياضيًّا بالعلاقة:

$$\Delta V_\varepsilon = -\Delta V_R$$
$$\varepsilon - Ir = -(-IR)$$
$$\varepsilon = Ir + IR$$

ما تحوّلات الطاقة التي تحدث داخل البطارية في الحالتين:
أ) توليد القوّة الدافعة الكهربائيّة وبذل شُغلٍ لتحريك الشحنات خلال الدارة.
ب) استهلاكُ جزءٍ من طاقة البطارية داخلها بسبب المقاومة الداخلية لها.
أ) عند توليد القوة الدافعة الكهربائية تتحول الطاقة من كيميائية إلى كهربائية.
ب) عند استهلاك جزء من الطاقة بسبب المقاومة الداخلية لها، تتحول الطاقة من كهربائية إلى حرارية.

مثال4: كتاب

بطاريّةٌ قُوّتها الدافعة الكهربائيّة (12.0 V) ومقاومتها الداخلية (0.5 Ω) ، وُصِل قطباها مع مصباح في دارة كهربائيّة، كما في الشكل ، فكان التيار المارُّ فيها (2.4 A) أحسبُ فرق الجُهد بين قطبي البطارية $\Delta V\varepsilon = V_b - V_a$.



المعطيات : $\varepsilon = 12.0\ \text{V}, r = 0.5\ \Omega, I = 2.4\ \text{A}$
المطلوب : $\Delta V\varepsilon$= ?
الحل:

$$\Delta V_\varepsilon = V_b - V_a = \varepsilon - Ir$$
$$= 12.0 - (2.4 \times 0.5)$$
$$= 10.8\ \text{V}$$

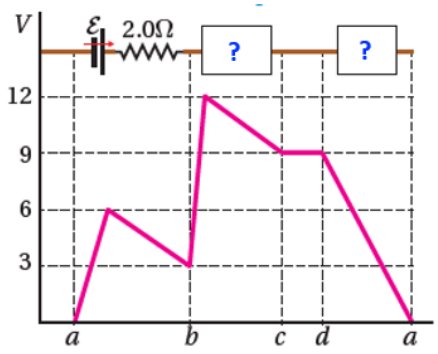
تمرين 1: كتاب
في المثال (4)؛ إذا كان التيّار المارُّ في البطارية(4.0 A) ؛ أحسبُ فرقَ الجُهد بين قطبيها ($\Delta V\varepsilon$) .

$$\Delta V_\varepsilon = V_b - V_a = \varepsilon - Ir$$
$$= 12.0 - (4.0 \times 0.5)$$
$$= 10.0\ \text{V}$$

ملاحظة: عندما ازداد التيار المار بالبطارية قل فرق الجهد بين قطبيها.

مثال5: كتاب

مُثّلتْ تغيُّرات الجُهد في دارة كهربائيّة بيانيًّا، كما في الشكل المجاور، مُعتمدًا على بيانات الشكل جدُ كلًّ من:
أ) التيار الكهربائيّ في الدارة.
ب) العنصر الموصول بين النقطتين (b) و(c) ، وقياساته.
ج) العنصر الموصول بين النقطتين (d) و(a) ، وقياساته.



المعطيات: بيانات الشكل.
المطلوب: I= ? ، العنصر(bc) ، العنصر(da).
الحل:
أ) المنحنى البياني بين النقطتين (a) و (b) يُبيّن ارتفاع الجُهد (6.0 V) ثم انخفاضه (3.0 V) ، وهذا يُفيد بأن القوّة الدافعة الكهربائيّة للبطارية (ε = 6.0 V) وانخفاض الجُهد فيها يساوي (Ir = 3.0V) .

$$I = \frac{\Delta V_r}{r} = \frac{3.0}{2.0} = 1.5\ \text{A}$$

ب) العنصرُ الموصول بين النقطتين (b) و (c) يرفع الجُهد ثم يَخفِضُه، فهو بطاريّةٌ قوّتها الدافعة الكهربائيّة ($\varepsilon = 9\ \text{V}$) وهبوط الجُهد فيها($Ir = 3.0\ \text{V}$) ، أي أن ($r = 2.0\ \Omega$) .

ج) العنصرُ الموصول بين النقطتين (d) و (a) يَخفض الجُهد بمقدار($9\ \text{V}$) ، فهو مقاومة ($IR = 9\text{V}$) ، أي أنّ:

$$\Delta V_R = IR \rightarrow R = \frac{\Delta V_R}{I} = \frac{9}{1.5} = 6.0\ \Omega$$

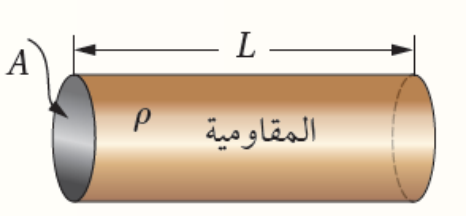
مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة :** أوضّحُ المقصود بالمقاومة الكهربائيّة لمُوصلٍ فلزّي، وأذكرُ العوامل التي تعتمد عليها مُبينًا كيف تتناسبُ المقاومة مع كلٍّ منها.

المقاومة مقياس لممانعة الموصل لسريان تيار كهربائي فيه.
تعتمد مقاومة الموصل على ثلاثة عوامل :

1. الطول فالمقاومة تتناسب طرديًا مع طول الموصل. فزيادة الطول يزيد من طول مسار الشحنات ويزيد من عدد التصادمات.
2. مساحة المقطع فالمقاومة تتناسب عكسيًا مع مساحة مقطعه. فتزيد من عدد الإلكترونات الحرة الناقلة للتيار فتقل المقاومة.
3. المقاومية فتختلف المقاومة باختلاف نوع المادة. فاختلاف نوع المادة يغير من عدد الإلكترونات الحرة الناقلة للتيار في وحدة الحجم من الموصل.

2. يبيّنُ الشكلُ المجاور موصلً فلزيًّا طولُه (L)، ومساحة مَقطعِه (A) ، أوضّح متى تتساوى مقاومة هذا الموصل مع مقاوميّة المادة المصنوع منها.



عندما يكون طول الموصل متر واحد ومساحة مقطعه تساوي متر مربع واحد، عندها تكون مقاومة الموصل مساوية للمقاومية الخاصة بمادته.

3. **أحسبُ** المقاومة الكهربائيّة في جهاز حاسوب يسري فيه تيّارٌ كهربائيٌّ ($800\ \text{mA}$) عند فرق جُهدٍ ($220\ \text{V}$).

$$\Delta V_R = IR \rightarrow R = \frac{\Delta V_R}{I} = \frac{220}{0.80} = 275\ \Omega$$

4. موصل أومي فرق الجهد بين طرفيه(V) ، ويسري فيه تيار كهربائي (I) عند درجة حرارة ($20.0°\text{C}$)، بيّن ما يحدث لكلٍّ من فرق الجهد والتيار والمقاومة إذا ارتفعت درجة حرارة الموصل إلى($50.0\ ^\circ\text{C}$) ، مفسّرًا إجابتك.

بارتفاع درجة الحرارة تزداد سعة اهتزاز ذرات الموصل، فتزداد التصادمات بين الإلكترونات وهذه الذرات وتزداد مقاومة الموصل، نتيجة لذلك يقل التيار الكهربائي فيه، أما فرق الجهد بين طرفيه فلا يتغير لأنه يعتمد على جهد المصدر فقط.

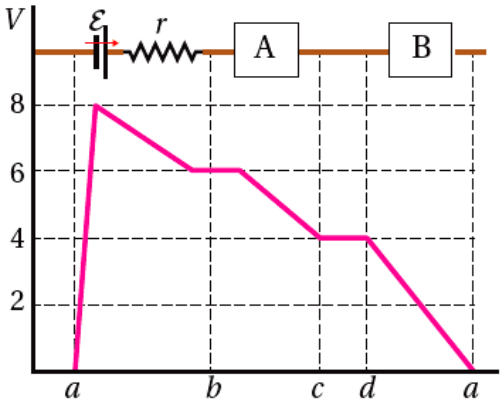
5. **أحلّل :** تتكوّن دارةٌ كهربائيةٌ من بطاريّةٍ لها مقاومةٌ داخليةٌ ومكوّناتٌ أُخرى، يمرُّ فيها تيارٌ كهربائيٌّ (1.6 A) بالاتّجاه من (a) إلى (a) مُثّلت تغيُّرات الجُهد فيها بيانيًّا، كما في الشكل المجاور .أجدُ ما يأتي:

أ . القوّة الدافعة الكهربائيّة للبطارية.

ب .المقاومة الداخلية للبطارية.

ج .أُحدّد نوع العنصر(A) ، وأجد قياساته .

د .أُحدّد نوع العنصر(B) ، وأجد قياساته.



الحل:

أ) القوة الدافعة الكهربائية للبطارية (من الشكل) تساوي (8V)

ب) المقاومة الداخلية للبطارية (r).

$$\Delta V_r = Ir \rightarrow r = \frac{\Delta V_r}{I} = \frac{(8-6)}{1.6} = 1.25\ \Omega$$

ج) العنصر(A) يمثل مقاومة لأنه نتج عن وجوده هبوط في الجهد بمقدار(2V)، ومقدار هذه المقاومة:

$$\Delta V_{RA} = IR_A \rightarrow R_A = \frac{\Delta V_{RA}}{I} = \frac{(6-4)}{1.6} = 1.25\ \Omega$$

$$\Delta V_{RB} = IR_B \rightarrow R_B = \frac{\Delta V_{RB}}{I} = \frac{(4-0)}{1.6} = 2.5\ \Omega$$

6. **أفسّر:** لماذا يتغيّرُ فرق الجُهد بين قطبي البطارية عندما يتغيّر مقدارُ التيار الكهربائيّ المارِّ فيها؟

بسبب وجود مقاومة كهربائية للمواد الكيميائية داخل البطارية، تعرف بالمقاومة الداخلية، فإنه يحدث هبوط في فرق الجهد بين قطبي البطارية، أي أن فرق الجهد يكون أقل من القوة الدافعة الكهربائية للبطارية (عندما يكون اتجاه التيار من القطب السالب الى الموجب داخل البطارية) ، وكلما زاد مقدار التيار زاد الهبوط في الجهد.

7. أوضّح العلاقة بين حركة كلٍّ من الإلكترونات والشحنات المُوجبة (الافتراضيّة) داخلَ البطارية واتجّاه التيار الكهربائي فيها.

تتحرك الإلكترونات داخل البطارية من القطب الموجب إلى القطب السالب (عكس اتجاه التيار) ، في حين أن الشحنات الموجبة (أيونات) لا تتحرك، لكن تم الاتفاق على أن الشحنات الموجبة تتحرك (افتراضيًا وليس حقيقة) من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل البطارية، مع اتجاه التيار الكهربائي.

8. **أحسب :** سخّانٌ كهربائيٌّ صغيرٌ يعمل على جهد (220 V) إذا كان سلك التسخين فيه المصنوعٌ من سبيكة النيكروم طولهُ (83 m)، ونصفُ قُطرهِ (0.3 mm) .فما مقدارُ التيار الكهربائيّ المارّ في السخان؟

الحل:

$$A= \pi r^2 = 3.14(0.3 \times 10^{-3})^{\,2} = 2.83\times10^{-7} m^2$$

$$\rho = \frac{RA}{L} \longrightarrow R= \frac{\rho L}{A} = \frac{1.5\times10^{-6} \times 83}{2.83\times10^{-7}} = 440\Omega$$

$$I= \frac{\Delta V_r}{r} = \frac{220}{440} = 0.5\ \text{A}$$

أسئلة إضافية

مثال 1: إضافي

سلكين من مادتين مختلفتين طول الأول ضعف طول الثاني ونصه قطر الأول ضعف نصف قطر الثاني ومقاومة الأول تساوي مقاومة الثاني أوجد النسبة بين المقاومة النوعية لكل منهما.

المعطيات: $L_1 = 2L_2$ ، $r_1=2r_2$ ، $R_1= R_2$

المطلوب : $\frac{\rho_1}{\rho_2} =?$

الحل:

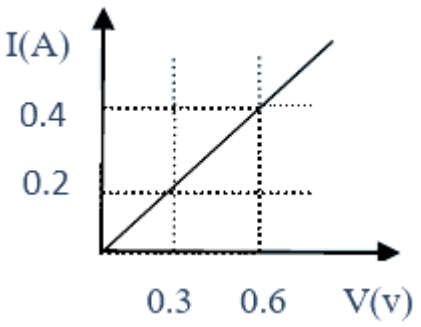
$$\rho_1 = \frac{R_1A_1}{L_1} = \frac{R(\pi(2r_2)^2)}{2L_2} = \frac{R(\pi 4r_2^2)}{2L_2} = \frac{R(\pi 2r_2^2)}{L_2} = \frac{2R(\pi r_2^2)}{L_2}$$

$$\rho_2 = \frac{R_2A_2}{L_2} = \frac{R(\pi r_2^2)}{L_2}$$

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{\frac{2R(\pi r_2^2)}{L_2}}{\frac{R(\pi r_2^2)}{L_2}} = \frac{2}{1}$$

مثال 2: إضافي (وزارة 2019)

يمثل الرسم البياني المجاور العلاقة بين التيار الكهربائي وفرق الجهد الكهربائي بين طرفي موصل معزول طوله (10 m) ، ومساحة مقطعه ($4\times10^{-3}\text{m}^2$) ذا علمت أن درجة حرارة الموصل ثابتة، احسب مقاومية مادة الموصل؟



الحل:

$$Slope = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta I}{\Delta V} = \frac{(0.4-0.2)}{(0.6-0.3)} = \frac{2}{3}$$

$$Slope = \frac{1}{R} \longrightarrow R = \frac{1}{Slope} = \frac{2}{3} = 1.5\ \Omega$$

$$\rho = \frac{RA}{L} = \frac{1.5 \times 4\times10^{-3}}{10} = 6\times10^{-4}\Omega.\text{m}$$

مثال 3: إضافي (وزارة 2019)

أربع موصلات من المادة نفسها وتختلف عن بعضها في مساحة المقطع والطول، عند توصيل كل منها بمصدر الجهد نفسه، فإن الموصل الذي يمر فيه أقل تيار تكون مساحة مقطعه وطوله (على الترتيب) :

أ. (A, L) ب. $(2A, L)$ ج. $(A, 2L)$ د. $(2A, 2L)$

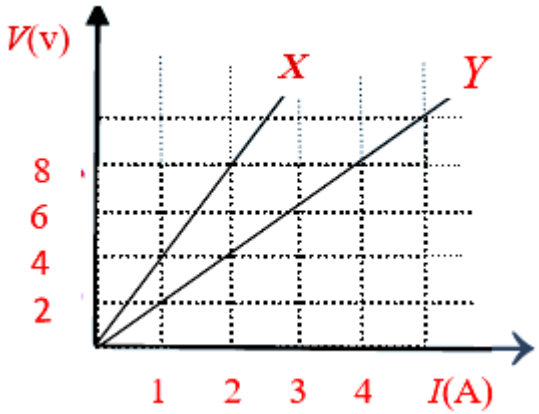
الحل:

حسب قانون أوم ($I=\frac{\Delta V_r}{r}$) ، فان اقل تيار يكون عند اعلى مقاومة . واعلى مقاومة حسب العلاقة ($R=\frac{\rho L}{A}$) وكون ρ ثابته ، يكون الجواب الصحيح ج. $(A, 2L)$

مثال 4: إضافي (وزارة 2019)

موصلان (X , Y) مختلفان في النوع، ولهما نفس الطول ومساحة المقطع تم تمثيل العلاقة البيانية بين التيار المار فيهما وفرق الجهد بين طرفيهما كما في الشكل المجاور، اعتماداً على البيانات المثبتة على الشكل أي الموصلين ذو مقاومية أقل؟ أثبت إجابتك رياضياً.

الحل:



$$Slope = \frac{\Delta V}{\Delta I}$$

$$Slope_X = R_X = \frac{8-4}{2-1} = 4\Omega$$

$$\rho_x = \frac{4A}{L}$$

$$Slope_Y = R_Y = \frac{6-4}{3-2} = 2\Omega$$

$$\rho_y = \frac{2A}{L}$$

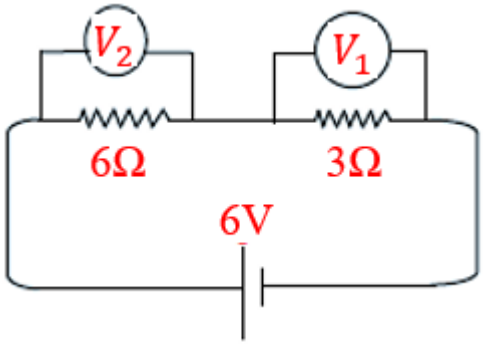
$$\rightarrow \rho_x > \rho_y$$

مثال 5: إضافي (وزارة 2019)

في الدارة المجاورة، إذا كانت البطارية مهملة المقاومة الداخلية، وكانت قراءة الفولتميتر $(V_1 = 2V)$ فإن قراءة الفولتميتر (V_2) تساوي :

أ. 1v ب. 2v ج. 4v د. 6v

الحل:



$$6 = 2 + V_2 \rightarrow V_2 = 4v$$

الجواب الصحيح: ج. 4v

مثال 6: إضافي (وزارة 2019)

دارة كهربائية بسيطة فيها بطارية قوتها الدافعة الكهربائية (ε)ومقاومتها الداخلية (r)وصّلت على التوالي مع مقاومة خارجية(R) فإن الهبوط في جهد البطارية يساوي:

أ. IR ب. $\frac{1}{2} Ir$ ج. $\varepsilon - r$ د. $\varepsilon - IR$

الحل :

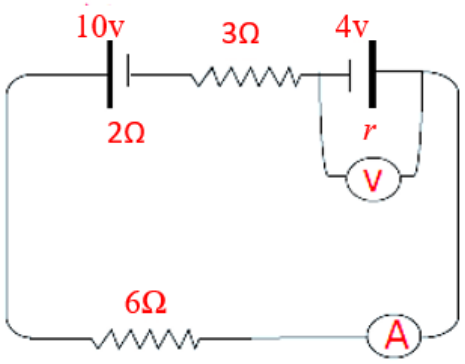
$\varepsilon = Ir + IR$

$\varepsilon - IR = Ir$

الجواب الصحيح: د. $\varepsilon - IR$ (ويمكن وضع Ir لو كانت موجودة بالخيارات)

مثال 7: إضافي (وزارة 2017)

يُبين الشكل المجاور دارة كهربائية بسيطة معتمداً على الشكل وبياناته، وإذا علمت أن قراءة الفولتميتر تساوي (4.5v)، احسب قراءة الأميتر(A)؟



الحل:

على فرض أن اتجاه التيار عكس عقارب الساعة :

$10 - 4 = I\,(3+2+6) + Ir$

$6 = I\,(11) + Ir$ .....(1)

(Voltmeter reading) $= Ir - 4$

$4.5 = Ir - 4$

$\rightarrow Ir = 0.5$ v .....(2)

بتعويض (2) في (1)

$6 = I\,(11) + 0.5$

$5.5 = I\,(11)$

$\rightarrow I = 0.5$ A

مثال 8: إضافي (وزارة 2015)

موصلان (A,B) وُصِلا مع مصدر جهد كهربائي متغيّر القيمة فكان التيار المار في كل منهما عند قيم مختلفة لفرق الجهد كما هو موضّح في الجدول المجاور،
حدد نوع الموصلين أومي أو لا أومي مع ذكر السبب.

V(v)	3	5	10
I_A(A)	0.6	1	2
$I_B(A)$	0.6	0.9	1.2

الحل:

الموصل A أومي لان حاصل قسمة $\frac{V}{I}$ ثابت .

الموصل B غير أومي لان حاصل قسمة $\frac{V}{I}$ غير ثابت.

مثال 9: إضافي (وزارة 2014)

يبيّن الجدول المجاور قيم المقاومية لثلاث مواد (A,B,C) عند درجة حرارة (20°C)، بالاعتماد على الجدول، أجب عما يأتي:

1. أي المواد يُفضل استخدامها في التوصيلات الكهربائية؟ ولماذا؟
2. ماذا يعني أن مقاومية المادة (B) تساوي (0.5Ω.m)

المادة	المقاومية (Ω.m)
A	1.6×10^{-8}
B	0.5
C	1×10^{4}

1. (A) ، لأنه كلما قلت المقاومية تقل مقاومة المادة للتيار ويقل ضياع الطاقة.

2. أن مقاومة سلك من المادة طوله (1m) ومساحة مقطعه ($1m^2$) تساوي (0.5 Ω) عند درجة حرارة (20°c).

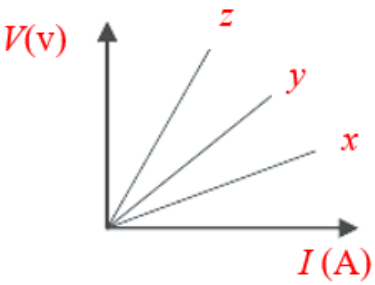
مثال 10: إضافي (وزارة 2014)

رُسمت العلاقة البيانية لثلاثة موصلات مختلفة (x,y,z) بين التيار المار فيها وفرق الجهد بين طرفيها كما في الشكل المجاور، أجب عمّا يأتي:

1-أي الموصلات مقاومتها أكبر؟ ولماذا؟

2-إذا كان للموصلات نفس الطول ومساحة المقطع، فأي الموصلات يُفضل استخدامها في التوصيلات الكهربائية؟ ولماذا؟

الحل:



1. (z)مقاومتها أكبر لان الميل أكبر.
2. (x) مقاومتها أقل أو المقاومية أقل أو الميل أقل.

مثال 11: إضافي (وزارة 2013)

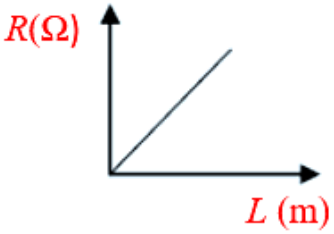
اذكر حالتين يكون فيهما فرق الجهد الكهربائي بين طرفي بطارية يساوي القوة الدافعة الكهربائية لها في دارة بسيطة؟

الحل:

1. إذا كانت المقاومة الداخلية للبطارية مهملة (صفر).
2. عدم مرور تيار في البطارية (الدارة مفتوحة) .

مثال 12: إضافي (وزارة 2013)

الشكل المرسوم يُمثل العلاقة البيانية بين مقاومة موصل (R) وطوله (L)، فإذا كانت مساحة مقطع الموصل (A) والمقاوميّة الكهربائية له (ρ) فإن ميل الخط البياني يُمثل:



أ. (R) ب. $(\frac{\rho}{A})$ ج. (ρ) د. $(\rho \times A)$

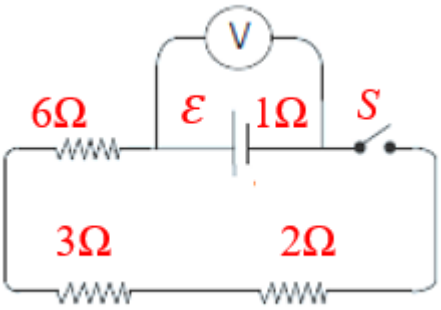
الحل:

$$Slope = \frac{R}{L} = \frac{\rho}{A}$$

مثال 13: إضافي (وزارة 2010)

في الشكل المجاور الذي يمثّل دارة كهربائية بسيطة، إذا كانت قراءة الفولتميتر (v) قبل غلق المفتاح تساوي (36V) ، واعتماداً على البيانات المبيّنة على الشكل، احسب عند غلق المفتاح (S) قراءة الفولتميتر.

الحل:



قراءة الفولتميتر قبل غلق المفتاح تساوي القوى الدافعة الكهربائية للبطارية أي أن (ε= 36v) وسينخفض الجهد عليها بعد غلق المفتاح بمقدار (Ir)

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{36}{1+6+3+2} = 3\text{A}$$

$$(\text{ voltmeter reading }) = \varepsilon - Ir$$
$$= 36 - (3\times1) = 33\text{ v}$$

مثال 14: إضافي (وزارة 2009)

عندما تؤول المقاومة الكهربائية لبعض الفلزات إلى الصفر عند درجات الحرارة المنخفضة، فإن هذه الفلزات تصبح:

أ. أشباه موصلات **ب.** فائقة العازلية **ج.** فائقة الموصلية **د.** فائقة المقاومية

الحل:

الجواب الصحيح: ج. فائقة الموصلية

الدرس الثاني:

القدرة الكهربائيّة والدارة البسيطة
Electric Power and Simple Electric Circuit

القدرة الكهربائيّة Electric Power

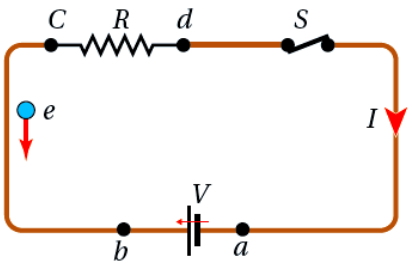
القوّة الدافعة الكهربائيّة (ε) : هي الشغل الذي تبذله البطارية في نقل وحدة الشحنات الموجبة داخل البطارية من قطبها السالب إلى قطبها الموجب . وأنّها ناتجُ قسمة الشغل الْكّلي(W) على الشحنة المنقولة (ΔQ) خلال البطارية، يُمكّنُني التعبير عنها رياضيًّا بالعلاقة التالية:

$$\varepsilon = \frac{W}{\Delta Q}$$

$$W = \varepsilon \Delta Q$$

القدرة الكهربائيّة للبطارية تُعرّف بأنها المعدل الزمنيّ للشُّغل الذي تبذلهُ البطارية في نقل وحدة الشحنات الموجبة داخل البطارية من قطبها السالب إلى قطبها الموجب .

ويمكن التعبير عنها رياضيا:



$$P_\varepsilon = \frac{W}{\Delta t} = \frac{\varepsilon \Delta Q}{\Delta t} = I\varepsilon$$

$$\Delta V = \varepsilon - Ir = IR$$
$$(\varepsilon = Ir + IR) \times I$$

$$P_\varepsilon = I\varepsilon = I^2 r + I^2 R$$

حيث أنّ ($I^2 r$)هي القدرة المُستهلكة في المقاومة الداخلية، بينما ($I^2 R$)القدرة المستهلكة في المقاومة الخارجية. ألاحظُ أنّ المعادلة السابقة تُعبّر عن مبدأ حفظ الطاقة، أي أنّ الطاقة التي تنتجُها البطارية في ثانيةٍ واحدةٍ تُساوي الطاقة المُستهلَكة في مُقاومات الدائرة المُغلقة في ثانيةٍ واحدة. وبافتراض أنّ جُهدَ القُطب السالب للبطارية يساوي صفرًا($Va = 0$) ، وجهدُ القطب الموجب($Vb = V$) ؛

فإنّ $\Delta V = V = IR$

وعندها فإنّ القُدرة المُستهلَكة في المقاومة الخارجية تُعطى بالعلاقة:

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

وحدة القدرة الكهربائية هي الواط (*watt*).

الواط : قدرةُ جهازٍ كهربائيٍّ يستهلكُ طاقةً كهربائيةً بمقدار (1 J) كُلَّ ثانية. أو هي قدرة جهازٍ يمرُّ فيه تيارٌ كهربائيّ (1 A) عندما يكون فرق الجُهد بين طرفية (1 V) .

في الشكل السابق الذي يوضح دائرة كهربائية بسيطة والفرق بين اتجاه التيار الاصطلاحي والفعلي الإلكترونات هي الشحنات التي تتحرّك فعليًّا في الدارة الكهربائيّة، وتكون حركتُها بعكس اتجاه التيار الاصطلاح (I) الذي يُعبّر عن حركة شحناتٍ افتراضيّةٍ موجبةٍ. عند حركة الإلكترونات خلال الدارة الكهربائيّة من النقطة (b) إلى النقطة (a) عبر البطارية، فإنّ البطارية تُكسبها طاقة، عندما تبذلُ عليها شغلً مصدرهُ الطاقة الكيميائيّة داخلها، إلاّ أنّ هذه الإلكترونات تفقدُ جزءًا ضئيلً من طاقتها داخل البطارية نفسِها بسبب المُقاومة الداخلية لها (r) وكذلك داخل المقاومة (R) ، فإنّ الإلكترونات تخسرُ معظم الطاقة التي اكتسبتها من البطارية، نتيجةَ تصادُمها مع بعضها بعضًا ومع ذرات المادة المصنوعة منها المقاومة، وتتحوّل الطاقة الكهربائيّة إلى طاقةٍ حركيّةٍ للذرّات تسبّبُ ارتفاع درجة حرارة المقاومة. وقد تتحول الطاقة الكهربائيّة في الأجهزة الكهربائية المختلفة إلى أشكال أخرى من الطاقة؛ مثل الحركيّة

أو الضوئيّة. تُكمل الإلكترونات حركتها من النقطة (c) مُنجذبةً إلى القطب الموجب للبطارية (b) ، وهي نقطة البداية؛ مُكملةً دورَتها في الدارة الكهربائيّة.

اذكر تحولات الطاقة التي تحدث داخل البطارية وخارجها في دائرة كهربائية بسيطة؟
طاقة كيميائية داخل البطارية تتحول الى طاقة كهربائية ثم الي طاقة (حركية وحرارية أو ضوئية)

ما هي دائرة القصر (short circuit) وكيف تحدث؟
دارة القصر Short circuit تحدث عند توصيل القطب الموجب للبطارية مع قُطبها السالب دون وجود مقاومة بينهما، فيحدث انتقالٌ لكميّةٍ كبيرةٍ من الشحنات الكهربائيّة (في زمن قليل) وتتولد حرارةٌ كافيةٌ لتسخين الأسلاك. عند حدوث دارة قصر في تمديدات الكهرباء المنزلية، تنصهر الأسلاك وتتولّد حرارةٌ كبيرةٌ قد تؤدي لاحتراق المنزل.

في الدارة الكهربائيّة المُبيّنة في الشكل السابق؛ كيف تنتقل الشحنة الموجبة الافتراضية داخل البطارية؟ ومن أين تحصل على الطاقة؟
في الدارة المبينة في الشكل تتحرك الإلكترونات الحرة في الدارة بعكس اتجاه دوران عقارب الساعة، وسريان للتيار الكهربائي باتجاه عقارب الساعة. أما الشحنة الافتراضية الموجبة فهي تتحرك في الدارة باتجاه التيار، أي مع اتجاه عقارب الساعة، وتكمل حركتها داخل البطارية من القطب السالب إلى الموجب من a إلى b وتحصل على الطاقة من الشغل الذي تبذله عليها القوة الدافعة للبطارية.

مثال 6: كتاب
زُوّدت كرةُ مولّدِ فان دي جراف بشحنةٍ مقدارُها ($3\ \mu C$). ثم فُرّغت على شكل شرارةٍ طاقتُها ($600\ mJ$) انظر الشكل المجاور، أجدُ مقدار الجُهد الكهربائيّ الذي وصلت إليه الكرة ؟

كره مولد فان دي غراف

المطلوب : V=?
الحل:

$$\varepsilon = \frac{W}{\Delta Q} = \frac{0.6}{3 \times 10^{-6}} = 2{\times}10^{5}\ V$$

استهلاك الطاقة الكهربائيّة Consumption of Electric energy

ما هي العوامل التي يعتمد عليها استهلاك الطاقة الكهربائية ؟

يعتمد استهلاك الطاقة الكهربائية على :
1. قدرة الجهاز، بوحدة (watt).
2. وزمن تشغيله، بوحدة (s).

ما العلاقة بين القدرة (p) والطاقة (E) ؟

$$P = \frac{W}{\Delta t} \ ,(\frac{\text{J}}{\text{s}} \text{ or watt})$$

$$E = P\Delta t = \frac{W}{\Delta t} \times \Delta t = \text{W, (J or kWh)}$$

أي أن **الطاقة الكهربائية** :تساوي حاصل ضرب القدرة في الزمن وتقاس بوحدة الجول (J) أو كيلو واط. ساعة (kWh)

كيلو واط. ساعة(kWh) : كميةٌ من الطاقة يمكنُها تشغيل جهازٍ كهربائيٍّ قدرتُه (1 kW) مدّةَ ساعةٍ واحدة.

$$1\text{kWh} = (10^3\text{W})\ (3600\text{s}) = 3.6\times 10^6\text{J}$$

ماذا يعني أن جهاز مكتوب عليه (100 W)؟

يعني أنّه يستهلك طاقةً كهربائيّةً مقدارُها (100 J) كلَّ ثانية تشغيل واحدة .

كم يستهلك جهاز مكتوب علية (15 W) من الطاقة في نصف ساعة و ساعة كاملة بوحدة الجول ؟

$$E_{30\ min} = P\Delta t = (15\ \frac{J}{s}) \times (30\ \text{min} \times \frac{60s}{1\text{min}}) = 27000\ \text{J}$$

$$E_{60\ min} = P\Delta t = (15\ \frac{J}{s}) \times (60\ \text{min} \times \frac{60s}{1\text{min}}) = 54000\ \text{J}$$

ويمكن حساب تكلفة الاستخدام (cost) كما يلي :

$$\text{Cost} = \text{E} \times (\text{ price})$$
$$= P\Delta t \ (\text{ price})$$

أي أن تكلفة الاستخدام تحسب بضرب تكلفة الاستخدام بوحدة الطاقة (1 kWh) في كمية الاستهلاك بوحدة(kW) .

مثال 7: كتاب
أحسب تكلفة تشغيل مُكيّفٍ قدرتُه (4000 W) مدة(8 h) ؛ إذا كان سعر وحدة الطاقة الكهربائيّة (0.12 JD/kWh) .

المعطيات : $P = 4000\ \text{W}, \Delta t = 8\ \text{h}, price = 0.12\ \text{JD/kWh}$

المطلوب : cost(التكلفة) = ?

الحلّ:

$$cost = P \times \Delta t \times price = 4 \times 8 \times 0.12 = 3.84\ \text{JD}$$

ماذا تعني الأرقام المكتوبة على بطارية هاتف كما في الشكل المجاور(2800 mAh) أو (10.36 Wh) وقوتها الدافعة الكهربائية (3.7 V)؟

يعني أن البطارية تُخزّن كميةً من الطاقة، تُمكّنها من إنشاء تيار (2800 mA) مدة ساعةٍ كاملة، أو تيار(280 mA) مدة عشر ساعات.

والقيمة (10.36 Wh) جاءت كما يلي :

$$P = IV$$
$$= \frac{2800}{1000} \times 3.7 = 10.36 \text{ Wh}$$

أيهما أفضل بطارية سيارة (12v) مكتوب عليها (70 Ah) أم (50 Ah).

كمية 70 أمبير في الساعة أفضل من 50 أمبير في الساعة.

تُزوّد السيارة الكهربائيّة بالطاقة بواسطة شاحنٍ منزليّ، كما تتوافر أجهزة شحنٍ في الأماكن العامة، كما في الشكل وحيث أن القدرة الكهربائيّة لبطاريّة السيارة كبيرة، فهي تحتاج كميةً كبيرةً من الطاقة الكهربائيّة، وعند استخدام شاحن قدرته اقل يزداد الزمن اللازم للوصول الى الشحن الكامل وهذا أفضل لتقليل التيار المسحوب في وحدة الزمن وتقليل خطر الناتج من سخونة الأسلاك.

هل استخدام شاحن ذو قدرة عالية في الشحن أوفر من استخدام شاحن ذو قدرة اقل؟
مجموع الطاقة المستهلكة في الحالتين واحدة، وحاصل ضرب قدرة الشاحن في الزمن مقدار ثابت ولذلك تكلفة الاستخدام في الحالتين واحدة.

مثال 8: كتاب
يتّصلُ مصباح الضوء الأماميّ في السيارة مع مصدر جُهدٍ(12 V) ؛ فيسري فيه تيارٌ كهربائيٌّ مقدارهُ (10 A) ما القدرة الكهربائيّة المستهلكة في هذا المصباح؟ وما مقاومته الكهربائيّة؟
المعطيات : $I = 10$ A , $V = 12$ V
المطلوب: P= ? , R = ?
الحل:

$$P = IV = 10 \times 12 = 120 \text{ W}$$

$$I = \frac{V}{R} \rightarrow R = \frac{V}{I} = \frac{12}{10} = 1.2\ \Omega$$

مثال 9: كتاب
سيارةٌ كهربائيّةٌ تُخزّن بطاريّتها طاقةً كهربائيّة مقدارها(24 kWh) ، وُصلت بشاحنٍ يزودها بتيار (16 A) عند فرق جُهد (220 V) أجد:
أ . القدرةَ الكهربائيّة للشاحن.
ب. المُدّةَ الزمنية لشحن البطارية بشكلٍ كامل.
ج. تكلفةَ (*cost*) شحن السيارة بشكلٍ كامل؛ إذا كان سعر (*price*) وحدة (kwh) هو (0.12 JD).
د. إذا استخدم شاحنٍ يزودها بتيار (8A) عند فرق جُهد (220 V) احسب مدة الشحن والتكلفة؟

المعطيات : $E = 24$ kWh, $I = 16$ A, $V=220$ V
المطلوب : $P =$ **?** , $cost =$?, $t =$?
الحل:
أ . القدرة الكهربائيّة للشاحن:

$$P_{charger} = IV = 16 \times 220 = 3520 \text{ W} = 3.52 \text{ Kw}$$

ب. زمن الشحن بالساعات:

$$E = Pt \rightarrow t = \frac{E}{P} = \frac{24}{3.52} = 6.81\text{h}$$

ج. تكلفة الشحن بشكل كامل:

$$cost = E \times price = 24 \text{ kWh} \times 0.12 \text{ JD/kWh}$$
$$cost = 2.88 \text{ JD}$$

د. عند استخدام شاحن (8A):

$$P_{charger} = IV = 8 \times 220 = 3520 \text{ W} = 1.76 \text{ kW}$$
$$E = Pt \rightarrow t = \frac{E}{P} = \frac{24}{1.76} = 13.63 \text{ h}$$

$$cost = E \times price = 24 \text{ kWh} \times 0.12 \text{ JD/kWh}$$
$$cost = 2.88 \text{ JD}$$

ملاحظة: عندما انخفضت قدرة الشاحن الى النصف ازداد الزمن اللازم للشحن الكامل الى الضعف وبقيت التكلفة نفسها.

تمرين 2: كتاب
أحسب القدرة التي يستهلكها موقدٌ كهربائيٌّ مقاومة سلك التسخين فيه (20 Ω) ، ويعمل على فرق جُهد(240 V) ؟
الحل :

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(240)^2}{20} = 2880 \text{ W}$$

كيف يتم تخزين الطاقة الناتجة من الخلايا الشمسية في المنازل والمصانع ؟

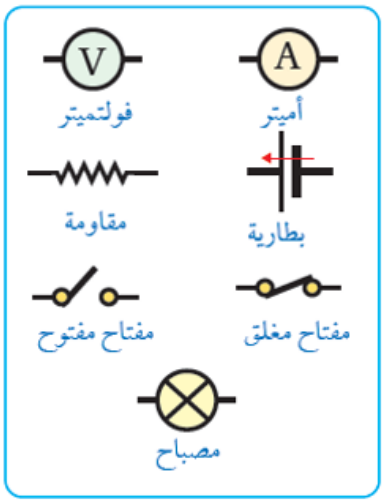
نظرًا لارتفاع تكلفة فاتورة الطاقة، أصبح من الضروري التوجه إلى مصادر الطاقة المتجدّدة، وعلى رأسها الطاقة الشمسية. تستخدم ألواحٌ تحتوي على عدد كبير من الخلايا الشمسية التي تحول طاقة ضوء الشمس إلى طاقة كهربائيّة يجري استهلاكها في المنزل أو المصنع، ويُنقل الفائض منها إلى الشبكة الوطنية للكهرباء، بدلاً من استخدام البطاريات مرتفعة الثمن لتخزينها.

الدارة الكهربائيّة البسيطة Simple Electric Circuit

مكوّناتُ الدارة الكهربائيّة البسيطة Simple Circuit Components

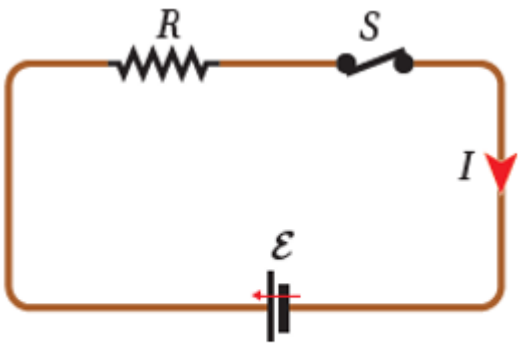
تتكوّن الدارةُ الكهربائيةُ في أبسط أشكالها من مسارٍ مُغلقٍ (عروة) يسري فيه التيار الكهربائيّ، وعادةً تحتوي بطاريةً، ومقاومةً، ومفتاحًا، وأسلاك توصيل، وإذا فُتح المفتاح في الدارة يتوقف سرَيان التيار الكهربائيّ فيها.

تُستعمل مجموعة من الرموز - تعرفت بعضها- لتمثيل مكونات الدارة الكهربائيّة، يبينها الشكل المجاور وقد تستخدم ضمن مكونات الدارة الكهربائيّة البسيطة أجهزة قياس؛ مثل الأميتر والفولتميتر إذا اقتضت الحاجة لذلك.



بعض رموز عناصر الدارة الكهربائيّة البسيطة.

معادلة الدارة البسيطة Simple Circuit Equation



دارةٌ كهربائية بسيطة
تحتوي بطاريّة، ومقاومة، ومُفتاحًا

دارةٌ كهربائيةٌ بسيطةٌ تتكون من بطاريّةٍ قوتُها الدافعة الكهربائيّة (ε) ، ومقاومة(R) ومفتاح (S) ، كما يبيّن الشكل.

بتطبيق قانون حفظ الطاقة؛ أجد أنّ:

مجموعُ القدرة الكهربائيّة المُنتجة في البطارية والقدرة الكهربائيّة المستهلكة في المقاومتين؛ الخارجية (R) والداخلية للبطارية (r) يساوي صفرًا، أي أنّ:

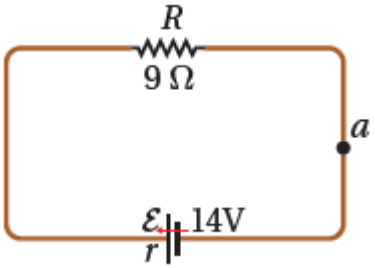
$$\Sigma P = 0 \rightarrow I\varepsilon - (I^2R + I^2r) = 0$$

بقسمة المعادلة على (I) ، نحصل على معادلة الدارة الكهربائيّة البسيطة:

$$\varepsilon - (IR + Ir) = 0$$

مثال 10: كتاب

تتكوّن دارةٌ كهربائيّةٌ بسيطةٌ من بطاريّةٍ ومقاومةٍ خارجية، مُبيّنةٌ قيمُها في الشكل المجاور، إذا كانت المقاومة الداخلية للبطارية تساوي(1 Ω) ، أحسبُ قيمة التيار في الدارة، وأُحدّد اتّجاهه.



المعطيات :

$$\varepsilon = 14\ \text{V}, R = 9\ \Omega, r = 1\ \Omega$$

المطلوب :

$$I = ?$$

الحل:

أختارُ نقطة مثل(a) ؛ وأبدأ بالحركة منها لأكمل الدورة، وأفترض اتّجاهًا للتيار في الدارة، وليكن اتّجاه التيار المُفترض واتّجاه الحركة مع اتّجاه حركة عقارب الساعة، ثم أطبّق معادلة الدارة البسيطة:

$$\varepsilon - (IR + Ir) = 0$$
$$14 - I(9+1) = 0$$
$$14 = I\,(10)$$
$$I = \frac{14}{10} = 1.4\ \text{A}$$

الإشارة الموجبة للتيار تعني أنّه بالاتّجاه المُفترض؛ أي مع اتّجاه حركة عقارب الساعة.

أفسّرُ معادلة الدارة الكهربائيّة البسيطة اعتمادًا على مبدأ حفظ الطاقة.

بتطبيق قانون حفظ الطاقة على الدارة الكهربائية البسيطة، يكون مجموع الطاقة المنتجة في البطارية يساوي الطاقة المستهلكة في مقاومات الدارة، أي أن كمية الطاقة محفوظة.

مراجعة الدرس

1. **الفكرة الرئيسة:** أوضّح المقصودَ بالقُدرة الكهربائيّة، ووحدةَ قياسِها.

القدرة الكهربائية: المعدل الزمني للشغل المبذول، وتقاس بوحدة الواط (watt) .

الواط: قدرة جهاز كهربائي يستهلك طاقة كهربائية بمقدار (1J) كل ثانية.

2. موصلان (A) و (B) متساويان في الطول ومساحة المقطع، وُصِل كلٌّ منهما مع مصدر الجُهد الكهربائيّ نفسه، إذا كانت مقاوميّة مادة الموصل (A) مثلَيْ مقاوميّة مادة الموصل (B) ؛ فما نسبة القدرة التي يستهلكها أحدهما إلى قدرة الآخر؟

الحل:

بما أن الموصلين متماثلين في أبعادهما، فإن نسبة مقاومتيهما ستكون بنفس نسبة المقاومية بينهما.أي أن $R_A = 2R_B$ كما يلي :

$$\rho_A = \frac{R_A A}{L} = \frac{2R_B A}{L} \longrightarrow R_A = 2R_B$$

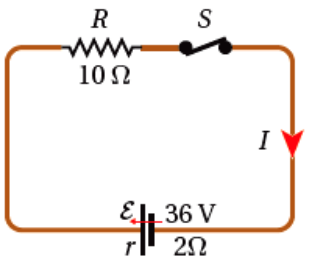
$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P_A = \frac{V^2}{R_A} = \frac{V^2}{2R_B}$$

$$P_B = \frac{V^2}{R_B}$$

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{\frac{V^2}{2R_B}}{\frac{V^2}{R_B}} = 2 \longrightarrow P_A = \frac{1}{2} P_B$$

3. **أستخدم المُتغيّرات:** في الدارة الكهربائيّة المُبيّنة في الشكل المجاور؛ أُغلقَ المفتاح (s) مدة (5 min) إذا كان التيار (3 A) ؛ أحسب ما يأتي:



أ . الطاقة الكهربائيّة التي تنتجُها البطارية (الشغل الذي تبذله) .

ب. الطاقة الكهربائيّة التي تستهلكها كلُّ مقاومة .

ج. نوع تحوّلات الطاقة في البطارية وفي المقاومات.

الحل :

أ.الطاقة التي تنتجها البطارية تساوي حاصل ضرب القدرة في الزمن:

$$E_\varepsilon = P_\varepsilon \Delta t = I\varepsilon\Delta t = 3\times36\times5\text{min}\times\frac{60s}{1min} = 32400\ \text{J}$$

ب. الطاقة الكهربائيّة التي تستهلكها كلُّ مقاومة:

$$E_r = P_r\Delta t = I^2 r\Delta t = 9\times2\times5\ \text{min}\times\frac{60s}{1\text{min}} = 5400\ \text{J}$$

$$E_R = P_R\Delta t = I^2 R\Delta t = 9\times10\times5\ \text{min}\times\frac{60s}{1\text{min}} = 27000\ \text{J}$$

ج .تتحول الطاقة في البطارية من كيميائية إلى كهربائية، وفي المقاومات تتحول من كهربائية إلى حرارية.

4. يتسبّبُ فرق في الجُهد بين غيمةٍ وسطح الأرض مقداره (1.5×10^{10} V) في حدوث البرق؛ فينشأ تيّارٌ كهربائيٌّ مقدارهُ(30 kA) ، يستمر مدّة (30 μs) لتفريغ الشحنة في الأرض. ما مقدار الطاقة الكهربائيّة المنقولة خلال هذا التفريغ؟

الحل:

الطاقة المنقولة خلال ظاهرة البرق:

$$E = P\Delta t = IV\Delta t$$
$$E = 3\times10^{4}\times1.5\times10^{10}\times30\times10^{-6} = 1.35\times10^{10}\ \text{J}$$

5. **أستخدم المتغيرات:** وُصلت سيارة أطفال كهربائيّة مع شاحن كهربائيّ فرقُ جهدِهِ (12 V) وقدرته (120 W) حتى اكتملت عملية الشحن. إذا علمت أن مقدار الطاقة الكهربائيّة التي انتقلت إلى البطارية (2.4 kWh) ؛ أحسبُ:

أ . المدّةَ الزمنيّة لاكتمال عملية الشحن.

ب. التيار المارَّ بين الشاحن وبطارية السيارة.

ج. هل يمكن شحن السيارة باستخدام شاحنٍ فرقُ جُهدِهِ (12 V) ، والتيار الذي يُنتِجه (1 A) ؟

الحل:

أ . المدّةَ الزمنيّة لاكتمال عملية الشحن:

$$E = Pt \rightarrow t = \frac{E}{P} = \frac{2.4\times10^{3}\text{Wh}}{120\text{W}} = 20\ \text{h}$$

ب. التيار المارَّ بين الشاحن وبطارية السيارة:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{120}{12} = 10\text{A}$$

ج. نعم من الممكن ذلك، لكن الأمر يستغرق مدة زمنية طويلة تحسب كما يلي:

$$P = IV = 1\times12 = 12\ \text{W}$$
$$t = \frac{E}{P} = \frac{2.4\times10^{3}\text{Wh}}{12\text{W}} = 200\ \text{h}$$

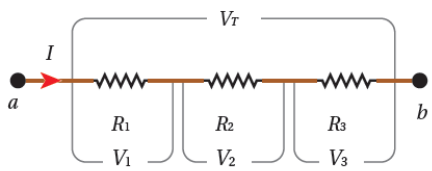
الدرس الثالث:

توصيُل المقاومات وقاعدتا كيرشوف
Combining Resistors and Kirchhoff's Rules

يُستخدم قانون أوم لتحليل الدارات الكهربائيّة البسيطة التي تتكون من عُروةٍ واحدة، وإن احتوت تفرُّعاتٍ تشتمل على مقاومات، نستخدم قواعد جمع المقاومات لدراستها، وفي حال احتوت التفرُّعات على بطارياتٍ ومقاومات، نستخدم قاعدتي كيرشوف إضافةً إلى ما سبق.

توصيل المقاومات Combining Resistors

المقاومات على التوالي Resistors in Series



يبيّنُ الشكل المجاور جزءًا من دارةٍ كهربائيّةٍ تتّصل فيه ثلاثُ مقاوماتٍ على التوالي؛ يمرُّ فيها التيار الكهربائيّ (I) نفسُه، وبذلك يكون فرق الجُهد بين طرفي كلِّ مقاومةٍ مساويًا لحاصل ضرب المقاومة في التيار.

$$V_1 = IR_1, \quad V_2 = IR_2, \quad V_3 = IR_3$$

فرق الجُهد الكُلّي بين النقطتين (a,b) يساوي:

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_T = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I\,(R_1 + R_2 + R_3)$$

عند مقارنة هذه المقاومات مع مقاومةٍ وحيدةٍ مكافئةٍ (R_{eq}) بينَ طرفيها فرق الجُهد نفسه(V_T) ، ويمر فيها التيار نفسه(I) ، وتحقق العلاقة:

$$(V_T = IR_{eq})$$

نجدُ أن:

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

يُستخدم التوصيلُ بهذه الطريقة للحصول على مقاومةٍ كبيرةٍ من عددٍ من المقاومات الصغيرة؛ فتكون المقاومة المكافئة أكبر من أيٍّ منها، ومن خصائص هذا التوصيل تجزئةُ الجُهد بين المقاومات، إلّا أنّه عند حدوثِ قَطْعٍ في احدى المقاومات يتوقّفُ التيار في المقاومات جميعها.

أذكر خصائص توصيل المقاومات على التوالي، وأذكرُ عيبَ هذه الطريقة في التوصيل.

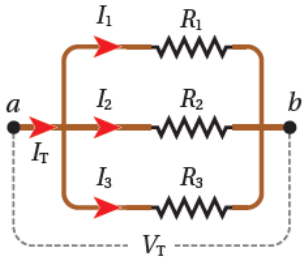
الخصائص :

1. المقاومة الجديدة الناتجة تكون قيمتها أكبر من أكبر مقاومة موجودة.
2. التيار المار في الدائرة نفسه فلا يتجزأ .
3. الجهد يتجزأ على جميع المقاومات.

العيوب:

عند حدوث قطع في مقاومة يتوقف التيار في المقاومات جميعها.

المقاومات على التوازي Resistors in Parallel



يبيّن الشكلُ المجاور جزءًا من دارةٍ كهربائيةٍ تتّصل فيه ثلاثُ مقاوماتٍ على التوازي، بعد مرور التيار الكهربائيّ (I) بالنقطة (a) ، فإنّ الشحنة تتوزّع على المقاومات الثلاث؛ فيمرُّ تيارٌ جزئيٌّ في كلّ مقاومةٍ لتلتقي مرّةً أخرى وتُشكّل التيار الكلي (I) الذي يمر بالنقطة (b) .

لتحقيق مبدأ حفظ الشحنة يجب أن تتحقّق العلاقة الآتية:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

أمّا فرقُ الجُهد بين النقطتين(a,b) ؛ فإنّه يساوي مقدارًا واحدًا مهما كان المسار الذي تتّبعهُ الشحنات بينهما. أي أنّ:

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$

بتعويض التيار بدلالة فرق الجُهد أحصل على العلاقة:

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

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

عند استخدام مقاومة واحدة بين النقطتين (a,b) يسري فيها التيار الكلي(I) ، وفرق الجهد بين طرفيها (V_T)، فإنها تكافئ المقاومات الثلاث .تستخدم طريقةُ توصيل المقاوماتِ على التوازي عند الحاجة إلى مقاومة صغيرة، لأنّ المقاومة المكافئة تكون أصغرُ من أيّ مقاومةٍ في المجموعة، ومن خصائص هذه الطريقة حصولنا على فرقِ جُهدٍ كُليٍّ في فروع التوصيل جميعها وتجزئة التيار، وعند حدوث قطعٍ في أي فرع؛ فإنّ الفروع الأخرى لن تتأثر، لذلك؛ فإن توصيل الأجهزة المنزلية والمصابيح في المنزل وفي الطرقات يكون على التوازي.

أذكر خصائص توصيل المقاومات على التوازي، وأذكرُ عيبَ هذه الطريقة في التوصيل.

الخصائص :

1. المقاومة الجديدة الناتجة تكون قيمتها أصغر من أصغر مقاومة موجودة.
2. التيار المار في الدائرة يتجزأ.
3. الجهد على المقاومات نفسه فلا يتجزأ.
4. عند حدوث قطع في مقاومة لايتوقف التيار في المقاومات جميعها.

عندما يكون لديّ مصباحين كهربائيّين متماثلين موصولين على التوازي مع بطارية. إذا فصلتُ أحد المصباحين عن البطارية، أوضّحُ ما يحدث لإضاءة المصباح الثاني، مبينًا السبب.

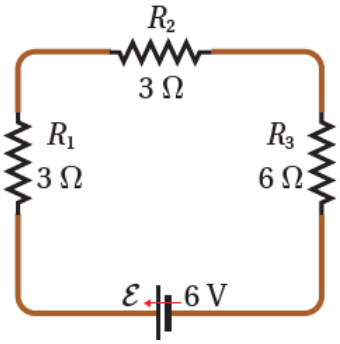
لا تتغير إضاءة المصباح الثاني، لأن مقدار التيار الذي يسري فيه بوجود المصباح الأول وبعد فصله لا يتغير. لأنه عندما تتساوى المقاومتين، تكون المقاومة المكافئة لهما تساوي نصف إحداهما، يكون التيار الكلي في حالة مصباحين يساوي ضعفي التيار الكلي في حالة مصباح واحد.

مثال 11: كتاب

دارةٌ كهربائيةٌ بسيطةٌ يبيّنُها الشكل المجاور، المقاومة الداخلية للبطارية مهملة، أحسب كل من:

أ .المقاومة المكافئة للمقاومات الثلاث.

ب.التيار الكلي الذي يسري في الدارة.



المعطيات : $R_1 = 3\ \Omega, R_2 = 3\ \Omega, R_3 = 6\ \Omega, \varepsilon = 6\ \text{V}$

المطلوب :

$R_{eq} = ?\ ,\ I = ?$

الحل:

أ . المقاوماتُ موصولةٌ على التوالي، لذلك أستخدم العلاقة الآتية:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$
$$= 3+3+6 = 12\ \Omega$$

ب. التيار في الدارة:

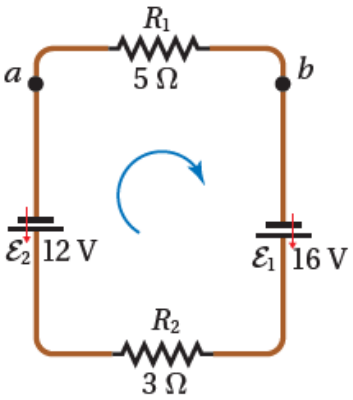
$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{6}{12} = 0.5\ \text{A}$$

مثال 12: كتاب

معتمدًا على البيانات المُثبّتة في الشكل ، وبإهمال المقاومة الداخلية لكلتا البطاريتين؛ أجد كُلًّ من:

أ . قيمة تيار الدارة وأُحدّد اتّجاهه.

ب. فرق الجُهد بين النقطتين (a) و (b) أي $(V_b - V_a)$.



المعطيات : $R_1 = 5\ \Omega, R_2 = 3\ \Omega, \varepsilon_1 = 16\ \text{V}\ ,\ \varepsilon_2 = 12\ \text{V}$

المطلوب: $I = ?, V_b - V_a = ?$

الحل:

أ. أختارُ نقطةً مثل(a) ، وأبدأ الحركة منها لأكمل الدورة، وأفترض اتّجاهًا للتيارفي الدارة، وليكُن اتّجاه التيار المُفترض واتّجاه الحركة مع اتجاه عقارب الساعة، ثم أُطبّق معادلة الدارة:

$$\Sigma\varepsilon - \Sigma IR - \Sigma Ir = 0$$
$$(\varepsilon_1 - \varepsilon_2) - IR_1 - IR_2 = 0$$
$$16 - 12 - I(5) - I(3) = 0$$
$$4 - I\,(8) = 0 \rightarrow I = \frac{4}{8} = 0.5\text{A}$$

الإشارة الموجبة للتيار تعني أنه في الاتّجاه المفترض نفسه؛ أي مع اتجاه عقارب الساعة.

ب. لحساب فرق الجُهد$(V_b - V_a)$ ؛ يمكنني أن أبدأ الحركة من النقطة (a) إلى النقطة (b) عبر المقاومة في اتجاه دوران عقارب الساعة:

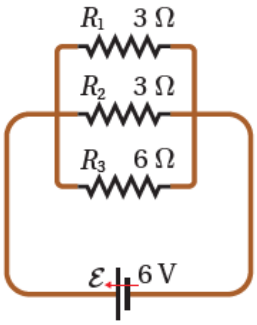
$$V_a + \Delta V = V_b$$
$$V_b - V_a = -IR1$$
$$V_b - V_a = -0.5 \times 5 = -2.5\ \text{V}$$

مثال 13: كتاب

دارةٌ كهربائيةٌ بسيطةٌ يبيّنُها الشكل المجاور، المقاومة الداخلية للبطارية مُهملةٌ، أحسب كلاً من:

أ .المقاومة المكافئة للمقاومات الثلاث.

ب.التيار الكلي المارّ في الدارة.



المعطيات : $R_1 = 3\Omega\,,\ R_2 = 3\Omega\,, R_3 = 6\Omega\,,\ \varepsilon = 6V$

المطلوب : $I = ?, R_{eq} = ?$

الحل:

أ. المقاوماتُ موصولةٌ على التوازي؛ لذلك أستخدم العلاقة الآتية:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{2+2+1}{6}$$

$$R_{eq} = 1.2\ \Omega$$

ملاحظة: أنّ مقدارَ المقاومة المُكافئة أقلُّ من أصغر المقاومات المُتّصلة.

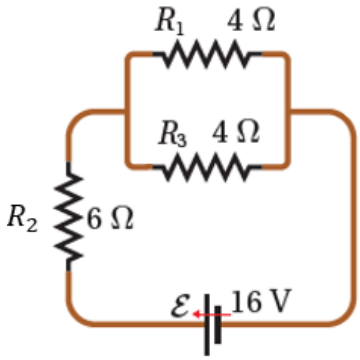
ب. التيّار الكلّي في الدارة:

$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{6}{1.2} = 5\text{A}$$

عند المقارنة بين نتيجة الحلّ في المثالين (13 و 11)؛ ألاحظُ الاختلافَ في قيمة المقاومة المكافئة للمقاومات الثلاث باختلاف طريقة توصيلها. وكذلك الاختلافَ في قيمة التيار الكلي المارّ في كلٍّ من الدارتين.

مثال 14: كتاب

دارةٌ كهربائيّةٌ بسيطةٌ يبيّنُها الشكل المجاور، المقاومةُ الداخلية للبطارية مُهمَلة، أحسب كلَّ من:
أ .المقاومة المكافئة للمقاومات الثلاث.
ب.التيار الكلي المارُّ في الدارة.

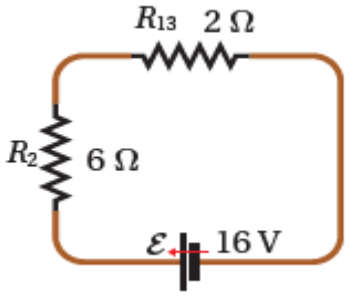


المُعطيات: $R_1 = 4\ \Omega, R_2 = 6\ \Omega, R_3 = 4\ \Omega, \varepsilon = 16\ \text{V}$
المطلوب: $I = ?\ R_{eq} = ?$
الحل:
أ. ألاحظ أن المقاومتين (R_1, R_3) موصولتان على التوازي،
أجدُ المقاومة المكافئة لهما، والتي سأرمز لها بالرمز (R_{13}) كما يلي:

$$\frac{1}{R_{13}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{2}{4}$$

$$R_{13} = \frac{4}{2} = 2\Omega$$

يمكن إعادة رسم الدارة مرّةً ثانيةً كما في الشكل المجاور الذي ألاحظُ فيه أنَّ المقاومتين (R_2, R_{13}) موصولتان على التوالي.

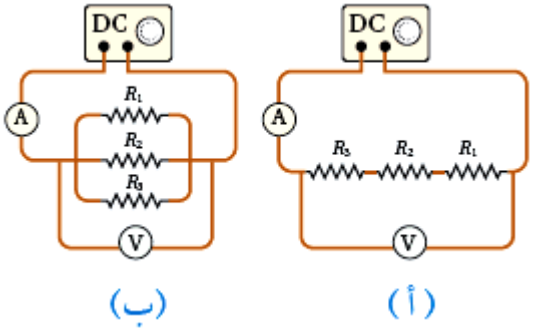


$$R_{eq} = R_2 + R_{13} = 6 + 2 = 8\ \Omega$$

ب. التيار الكلي في الدارة:

$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{16}{8} = 2\text{A}$$

تجربة 2: استقصاءُ قاعدتي توصيل المقاومات: توالي، توازي
في الشكل المجاور طريقة توصيل المقاومات على التوالي (أ)
وعلى التوازي (ب)



التحليل والاستنتاج:
1.**أقارنُ** بين مقدار المقاومة المكافئة للمقاومات الثلاث التي توصّلتُ إليها تجريبيًّا مع القيمة المحسوبة باستخدام العلاقة الرياضية، لكلٍّ من طريقتي التوصيل؛ التوالي والتوازي.
ربما تظهر بعض الاختلافات بين القيمة المحسوبة والقيمة التجريبية بسبب وجود أخطاء القياس.

2.**أستنتجُ:** أتحقّقُ عمليًّا من قاعدتي جمع المقاومات على التوالي وعلى التوازي.
يكون التحقق العملي عن طريق الوصول بالتجربة والقياس إلى قيمة قريبة جدًا من القيمة المحسوبة.

3.ما العلاقة بين الجُهد الكلي (جهد المصدر) والجُهد الفرعي لكلِّ مقاومةٍ في طريقتي التوصيل؟
في طريقة التوصيل على التوالي يكون فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة هو جزء من الجهد الكلي، ومجموع هذه الجهود الفرعية يساوي الجهد الكلي.
في طريقة التوصيل على التوازي، يكون فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة يساوي الجهد الكلي.

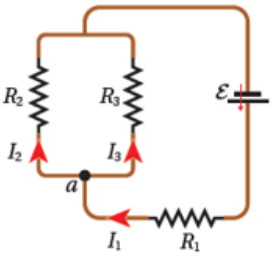
4.ما العلاقة بين التيار الكلي والتيار الفرعي لكلِّ مقاومةٍ في طريقتي التوصيل؟
في طريقة التوصيل على التوالي يكون التيار متساويًا في المقاومات جميعها ويساوي التيار الكلي.
في طريقة التوصيل على التوازي ، يكون لكل مقاومة تيار فرعي يتناسب مع قيمتها، ومجموع هذه التيارات الفرعية يساوي التيار الكلي.

قاعدتا كيرشوف Kirchhoff's Rules

درستُ العلاقةَ بين فرق الجُهد والتيار في دارةٍ كهربائيّةٍ بسيطة، واستخدمتُ قواعد حساب المقاومة المكافئة لتحويل الدارة التي تحتوي على تفرُّعات إلى عُروةٍ واحدة. لكن توجدُ داراتٌ كهربائيّةٌ لا يمكنُ تبسيطُها بتحويلها إلى عُروةٍ واحدة .لتحليل هذه الدارات؛ سوف أستخدم قاعدتين وضعهما العالم غوستاف كيرشوف، إضافةً إلى القواعد السابقة.

ما الفرق بين الدارة الكهربائية البسيطة والمركبة؟
تتكون الدارة الكهربائيّة البسيطة من عروةٍ واحدة، وقد تحتوي على تفرُّعات للمقاومات فقط؛ أما إذا وُجدت في التفرُّعات بطارياتٌ، فإنّ الدارة تصبحُ مركّبة، وعندها نستخدم قاعدتا كيرشوف لتحليلها.

قاعدة كيرشوف الأولى Kirchhoff's First Rule



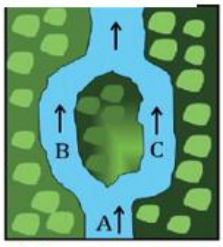
(أ) تفرع التيار الكهربائي

قاعدة كيرشوف الأولى أن «المجموع الجبري للتيارات عند أي نقطة تفرع في دارة كهربائيّة يساوي صفرًا»

$$\Sigma I = 0 \rightarrow \Sigma I_{in} = \Sigma I_{out}$$
$$I_1 = I_2 + I_3$$

تُسمّى أيضًا **قاعدة الوصلة Junction rule** وهي تمثّلُ إحدى صور مبدأ حفظ الشحنة؛ فكميّة الشحنة الداخلة باتّجاه نقطةٍ في دارةٍ كهربائيّة، تُساوي كميّة الشحنة المغادرة لها، ولا يمكن أن تتراكم الشحنة عند تلك النقطة، كما في الشكل (أ).

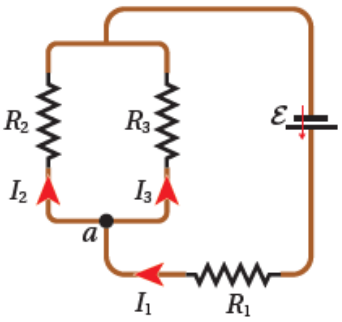
يمكن تشبيه مبدأ حفظ الشحنة بمجرى نهر كما في الشكل (ب) فمجرى النهر الأصلي تفرع الى جزئين ، ثم التقيا بعد التفرع في نقطة واحدة.



(ب)قاعدة كيرشوف الأولى ومقارنتها بتفرع النهر

وضح العلاقة بين قاعدة كيرشوف الأولى ومبدأ حفظ الشحنة.
قاعدة كيرشوف الأولى هي تطبيق لمبدأ حفظ الشحنة، فالتيار هو المعدل الزمني لمرور الشحنة في موصل، وعند تطبيق قاعدة كيرشوف الأولى على نقطة تفرع لمدّة زمنية محددة؛ فإن كمية الشحنة التي تعبر نحو هذه النقطة تساوي كمية الشحنة التي تخرج منها .

مثال 15: كتاب



في الشكل المجاور، إذا كان التيار الأول(6.0 A) والتيار الثاني (3.5 A) أجدُ مقدار التيار المارّ في المقاومة (R_3).

المعطيات:

$I_1 = 6.0$ A, $I_2 = 3.5$ A

المطلوب :

$I_3 = ?$

الحلّ:

بتطبيق قاعدة كيرشوف الأولى على نقطة التفرع (a) .

$$I_1 = I_2 + I_3 \rightarrow I_3 = I_1 - I_2 = 6.0 - 3.5 = 2.5 \text{ A}$$

قاعدة كيرشوف الثانية Kirchhoff's Second Rule

وتنصُّ **قاعدة كيرشوف الثانية** أنّ: «المجموع الجبري لتغيرات الجُهد عبر مكونات مسارٍ مُغلقٍ في دارةٍ كهربائيّةٍ يُساوي صفرًا»

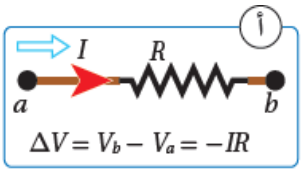
ويمكن التعبير عنها رياضيا كما يلي :

$$\Sigma \Delta V = 0$$

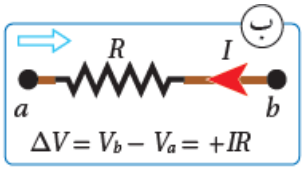
1. تقلُّ طاقة الوضع الكهربائيّة للشحنة الافتراضية الموجبة عند انتقالها من جهدٍ مُرتفعٍ إلى جُهدٍ منخفضٍ خلال المقاومات.
2. تزداد طاقة الوضع الكهربائيّة للشحنة الموجبة عند عبورها البطارية من قطبها السالب الى قطبها الموجب، أي باتّجاه القوّة الدافعة الكهربائيّة.
3. القوّة الكهربائيّة قوّة محافظة؛ لذلك فإنّ طاقة نظام (الشحنة-الدارة) تكون محفوظةً عند حركة الشحنة من نقطة محدّدة والعودة إليها، أي أنّ التغيّر في طاقة الوضع الكهربائية يساوي صفرًا، ويُعطى بالعلاقة:

$$\Delta PE = \Sigma \Delta V$$

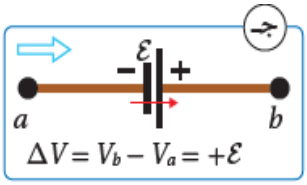
نظام الإشارات في مسائل كيرشوف وتحديد زيادة الجُهد أو نقصانه عند عبور مقاومةٍ أو بطاريّةٍ من اليسار إلى اليمين:



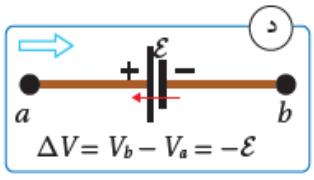
أ . عند عبور المقاومة (R) من النقطة (a) إلى النقطة (b) باتّجاه التيار، فهذا يعني الانتقال من جُهدٍ مرتفعٍ عند بداية المقاومة إلى جُهدٍ منخفض عند نهايتها؛ لذلك يقلّ الجُهد ($\Delta V = -IR$) ، كما في الشكل (أ)المجاور .



ب . عند عبور المقاومة باتّجاهٍ مُعاكسٍ للتيار؛ فهذا يعني الانتقال من جُهدٍ منخفضٍ إلى جُهدٍ مرتفع؛ لذلك يزداد الجُهد ($\Delta V = +IR$) كما في الشكل (ب) المجاور.



ج . عند عبور بطاريّة من قُطبها السالب إلى قُطبها الموجب (مع اتّجاه قوّتها الدافعة الكهربائيّة)؛ فهذا يعني الانتقال من جُهدٍ منخفض إلى جُهدٍ مرتفع، لذلك يزداد الجُهد ($\Delta V = +\varepsilon$) كما في الشكل (ج) المجاور .



د . عند عبور بطاريّة من قُطبها الموجب إلى قُطبها السالب (عكس اتجاه قوتها الدافعة الكهربائيّة)؛ فهذا يعني الانتقال من جُهدٍ مُرتفعٍ إلى جُهد منخفض، لذلك يقلُّ الجُهد($\Delta V = -\varepsilon$) كما في الشكل (د) المجاور.

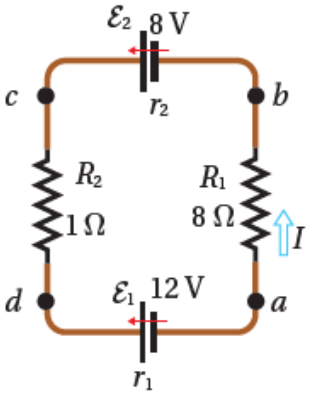
تم التعامل مع البطاريات في القواعد السابقة على أنها مثالية، لكن عند تحديد تغيُّرات الجُهد في العروة، فإنَّ المقاومة الداخلية لكلِّ بطاريّةٍ تُعامَل معاملة المقاومات الخارجية.

كيف يمكنُ تفسيرُ قاعدة كيرشوف الثانية عن طريق مبدأ حفظ الطاقة؟

قاعدة كيرشوف الثانية تتضمن تطبيق مبدأ حفظ الطاقة خلال سريان التيار في عروة واحدة في الدارة الكهربائية، وتقتضي أن يكون مجموع الطاقة التي تنتجها البطاريات في العروة يساوي مجموع الطاقة التي تستهلكها المقاومات خلال زمن معين.

مثال 16: كتاب

دارةٌ كهربائيّةٌ بسيطةٌ تتكوّن من بطاريتين ومقاومتين، كما في الشكل المجاور ، إذا كانت كلتا المقاومتين الداخليتين تساوي(0.5 Ω) ،مُستخدمًا القاعدة الثانية لكيرشوف؛ أجدُ قيمة التيار وأحدّد اتّجاهه.



المعطيات:

$r_1 = 0.5\ \Omega, r_2 = 0.5\ \Omega$

المطلوب:

$I = ?$

الحل:

أفترض اتّجاه التيار في الدارة (العروة) بعكس اتّجاه عقارب الساعة، وأفترضُ كذلك اتّجاه عبور مكونات الدارة، بعكس اتّجاه عقارب الساعة،

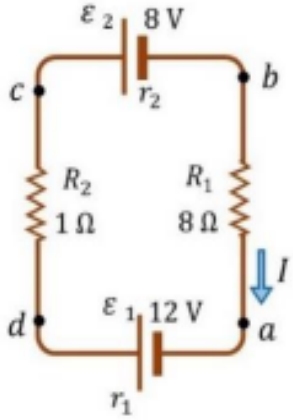
مُبتدئًا العبور من النقطة (a) عبر المسار: $a \to b \to c \to d \to a$

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_a$$
$$\Sigma\,\Delta V = V_a - V_a = 0$$
$$-IR_1 + \varepsilon_2 - Ir_2 - IR_2 - \varepsilon_1 - Ir_1 = 0$$
$$\varepsilon_2 - \varepsilon_1 - I\,(R_1 + r_2 + R_2 + r_1) = 0$$
$$8 - 12 - I\,(8 + 0.5 + 1 + 0.5) = 0$$
$$-4 - I\,(10) = 0 \to I = \frac{-4}{10} = -0.4\ \text{A}$$

أستنتجُ من الإشارة السالبة أن اتّجاه التيار بعكس الاتجاه المفترض؛ أي إن التيار يسري في الدارة مع اتّجاه عقارب الساعة.

تمرين 3: كتاب

أعيدُ حلّ المثال بافتراض اتّجاه التيار مع اتّجاهِ عقارب الساعة، واختيار اتّجاه العبور بعكس اتّجاه عقارب الساعة. ثم أستنتج أثر ذلك في نتيجة الحلّ.



الحل :

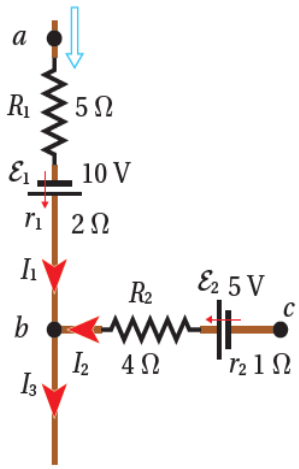
أفترض اتجاه التيار في الدارة (العروة) مع اتجاه عقارب الساعة، وأفترض اتجاه عبور مكونا ت الدارة بعكس اتجاه عقارب الساعة، مبتدئًا العبور من النقطة (a) عبر المسار : $a \to b \to c \to d \to a$

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_a$$
$$\Sigma\,\Delta V = V_a - V_a = 0$$
$$IR_1 + \varepsilon_2 + Ir_2 + IR_2 - \varepsilon_1 + Ir_1 = 0$$
$$\varepsilon_2 - \varepsilon_1 + I\,(R_1 + r_2 + R_2 + r_1) = 0$$
$$8 - 12 + I\,(8 + 0.5 + 1 + 0.5) = 0$$
$$-4 + I\,(10) = 0 \to I = \frac{4}{10} = 0.4\ \text{A}$$

أستنتج من الإشارة الموجبة أن اتجاه التيار بالاتجاه المفترض؛ أي إن التيار يسري في الدارة مع اتجاه عقارب الساعة. وهو تماما ما تم استنتاجه في حل المثال عندما تم افترض اتجاها مختلفا للتيار. وأستنتج أنني أتوصل إلى اتجاه التيار الحقيقي بغض النظر عن الاتجاه الابتدائي الذي افترضه لسريان التيار.

مثال 17: كتاب

جزءٌ من دارةٍ كهربائيّةٍ مُركّبة، كما في الشكل المجاور، فيه ($I_3 = 4.5$ A) ، ($I_1 = 3.0$ A) .إذا علمتُ أنّ ($V_C = 9.0$ V) أحسبُ جهد النقطة (a) .



المعطيات:

بيانات الشكل ، $I_3 = 4.5$ A, $V_C = 9.0$ V, $I_1 = 3.0$ A

المطلوب :

$V_a = ?$

الحل:

أطبق القاعدة الأولى لحساب التيار(I_2) كما يلي:

$$\Sigma I = 0 \rightarrow I_1 + I_2 = I_3$$
$$I_2 = I_3 - I_1 = 4.5 - 3.0 = 1.5 \text{ A}$$

أطبّق القاعدة الثانية لكيرشوف عند العبور من (a) إلى(c) ، كما يلي:

$$V_a + \Sigma \Delta V = V_c$$
$$V_a - I_1R_1 + \varepsilon_1 - I_1r_1 + I_2R_2 - \varepsilon_2 + I_2r_2 = V_c$$
$$V_a - 3.0(5) + 10 - 3.0(2) + 1.5(4) - 5 + 1.5(1) = 9.0$$
$$V_a - 8.5 = 9.0$$
$$V_a = 17.5 \text{ V}$$

أستنتج أن جُهد النقطة (a) يزيد على جُهد النقطة (c) بمقدار (8.5 V)

مثال 18: كتاب

تتكوّن دارة كهربائيّة من عروتين، كما في الشكل المجاور، معتمدًا على بيانات الشكل، أحسبُ :

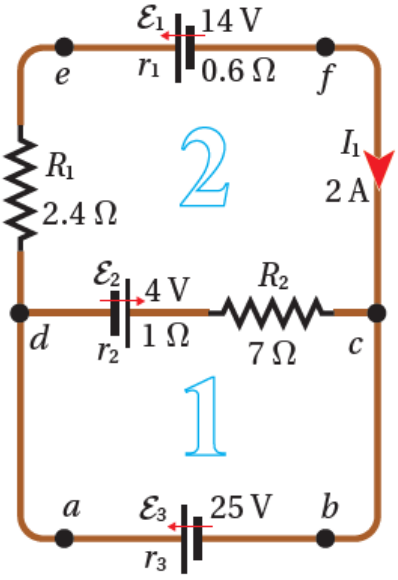
أ .قِيَم باقي تيارات الدارة وأحدّد اتجاه كل تيار.

ب. مقدار المقاومة الداخلية (r_3).

المعطيات : بيانات الشكل.

المطلوب :

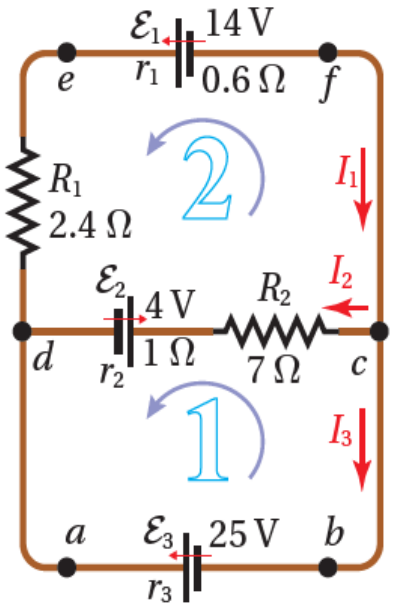
$$r_3 = ?\ ,\ I_3 = ?,\ I_2 = ?$$



الحل:

أ. لتطبيق القاعدة الأولى لكيرشوف، أفترض أنّ نقطة التفرع (c) يدخل إليها تيار(I_1) ، ويخرج منها تياران(I_2, I_3) ، وأمثّل ذلك بأسهم على الشكل ثم أكتب المعادلة الأولى:

$$I_1 = I_2 + I_3$$
$$2 = I_2 + I_3$$



توجد في الدارة ثلاث عُرى، هي : $(abcfeda)$، $(cfedc)$،$(abcda)$

سأختار منها العروة الثانية ($cfedc$) لتطبيق القاعدة الثانية لكيرشوف، لأنها تتضمن التيار المعلوم $(I_1 = 2\ A)$.

$$V_c + \Sigma\,\Delta V = V_c$$
$$\Sigma\,\Delta V = V_c - V_c = 0$$
$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + I_1(R_1 + r_1) + I_2(R_2 + r_2) = 0$$
$$14 + 4 + 2(2.4 + 0.6) + I_2(7+1) = 0$$
$$18 + 6 + I_2(8) = 0$$
$$I_2 = \frac{-24}{8} = -3\ \text{A}$$

وتعويض قيمة (I_2) في المعادلة $(2 = I_2 + I_3)$ نجد قيمة (I_3) كما يلي:

$$2 = I_2 + I_3$$
$$2 = -3 + I_3 \rightarrow I_3 = 2 + 3 = 5\text{A}$$

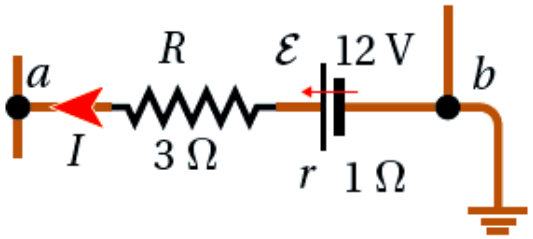
إشارة التيار (I_3) موجبةٌ، ممّا يعني أنّه بالاتّجاه المُفترض، وإشارة التيار (I_2) سالبة؛ أي أنّه بعكس الاتّجاه المفترض.

ب. لحساب المقاومة الداخلية (r_3) أطبق القاعدة الثانية لكيرشوف على العروة الأولى ($abcda$) ، سأعبُرها بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة بدءًا من النقطة (a) ، للحصول على :

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_a$$
$$\Sigma\,\Delta V = V_a - V_a = 0$$
$$-\varepsilon_2 - \varepsilon_3 + I_3 r_3 - I_2(R_2 + r_2) = 0$$
$$-4 - 25 + 5 r_3 - (-3)(7+1) = 0$$
$$5 r_3 = 5 \rightarrow r_3 = 1\Omega$$

تمرين 4: كتاب

معتمدًا على بيانات الشكل المجاور. حيث ($I = 2$ A) وجهد النقطة (b) يساوي صفرًا، بسبب اتّصالها بالأرض. أجدُ جُهدَ النقطة (a).



المعطيات: بيانات الشكل $V_b = 0$, $I_2 = 2$A.

المطلوب:

$V_a = ?$

الحل: أبدأ الحركة من النقطة (a)نحو النقطة (b).

$V_a + \Sigma \Delta V = V_b$

$\Sigma \Delta V = V_b - V_a$

$\Sigma \Delta V = 0 - V_a$

$\Sigma \Delta V = - V_a$

$I\,(R+r) - \varepsilon = -V_a$

$2\,(3+1) - 12 = - V_a$

$-4 = - V_a \rightarrow V_a = 4$ V

ملاحظة: تُعدُّ الأرضُ موصلً ضخمًا يمكنه تفريغُ شحنة الأجسام المُتّصلة به؛ لذلك فإنّ أيّ جسمٍ يُوصَل بالأرض يصبح جهدهُ صفرًا.

مراجعة الدرس

1. الفكرة الرئيسة:

أ .أذكرُ نصّ قاعدتي كيرشوف، وما مبدأ الحفظ الذي تحقّقُه كلٌّ منهما؟

الفكرة الرئيسة:

تنص قاعدة كيرشوف الأولى أن المجموع الجبري للتيارات عند أي نقطة تفرع في دارة كهربائية يساوي صفرا (تحقق مبدأ حفظ الشحنة).

تنص قاعدة كيرشوف الثانية أن المجموع الجبري لتغيرات الجهد عبر مكونات مسار مغلق في دارة كهربائية يساوي صفرا (تحقق مبدأ حفظ الطاقة) .

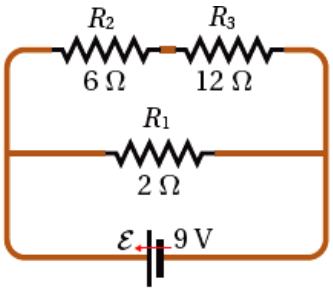
ب .**أقارنُ** بين طريقتي توصيل المقاومات على التوالي وعلى التوازي من حيث؛ فرق الجُهد والتيار والمقاومة المكافئة.

	التوالي	التوازي
المقاومة	المقاومة الكلية تساوي مجموع المقاومات.	مقلوب المقاومة الكلية يساوي مجموع مقلوب المقاومات.
الجهد	الجهد الكلي يساوي مجموع الجهود الفرعية.	الجهد الكلي يساوي الجهد الفرعي لكل مقاومة.
التيار	التيار الكلي يساوي التيار الفرعي في كل مقاومة.	التيار الكلي يساوي مجموع التيارات الفرعية.

2. أُبيّن طريقةَ توصيل المصباحين الأماميّين في السيارة مع البطارية، إن كانت توالِيًا أو توازيًا، مُفسّرًا أهميّة هذه الطريقة.

. يوصل المصباحان الأماميان في السيارة مع البطارية على التوازي، فيحصل كل مصباح على جهد (12 V) مساوي لجهد البطارية، وعند حدوث تلف في أحدهما يبقى المصباح الآخر يعمل.

3. أستخدمُ المتغيرات: يُبيّن الشكل المجاور دارةً كهربائيّة تحتوي بطاريّةً ومقاومات، معتمدًا على بيانات الشكل وبإهمال المقاومة الداخلية؛ أحسبُ المقاومة المكافئة للدّارة، ثمّ مقدار التيار فيها .



الحل:

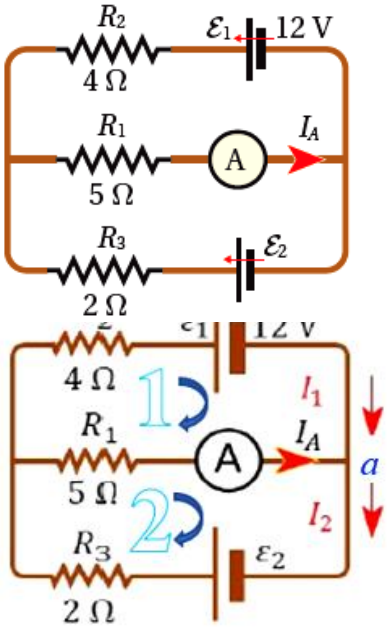
a. $R_{23} = R_2 + R_3 = 6+12 = 18\Omega$

$$\frac{1}{R_{231}} = \frac{1}{R_{23}} + \frac{1}{R_1} = \frac{1}{18} + \frac{1}{2}$$

$$R_{231} = \frac{18}{10} = 1.8\ \Omega$$

b. $$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{eq}} = \frac{9}{1.8} = 5A$$

4. إذا كانت قراءة الأميتر في الدارة المجاورة(2 A) ، وبإهمال المقاومات الداخلية للبطاريات، أجدُ كُلَّ من:
أ .مقدار واتجاه التيارين (I_1) :يمرُّ في(ε_1) ، و (I_2) يمر في (ε_2) .
ب .مقدار القوّة الدافعة الكهربائيّة (ε_2)



الحل:
أ. لتطبيق القاعدة الأولى لكيرشوف، أفترض أنّ نقطة التفرع (a) يدخل إليها تيار(I_1 ,I_A) ، ويخرج منها (I_2) ، وأمثّل ذلك بأسهم على الشكل ثم أكتب المعادلة الأولى:

$$I_2 = I_A + I_1$$
$$I_2 = 2 + I_1$$

لتطبيق القاعدة الثانية لكيرشوف على العروة رقم (1) وبافتراض اتجاه الحركة مع عقارب الساعة، وأبداء من النقطة (a) والعودة اليها.

$$V_a + \Sigma \Delta V = V_a$$
$$\Sigma \Delta V = V_a - V_a = 0$$
$$-\varepsilon_1 - I_1 R_2 + I_A R_1 = 0$$
$$-12 - I_1 (4) + 2(5) = 0$$
$$-2 = I_1 (4)$$
$$I_1 = \frac{-2}{4} = -0.5 \text{ A}$$

وتعويض قيمة (I_1) في المعادلة ($I_2 = 2 + I_1$) نجد قيمة (I_2) كما يلي :

$$I_2 = 2 + I_1$$
$$I_2 = 2 + (-0.5) = 1.5 \text{ A}$$

لتطبيق القاعدة الثانية لكيرشوف على العروة رقم (2) وبافتراض اتجاه الحركة مع عقارب الساعة، وأبداء من النقطة (a) والعودة اليها.

$$V_a + \Sigma \Delta V = V_a$$
$$\Sigma \Delta V = V_a - V_a = 0$$
$$\varepsilon_2 + I_2 R_3 - I_A R_1 = 0$$
$$\varepsilon_2 - 1.5 (2) - 2 (5) = 0$$
$$\varepsilon_2 - 13 = 0$$
$$\varepsilon_2 = 13 \text{ V}$$

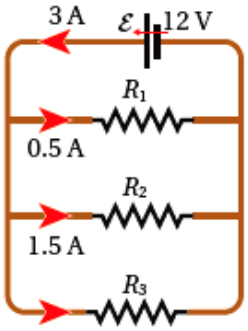
5. **أفسّرُ** لماذا يُعدّ فرق الجُهد بين طرفي المقاومة سالبًا عند عبورها باتّجاه التيار المار فيها.
ينتقل التيار خلال المقاومة من منطقة الجهد المرتفع إلى منطقة الجهد المنخفض، وعند عبورنا المقاومة باتجاه التيار فيها فنحن ننتقل مثل التيار من الجهد المرتفع إلى الجهد المنخفض، أي إن التغير في الجهد الذي نواجه في أثناء ذلك يكون هبوطًا في الجهد (تغيرا سالبًا)

6. أستخدم المتغيرات : معتمدًا على بيانات الدارة المبينة في الشكل؛ أجد ما يأتي :

أ .التيار المارّ في المقاومة $(R3)$.

ب .قيم المقاومات الثلاث .

ج .المقاومة المكافئة.



الحل:

أ .التيار المارّ في المقاومة $(R3)$:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$
$$3 = 0.5 + 1.5 + I_3$$
$$I_3 = 3\text{-}2 = 1 \text{ A}$$

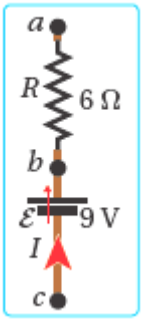
ب .قيم المقاومات الثلاث:

$$R_1 = \frac{V}{I_1} = \frac{12}{0.5} = 24\ \Omega$$
$$R_2 = \frac{V}{I_2} = \frac{12}{1.5} = 8\ \Omega$$
$$R_3 = \frac{V}{I_3} = \frac{12}{1} = 12\ \Omega$$

ج .المقاومة المكافئة:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{24} + \frac{1}{8} + \frac{1}{12}$$
$$R_{eq} = \frac{24}{1+3+2} = 4\Omega$$

7. يبيّن الشكل المجاور جزءًا من دارةٍ كهربائيّة، معتمدًا على بيانات الشكل، حيث أن : $(V_c - V_a = 7\ \text{V})$ و $(V_b - V_a = 15\ \text{V})$ ؛ أجد مقدار المقاومة الداخلية للبطارية.



$$V_b + \Sigma\,\Delta V = V_a$$
$$V_b - V_a - IR = 0$$
$$15 - I\,(6) = 0$$
$$15 = I\,(6)$$
$$I = \frac{15}{6}\ \text{A}$$

$$V_c + \Sigma\,\Delta V = V_a$$
$$V_c - V_a - Ir - IR + \varepsilon = 0$$
$$7 - \frac{15}{6}\,r - \frac{15}{6}\,(6) + 9 = 0$$
$$1 - \frac{15}{6}\,r = 0$$
$$r = \frac{6}{15} = 0.4\ \Omega$$

الإثراء والتوسع: توصيل المقاومات

في الشكل المجاور مدفأة كهربائية تستخدم ثلاث مقاومات موصولات معا على التوازي وتعمل المقاومات الثلاث على مفتاح واحد، إذا كانت المعلومات المدونة عليها (220V , 3.6 kW) ، اجب عن الاسئلة التالية:

1. احسب قيمة المقاومة الواحدة المستخدمة في المدفأة؟
2. احسب تكلفة استخدام المدفأة بمعدل 6 ساعات يوميا لمدة 30 يوم إذا كان سعر وحدة الطاقة الكهربائيّة (0.12 JD/kWh) ؟
3. إذا تم توصيل مقاومات المدفأة على التوالي احسب تكلفة الاستخدام لنفس الفترة الزمنية؟
4. أي الطريقتين تنتج طاقة حرارية أعلى التوالي أم التوازي؟

الحل:

.1

$$P_{total} = \frac{V^2}{R_{eq}} \rightarrow R_{eq} = \frac{(220)^2}{3.6\times10^3} = 13.44\ \Omega$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{3}{R} \rightarrow R = 3(13.44) = 40.3\ \Omega$$

أو يمكن حساب المقاومة الواحدة من قدرة المقاومة الواحدة كما يلي:

$$P = \frac{P_{total}}{3} = \frac{3.6}{3} = 1.2\ \text{kW}$$

$$P = \frac{V^2}{R} \rightarrow 1.2\times 10^3 = \frac{(220)^2}{R} \rightarrow R = \frac{(220)^2}{1.2\times10^3} = 40.3\ \Omega$$

.2

$$E_{(30d\times6h)} = P\Delta t = 3.6\ \text{kW}\ (30 \times 6\ h) = 648\ \text{kWh}$$

$$cost = E \times price = 684\ \text{kWh} \times 0.12\ \text{JD/kWh} = 77.76\ \text{JD}$$

.3

$$R_{eq} = R+R+R = 40+40+40 = 120\ \Omega$$

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(220)^2}{120} \approx 400\ \text{W}$$

$$E_{(30d\times6h)} = P\Delta t = 0.4\ \text{kW}\ (30 \times 6\ h) = 72\ \text{kWh}$$

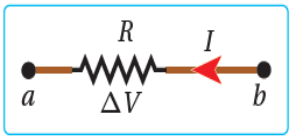
$$cost = E \times price = 72\ \text{kWh} \times 0.12\ \text{JD/kWh} = 8.6\ \text{JD}$$

.4 أن قدرة المدفأة الكُليّة قد انخفضت إلى التُسع؛ أي إنها لن تنتج سوى تُسع الطاقة الحرارية التي كانت تنتجها مسبقًا، وان التوصيل على التوازي يعطي تسعة أضعاف القدرة والطاقة الحرارية لكن تكلفة الاستخدام تزداد الى تسعة أضعاف.

1. أضعُ دائرةً حول رمز الإجابة الصحيحة لكلّ جملة ممّا يأتي:

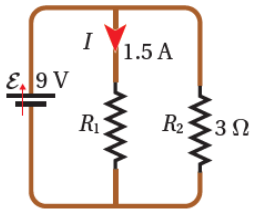
1) المقاومية خصيصة فيزيائية للمادة، ومقاوميّة موصل تتّصف بإحدى الصفات الآتية:
   a) تزدادُ بزيادة طول الموصل وبزيادة مساحة مَقطعِه.
   b) تقلُّ بزيادة طول الموصل وبزيادة مساحة مَقطعِه.
   c) تزدادُ بزيادة طول الموصل وبنقصان مساحة مقطعه.
   d) تعتمدُ على نوع المادة وليس على أبعاد الموصل الهندسية.

2) يسري تيارٌ في مقاومة باتّجاه اليسار، كما في الشكل، إذا كان (V_a) ثابتًا؛ فإنّه يمكنُ وصف الجُهد (V_b) بأنه:



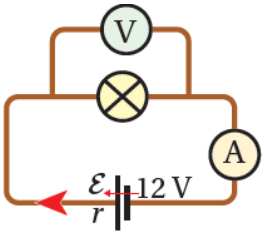
   a) (V_b)أعلى من(V_a) ، وبزيادته يزداد التيار(I).
   b) (V_b)أعلى من(V_a) ، وبزيادته يقلُّ التيار(I).
   c) (V_b)أقل من(V_a) ، وبزيادته يزداد التيار(I).
   d) (V_b)أقل من(V_a) ، وبزيادته يقلُّ التيار(I).

3) تكون المقاومة المكافئة للمقاومتين في الدارة المجاورة:



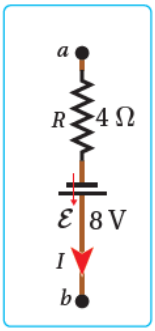
   a) 1 Ω
   b) 2 Ω
   c) 3 Ω
   d) 6 Ω

4) عندما تكون قراءة الفولتميتر في الدارة المبينة في الشكل(9.0 V)
وقراءة الأميتر(1.5 A) ؛ فإنّ المقاومة الداخلية للبطارية تساوي :



   a) 1.0 Ω
   b) 1.5 Ω
   c) 2.0 Ω
   d) 2.5 Ω

5) إذا كان التيار الكهربائيّ في الشكل يساوي (1.2 A)، فإنّ فرق الجُهد$(\Delta V = V_b - V_a)$ يساوي:



   a) 3.2 V
   b) 4.0 V
   c) 4.2 V
   d) 4.8 V

الإجابات:

5	4	3	2	1
a	*c*	*b*	*a*	*d*

2. مصفّف شعرٍ يعملُ على جهد (220 V) ، ويسري فيه تيارٌ كهربائيّ مقداره (4 A) إذا كان عنصر التسخين فيه مصنوعًا من سلك نيكروم نصف قطره (0.8 mm) ، فما مقاومة هذا السلك وما طوله؟

الحل:

$$R=\frac{V}{I}=\frac{220}{4}=55\ \Omega$$

$$R=\frac{\rho L}{A}\rightarrow L=\frac{RA}{\rho}=\frac{55(3.14\times0.64\times10^{-6})}{1.50\times10^{-6}}\approx 73.7\ \text{m}$$

3. يتّصل مصباحٌ كهربائيٌّ مع مصدر جهد(12 V) ؛ فيسري فيه تيّارٌ كهربائيٌّ مقدارُه (1.8 A) أحسب القدرة المستهلكة في هذا المصباح.

الحل:

$$P=IV=1.8\times12=21.6\ \text{W}$$

4. **أحسبُ** التيار الكهربائيّ في كل من الأجهزة الآتية:

a) منشارٌ كهربائيٌّ قدرته (1.5 kW) يعمل على جُهد (220 V) .

b) سخانٌ كهربائيٌّ مقاومته (48 Ω) يعمل على جُهد (240 V) .

الحل:

a) المنشار الكهربائي:

$$I=\frac{P}{V}=\frac{1500}{220}=6.82\ \text{A}$$

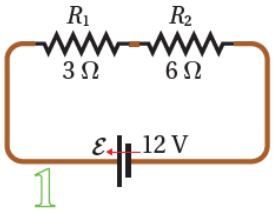
b) السخان الكهربائي:

$$I=\frac{V}{R}=\frac{240}{48}=5\ \text{A}$$

5. يبيّن الشكل المجاور مقاومتين موصولتين على التوالي (الدارة الأولى) ، ثم موصولتين على التوازي (الدارة الثانية) أجد المقاومة المكافئة وتيار البطارية في كل دارة .

الحل:

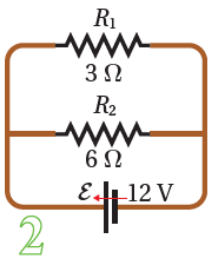
دارة التوالي:



$$R_{eq}=R_1+R_2=3+6=9\ \Omega$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}}=\frac{12}{9}=1.33\ \text{A}$$

دارة التوازي:



$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}=\frac{1}{3}+\frac{1}{6}=\frac{3}{6}$$

$$Req=2\ \Omega$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}}=\frac{12}{2}=6\ \text{A}$$

6. فرنٌ كهربائيٌّ يعمل على جهد (240 V) ؛ مقاومة عنصر التسخين فيه (30 Ω)
إذا عمل مدّة (48 min) لطهي الطعام، أحسب ما يأتي:
a) التيار الكهربائيّ الذي يسري في عنصر التسخين.
b) القدرة الكهربائيّة للفرن.
c) مقدار الطاقة الكهربائيّة المتحوّلة إلى حرارةٍ خلال مدة الطهي.
d) كيف تتغيّر النتائج السابقة جميعها في حال وُصل الفرن مع مصدر جهد (120 V) ؟

الحل:

a) التيار الكهربائي:

$$I=\frac{V}{R}=\frac{240}{30}=8\ \text{A}$$

b) القدرة الكهربائية:

$$P=IV=8\times240=1920\ \text{W}$$

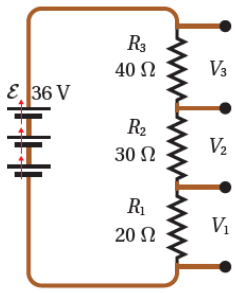
c) الطاقة الكهربائية:

$$E=P\Delta t=1920\times48\times60=5529600\ \text{J}$$

d) عند استخدام جهد (120 V) :

$$I=\frac{V}{R}=\frac{120}{30}=4\ \text{A}\ ,\quad P=IV=4\times120=480\ \text{W}$$
$$E=P\Delta t=480\times48\times60=1382400\ \text{J}$$

7. **أحلّل:** للحصول على فرق جهد مناسب من بطاريّةٍ ذات فرق جُهدٍ كبيرٍ، تُوصَلُ معها مجموعة مقاوماتٍ كما في الشكل المجاور، ما مقدار فرق الجُهد بين طرفي كل مقاومة من المقاومات الثلاث؟



الحل:

$$R_{eq}=R_1+R_2+R_3=20+30+40=90\ \Omega$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}}=\frac{36}{90}=0.4\ \text{A}$$

$$V_1=IR_1=0.4\times20=8\ \text{V}$$
$$V_2=IR_2=0.4\times30=12\ \text{V}$$
$$V_3=IR_3=0.4\times40=16\ \text{V}$$

8. أحسب: سيارةٌ كهربائيّةٌ موصولةٌ مع شاحنٍ قدرته (62.5 kW) بسلك طوله (6 m) ومساحةُ مقطعه ($25mm^2$) يسري فيه تيارٌ كهربائيٌ (125 A) إذا استغرقت عملية الشحن (30 min) أحسب ما يأتي:

a) كمية الشحنة التي انتقلت عبر السلك خلال هذه المدّة؟
b) فرق الجُهد بين طرفي الشاحن؟
c) الشغل الكهربائيّ الذي بذله الشاحن على بطارية السيارة؟
d) تكلفة الشحن، إذا كان سعر (1 kWh) هو (0.12 JD)

الحل:

a) كمية الشحنة:

$Q=I\Delta t=125\times30\times60 = 225000$ C

b) فرق الجهد:

$$V=\frac{P}{I}=\frac{62500}{125}=500\text{ V}$$

c) الشغل الكهربائي:

$W= QV= 225000\times500 =1.125\times10^8$ J

d) تكلفة الشحن:

$cost = E\times Price = P\Delta t\times Price$
$cost = 62.5\text{ kW}\times0.5\text{ h}\times0.12\text{ JD/kWh} = 3.75\text{ JD}$

9. أرغب بتصميم مدفأةٍ كهربائيةٍ بسيطة قدرتُها (1000 W) تعمل على جهد (240 V) ، وعنصر التسخين فيها سلكٌ من مادة النيكروم، ما المواصفات الهندسية للسلك؟

الحل:

$$I=\frac{P}{V}=\frac{1000}{240}\approx4.17\text{A}$$
$$R=\frac{V}{I}=\frac{240}{4.17}\approx57.6\ \Omega$$

$$R=\frac{\rho L}{A}\longrightarrow\frac{L}{A}=\frac{R}{\rho}=\frac{57.6}{1.50\times10^{-6}}=3.84\times10^7$$

للحصول على مدفأة بهذه القدرة، وعنصر مقاومتها سلك من النيكروم حيث مقاومية النيكروم محددة، يجب أن تكون نسبة طول السلك إلى مساحة مقطعه تساوي (3.84×10^7) فمثلًا إذا توفّر لديّ سلك نيكروم مساحة مقطعه ($4\times10^{-6}\ m^2$) فإن طوله يجب أن يساوي:

$L = 3.84\times107\times4\times10-6 = 9.6$ m

10.أحلّل : عند توصيل ثلاثة مصابيح متماثلةٍ، مقاومة كلٍّ منها (R) مع بطاريّةٍ قوّتُها الدافعةُ الكهربائيّة ($12\ V$) مقاومتها الداخلية مُهملةٌ، ما نسبة القدرة المنتجة في البطارية في الحالتين؛ المصابيح موصولة على التوالي/التوازي؟

الحل:

التوصيل على التوالي:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 = 3R\ \Omega$$

$$P_{series} = \frac{V^2}{R_{eq}} = \frac{12^2}{3R} = \frac{144}{3R} = \frac{48}{R}\ \text{W}$$

التوصيل على التوازي:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{3}{R} \longrightarrow R_{eq} = \frac{1}{3}R\ \Omega$$

$$P_{parallel} = \frac{V^2}{R_{eq}} = \frac{12^2}{1/3R} = \frac{144}{1/3R} = \frac{144 \times 3}{R} = \frac{432}{R}\ \text{W}$$

$$P_{series}/P_{parallel} = \frac{48}{R} \Big/ \frac{432}{R} = 0.11$$

11.سلكٌ من فلزّ التنغستن طولُه ($1.5\ m$) ومساحة مَقطَعِه ($4mm^2$) ما مقدار التيار المارّ فيه عند توصيل طرفيه مع مصدر جهد($1.5\ V$) ؟

الحل:

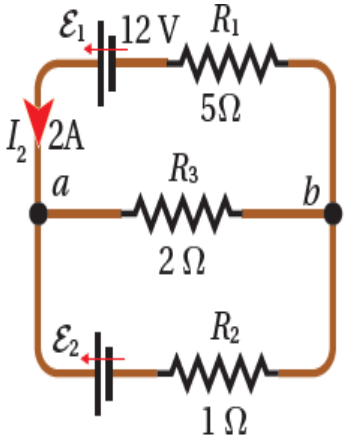
$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{5.6\times10^{-8}\times1.5}{4\times10^{-6}} = 0.021\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1.5}{0.021} = 71.4\ \text{A}$$

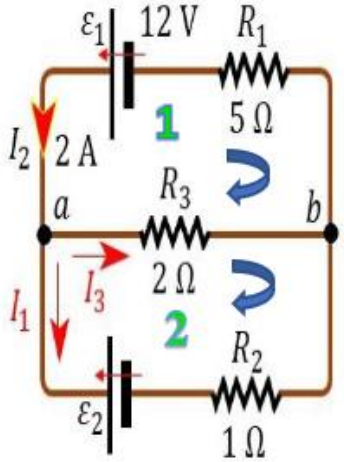
12. في الدارة الكهربائيّة المبينة في الشكل المجاور؛ أحسب ما يأتي :

a) التيار المار في المقاومة (R_3) ؟

b) مقدار القوّة الدافعة الكهربائيّة للبطارية (ε_2)؟



الحل:



a.لتطبيق القاعدة الأولى لكيرشوف، أفترض أنّ نقطة التفرع (a) يدخل إليها تيار (I_2) ، ويخرج منها (I_1 ,I_3)، وأمثّل ذلك بأسهم على الشكل ثم أكتب المعادلة الأولى:

$$I_2 = I_3 + I_1$$
$$2 = I_3 + I_1$$

لتطبيق القاعدة الثانية لكيرشوف على العروة رقم (1) وبافتراض اتجاه الحركة مع عقارب الساعة، وأبداء من النقطة (a) والعودة اليها.

$$V_a + \Sigma \Delta V = V_a$$
$$\Sigma \Delta V = V_a - V_a = 0$$
$$-\varepsilon_1 + I_2 R_1 + I_3 R_3 = 0$$
$$-12 + 2\,(5) + I_3\,(2) = 0$$
$$-12 + 10 - I_3\,(2) = 0$$
$$2 = I_3\,(2) \rightarrow I_3 = 1\text{A}$$

b.وتعويض قيمة (I_3) في المعادلة ($2 = I_3 + I_1$) نجد قيمة (I_2) كما يلي :

$$2 = I_3 + I_1$$
$$2 = 1 + I_1 \rightarrow I_1 = 1\text{A}$$

لتطبيق القاعدة الثانية لكيرشوف على العروة رقم (2) وبافتراض اتجاه الحركة مع عقارب الساعة، وأبداء من النقطة (a) والعودة اليها.

$$V_a + \Sigma \Delta V = V_a$$
$$\Sigma \Delta V = V_a - V_a = 0$$
$$\varepsilon_2 - I_3 R_3 + I_1 R_2 = 0$$
$$\varepsilon_2 - 1\,(2) + 1\,(1) = 0$$
$$\varepsilon_2 - 2 + 1 = 0$$
$$\varepsilon_2 - 1 = 0 \rightarrow \varepsilon_2 = 1\text{V}$$

13. بطاريةٌ قوّتها الدافعة الكهربائيّة (9 V) ، ومقاومتُها الداخلية (2.5 Ω)
ما مقدار المقاومة التي توصل مع البطارية حتى تكون القدرة المستهلكة في البطارية (2.7 W) ؟

الحل:

$$P = I^2 r \rightarrow I^2 = \frac{p}{r} = \frac{2.7}{2.5} = 1.08 \rightarrow I = 1.04 \text{ A}$$

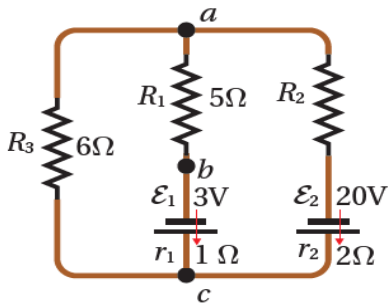
$$R_{eq} = \frac{\varepsilon}{I} = \frac{9}{1.04} = 8.65\ \Omega$$

$$R = R_{eq} - r = 8.65 - 2.5 = 6.15\ \Omega$$

14. يبيّنُ الشكل دارةً كهربائيّةً مُركّبة، إذا وُصّل فولتميتر بين النقطتين (b,c) فكانت قراءته ($V_b - V_c = 4$ V) ، أحسبُ كلً من :

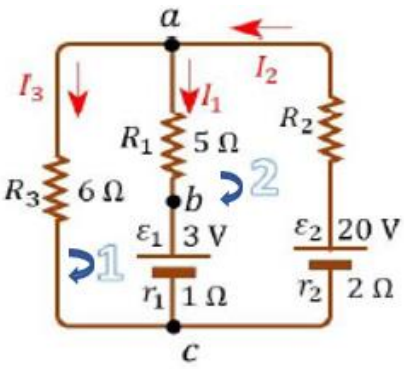
a) التيارات الفرعية في الدارة.

b) المقاومة المجهولة (R_2) .



الحل:

a) معتمدًا على قراءة الفولتميتر بين النقطتين (b,c) ، وهي ($V_b - V_c = 4$ V) سأفترض اتجاه التيارات كما في الشكل، وأتحرك خلال البطارية من (c) الى (b).



$$V_c + \Sigma \Delta V = V_b$$
$$\Sigma \Delta V = V_b - V_c$$
$$\varepsilon_1 + I_1 r_1 = 4$$
$$3 + I_1(1) = 4 \rightarrow I_1 = 1\text{A}$$

الإشارة الموجبة تعني أن التيار يمر في البطارية بالاتجاه المفترض.

$$I_2 = I_3 + I_1$$
$$I_2 = I_3 + 1$$

العروة الأولى رقم (1)، سأتحرك من النقطة (a) باتجاه عقارب الساعة:

$$V_a + \Sigma \Delta V = V_a$$
$$\Sigma \Delta V = V_a - V_a = 0$$
$$-I_1 R_1 - \varepsilon_1 - I_1 r_1 + I_3 R_3 = 0$$
$$-1\,(5) - 3 - 1\,(1) + I_3(6) = 0$$
$$-5 - 3 - 1 + I_3(6) = 0$$
$$I_3(6) = 9 \rightarrow I_3 = \frac{9}{6} = 1.5\text{A}$$
$$I_2 = I_3 + I_1$$
$$I_2 = 1.5 + 1 = 2.5 \text{ A}$$

b) لإيجاد المقاومة المجهولة، أطبق القاعدة الثانية على العروة الثانية متحركًا باتجاه عقارب الساعة، مبتدئًا من النقطة (a).

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_a$$
$$\Sigma\,\Delta V = V_a - V_a = 0$$
$$I_2R_2 - \varepsilon_2 + I_2r_2 + \varepsilon_1 + I_1r_1 + I_1R_1 = 0$$
$$2.5\,(R_2) - 20 + 2.5\,(2) + 3 + 1(1) + 1(5) = 0$$
$$2.5\,(R_2) - 20 + 5 + 3 + 1 + 5 = 0$$
$$2.5\,(R_2) - 6 = 0 \rightarrow R_2 = \frac{6}{2.5} = 2.4\ \Omega$$

15. مصباحان يتصلان مع مصدري جهدٍ متماثلين، قدرة المصباح الأول تساوي ثلاثة أمثال قدرة المصباح الثاني .أجد نسبة تيار الأول إلى تيار الثاني، ونسبة مقاومة الأول إلى مقاومة الثاني.

الحل:

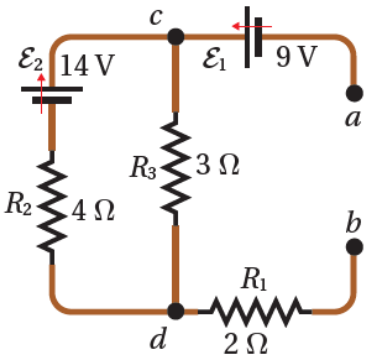
$$P_1 = 3\,P_2,\quad V_1 = V_2 = V$$
$$I_1 = \frac{P_1}{V} = \frac{3P_2}{V}\quad ,\qquad I_2 = \frac{P_2}{V}$$
$$I_1 = \frac{3P_2}{V} = 3I_2$$
$$I_2 = \frac{1}{3}\,I_1$$

$$R_1 = \frac{V}{I_1} = \frac{V}{3I_2}$$

$$R_2 = \frac{V}{I_2}$$

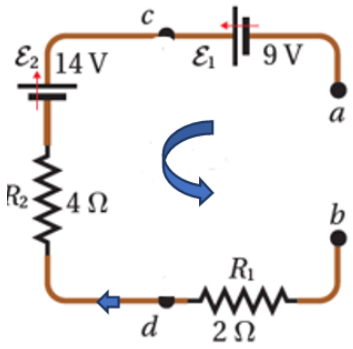
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\frac{V}{3I_2}}{\frac{V}{I_2}} = \frac{1}{3} \rightarrow R_1 = \frac{1}{3}\,R_2$$

16. تفكير ناقد : معتمدًا على بيانات الشكل المجاور، أحسبُ فرق الجُهد بين النقطتين (a) و(b) ، عندما ينعدم التيار في(R_3) ، ثمّ أُحدّد أيَّ النقطتين أعلى جهدًا.



الحل:

عند انعدام التيار في (R_3) فهذا يعني أن فرق الجهد بين النقطتين (c) و (d) يساوي صفر، وتحذف (R_3) من الدائرة ، ويحسب تيار الدائرة بناءا على الشكل الجديد كما يلي :



$$V_c + \Sigma\,\Delta V = V_d$$
$$\Sigma\,\Delta V = V_d - V_c = 0$$
$$-\mathcal{E}_2 + IR_2 = 0$$
$$-14 + I(4) = 0 \;\rightarrow I = \frac{14}{4} = 3.5\ \text{A}$$

نتعامل مع الدارة وكأنه لا توجد نقاط تفرع، أي أن تيار واحد يسري بين النقطتين (a) و (b)أتحرك من النقطة (a).

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_b$$
$$\Sigma\,\Delta V = V_b - V_a$$
$$\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 + IR_2 + IR_1 = V_b - V_a$$
$$9 - 14 + 3.5(4) + 3.5(2) = V_b - V_a$$
$$V_b - V_a = 16\ \text{V}$$

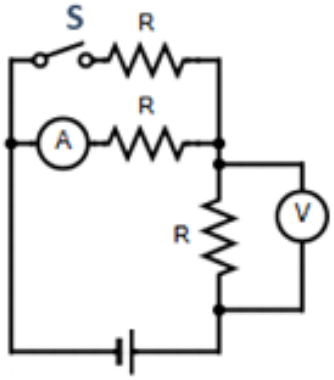
أي أنّ جهد النقطة (b) أعلى من جهد النقطة (a) .

17. أحسبُ تكلفة تشغيل مدفأةٍ قدرتُها (2800 W) مُدّة (90) ساعة، إذا كان سعر وحدة الطاقة (0.15 JD/kWh) .

الحل:

$$cost = E \times Price = P\Delta t \times Price$$
$$cost = 2.8\ \text{kW} \times 90\ \text{h} \times 0.15\ \text{JD/kWh} = 37.80\ \text{JD}$$

مثال 15: إضافي (وزارة 2019)



ماذا يحدث لقراءة كلّ من (الأميتر، الفولتميتر) بعد غلق المفتاح (S) في الدارة المجاورة:

a) تزداد، تزداد
b) تقل، تقل
c) تزداد، تقل
d) تقل، تزداد

الحل:

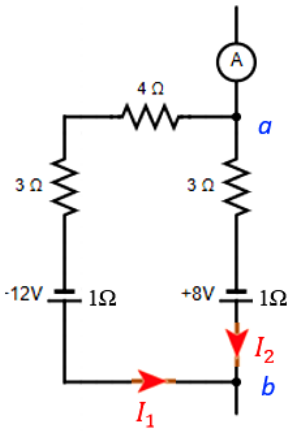
d) تقل، تزداد

مثال 16: إضافي (وزارة 2019)

اعتماداً على الدارة المجاورة والقيم المثبتة عليها، وإذا علمت أن ($V_{ab} = 4V$) احسب قراءة الأميتر.

الحل:

بالعبور من (a) الي (b) من الجهة اليمنى .



$$V_a + \Sigma \Delta V = V_b$$
$$V_a - V_b + \Sigma \Delta V = 0$$
$$4 - I_2(3+1) + 8 = 0$$
$$4 + 8 = 4\ I_2$$
$$I_2 = \frac{12}{4} = 3A$$

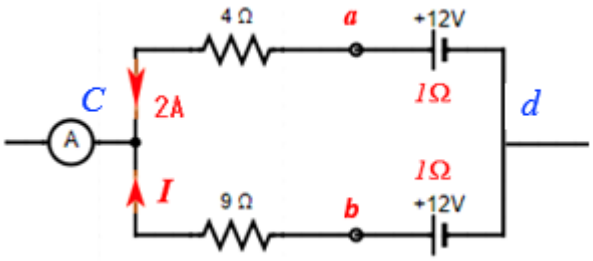
بالعبور من (a) الي (b) من الجهة اليسرى.

$$V_a + \Sigma \Delta V = V_b$$
$$V_a - V_b + \Sigma \Delta V = 0$$
$$4 - I_1(4+3+1) + 12 = 0$$
$$4 + 12 = 8\ I_1$$
$$I_1 = \frac{16}{8} = 2A$$

وبتطبيق قاعدة كيرشوف الأولى على العروة عند النقطة (a).

$$(\text{Ammeter reading}) = I = I_1 + I_2 = 2 + 3 = 5A$$

مثال 17: إضافي (وزارة 2019)
اعتماداً على الشكل المجاور وبياناته، **جد قراءة الأميتر(A)**



الحل:
بالعبور من (c) الي (d) من المسار العلوي.

$$V_c + \Sigma\,\Delta V = V_d$$
$$V_c - V_d + \Sigma\,\Delta V = 0$$
$$V_c - V_d + 2(4+1) - 12 = 0$$
$$V_c - V_d + 10 - 12 = 0$$
$$V_c - V_d = 2\text{V}$$

بالعبور من (c) الي (d) من المسار السفلي.

$$V_c + \Sigma\,\Delta V = V_d$$
$$V_c - V_d + \Sigma\,\Delta V = 0$$
$$2 + I\,(9+1) - 12 = 0$$
$$2 + 10\,I - 12 = 0$$
$$10\,I = 10 \rightarrow I = 1\text{A}$$

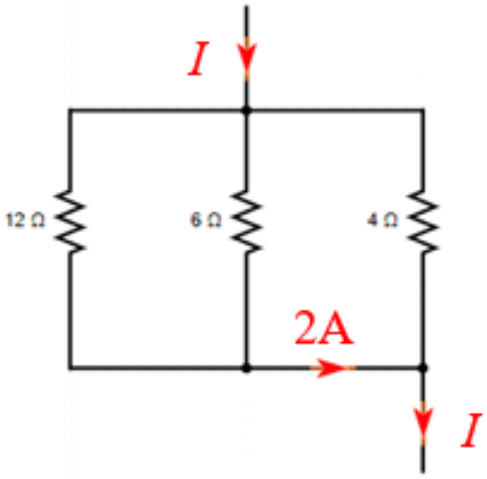
وبتطبيق قاعدة كيرشوف الأولى على العروة عند النقطة (d)

$$(\text{Ammeter reading} = I_1\ ) = I + 2 = 1 + 2 = 3\text{A}$$

مثال 18: إضافي (وزارة 2019)

في الشكل المجاور مقدار التيار (I) بوحدة الأمبير:

أ) 2 ب) 4 ج) 6 د) 12



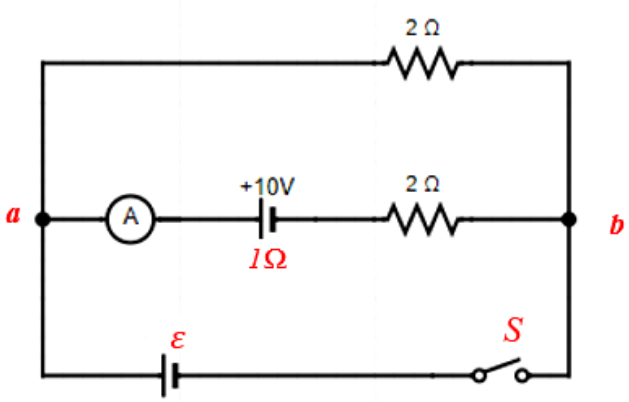
الحل:

ب) 4

مثال 19: إضافي (وزارة 2019) تكميلي

معتمداً على البيانات المثبتة في الشكل المجاور .**أجب** عمّا يأتي:

1. جد قراءة الأميتر (A)عندما يكون المفتاح (S) مفتوحاً.
2. جد القوة الدافعة الكهربائية (ε) ، وقراءة الأميتر(A) عند غلق المفتاح (S)، وكان $(V_{ab} = 7V)$



الحل:

1. قبل غلق المفتاح (S=OFF): بتطبيق قاعدة كيرشوف الأولى على العروة العلوية مع عقارب الساعة من النقطة (a) والعودة اليها ، وافترض أن اتجاه التيار من (b) الى (a) .

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_a$$
$$\Sigma\,\Delta V = V_a - V_a = 0$$
$$-I\,(2+2+1) + 10 = 0$$
$$10 = 5\,I \rightarrow I = \frac{10}{5} = 2\ \text{A}$$

2. بعد غلق المفتاح (S=ON): بتطبيق قاعدة كيرشوف الأولى على المسار من (a) الى (b) .

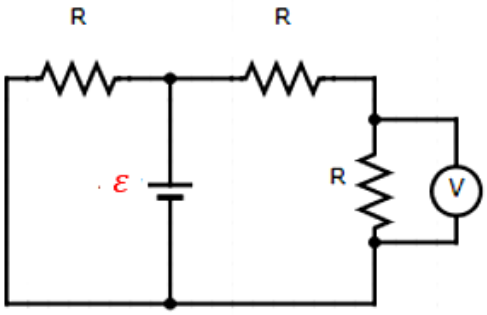
$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_b$$
$$V_a - V_b + \Sigma\,\Delta V = 0$$
$$7 - 10 + I\,(2+1) = 0$$
$$-3 + 3\,I = 0$$
$$I_1 = \frac{3}{3} = 1\text{A}$$

بتطبيق قاعدة كيرشوف الأولى على المسار من (a) الى (b) من خلال البطارية (ε).

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_b$$
$$V_a - V_b + \Sigma\,\Delta V = 0$$
$$7 - \varepsilon = 0 \rightarrow \varepsilon = 7\ \text{V}$$

مثال 20: إضافي (وزارة 2018)

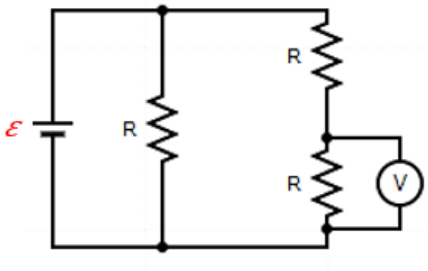
معتمداً على الشكل المجاور وبياناته، وإذا علمت أن المقاومات متساوية، والمقاومة الداخلية للبطارية مهملة، فإن قراءة الفولتميتر تساوي:



1. (ε)
2. $(\frac{1}{2}\varepsilon)$
3. $(\frac{1}{3}\varepsilon)$
4. $(\frac{2}{3}\varepsilon)$

الحل:

يمكن إعادة الرسم كما في الشكل المجاور، الذي يبين أن جهد البطارية توزع على المقاومتين الموصولتين على التوالي حسب نسبة مقاومتيهما، وبما أن المقاومتان متساويتين، فان الجهد على مقاومة واحدة يساوي $(\frac{1}{2})$ القوة الدافعة للبطارية.

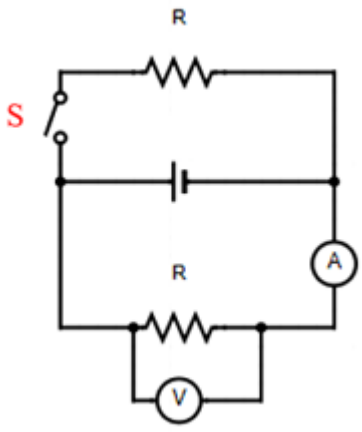


الجواب الصحيح: 2. $(\frac{1}{2}\varepsilon)$

مثال 21: إضافي (وزارة 2018)

في الشكل المجاور عند إغلاق المفتاح (S)،
فإن قراءة كل من الأميتر والفولتميتر على الترتيب :

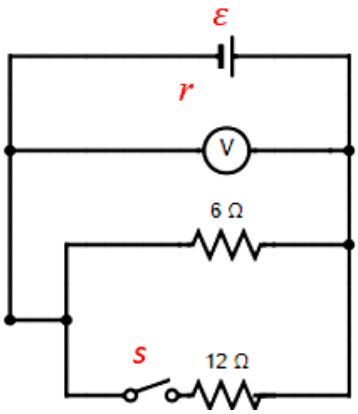
1. تزداد، تزداد
2. تزداد، تقل
3. لا تتغير، تقل
4. لا تتغير، لا تتغير



الحل:

الجواب الصحيح: 4.لا تتغير، لا تتغير

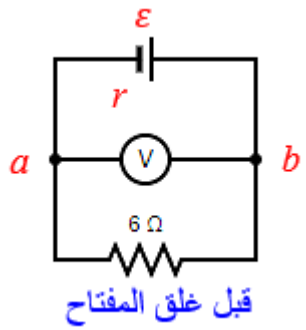
مثال 22: إضافي (وزارة 2017) الدورة الصيفية



يُمثل الشكل المجاور دارة كهربائية، عندما كان المفتاح (s) مفتوح كانت قراءة الفولتميتر تساوي (9v)، وبعد غلق المفتاح أصبحت(8v) احسب مقدار كل من(ε , r).

الحل:

قبل غلق المفتاح نطبق قاعدة كيرشوف الثانية مرتين ، الأولى عبر المقاومة والثانية عبر البطارية



قبل غلق المفتاح

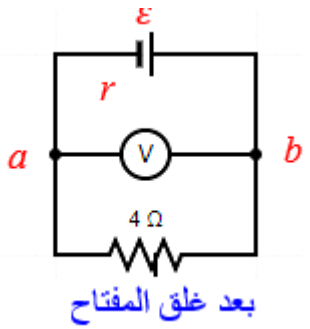
عبر المقاومة :

$$V_b + \Sigma\,\Delta V = V_a$$
$$V_b - V_a + \Sigma\,\Delta V = 0$$
$$9 - I_1(6) = 0 \rightarrow I_1 = \frac{9}{6} = 1.5\ \text{A}$$

عبر البطارية:

$$V_b + \Sigma\,\Delta V = V_a$$
$$V_b - V_a + \Sigma\,\Delta V = 0$$
$$V_b - V_a - \varepsilon + I_1 r = 0$$
$$9 - \varepsilon + 1.5r = 0 \quad \ldots\ldots\ldots(1)$$

بعد غلق المفتاح نطبق قاعدة كيرشوف الثانية مرتين، الأولى عبر المقاومة والثانية عبر البطارية، وهنا تدخل المقاومة (12Ω) وتصبح على التوازي مع المقاومة (6Ω) وتحسب المقاومة المكافئة لهما كما يلي:



بعد غلق المفتاح

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{12} + \frac{1}{6} = \frac{3}{12} \rightarrow R_{eq} = 4\Omega$$

عبر المقاومة :

$$V_b + \Sigma\,\Delta V = V_a$$
$$V_b - V_a + \Sigma\,\Delta V = 0$$
$$8 - I_2(4) = 0 \rightarrow I_2 = \frac{8}{4} = 2\ \text{A}$$

عبر البطارية:

$$V_b + \Sigma\,\Delta V = V_a$$
$$V_b - V_a + \Sigma\,\Delta V = 0$$
$$V_b - V_a - \varepsilon + I_2 r = 0$$
$$8 - \varepsilon + 2r = 0 \quad \ldots\ldots\ldots(2)$$

بطرح المعادلة (2) من (1) :

$$9 - \varepsilon + 1.5r = 0$$
$$\underline{8 - \varepsilon + 2r = 0}$$
$$1 - 0.5\,r = 0 \rightarrow r = 2\ \Omega$$

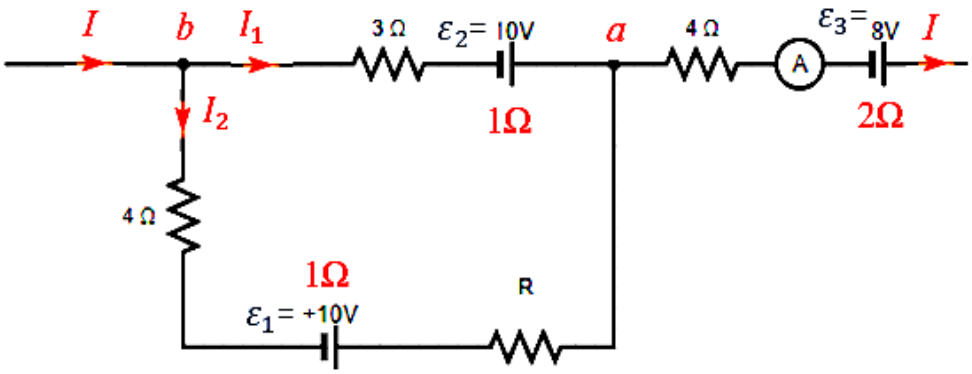
بتعويض قيمة ($r = 2\ \Omega$) في المعادلة رقم (2):

$$8 - \varepsilon + 2(2) = 0 \rightarrow \varepsilon = 12\ \text{V}$$

مثال 23: إضافي (وزارة 2016) **الدورة الصيفية**

يمثل الشكل المجاور جزء من دارة كهربائية، إذا كان $(V_{ab} = 5V)$، والقدرة المستهلكة في البطارية $(P_{\varepsilon 1} = 0.25\ W)$ ، احسب:

1. قراءة الأميتر(A).
2. مقدار المقاومة (R).



الحل:

1. لحساب قراءة الأميتر نطبق قاعدة كيرشوف الأولى عند النقطة (b)، كما يلي :

$$I = I_1 + I_2$$

لحساب (I_2) نستخدم القدرة المستهلكة في البطارية كما يلي:

$$P_{\varepsilon 1} = (I_2)^2\, r_{\varepsilon 1}$$
$$0.25 = (I_2)^2(1) \rightarrow I_2 = \sqrt{0.25} = 0.5\ \text{A}$$

لحساب (I_1) نستخدم فرق الجهد $(V_a - V_b)$ عبر البطارية (ε_2) كما يلي:

$$V_a + \Sigma\, \Delta V = V_b$$
$$V_a - V_b + \Sigma\, \Delta V = 0$$
$$5 - 10 + I_1(1+3) = 0$$
$$-5 + 4I_1 = 0 \rightarrow I_1 = \frac{5}{4} = 1.25\text{A}$$
$$\text{Ammeter reading} = I = I_1 + I_2 = 1.25 + 0.5 = 1.75\text{A}$$

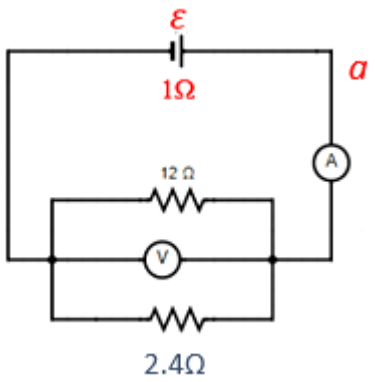
2. لحساب قيمة المقاومة (R) نستخدم فرق الجهد $(V_a - V_b)$ عبر البطارية (ε_1) كما يلي :

$$V_a + \Sigma\, \Delta V = V_b$$
$$V_a - V_b + \Sigma\, \Delta V = 0$$
$$5 - 10 + 0.5\,(1+4) + 0.5\,R = 0$$
$$-5 + 2.5 + 0.5\,R = 0 \rightarrow I_1 = \frac{2.5}{0.5} = 5\Omega$$

مثال 24: إضافي (وزارة 2016) الدورة الشتوية

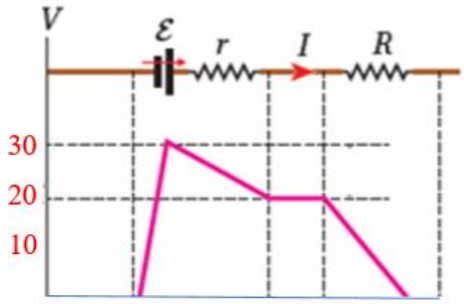
إذا مُثلت التغيرات في الجهد عبر الدارة الكهربائية البسيطة المبينة في الشكل بالرسم البياني المجاور لها . بالاعتماد على البيانات المثبتة على كل منهما، احسب :

1) القوة الدافعة الكهربائية (ε).
2) قراءة الأميتر (A).
3) قراءة الفولتميتر (V).



الحل:

1. لقوة الدافعة الكهربائية (ε):
من الرسم (ε= 30 V) .



2. قراءة الأميتر (A)، يمكن حسابها بثلاث طرق، الأولى من الهبوط بالجهد على (r) والثانية من الهبوط بالجهد على (R_{eq}) والثالثة من تطبيق قاعدة كيرشوف الثانية على العروة بداية من أي نقطة والعودة اليها ولتكن (a) مع عقارب الساعة:

$$\Delta V_r = Ir \rightarrow I = \frac{\Delta V_r}{r} = \frac{(30-20)}{1} = 10\text{A}$$

$$\Delta V_R = IR_{eq} \rightarrow I = \frac{\Delta V_R}{R_{eq}} = \frac{(20-0)}{2} = 10\text{A}$$

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_a$$
$$\Sigma\,\Delta V = V_a - V_a = 0$$
$$\varepsilon - I\,(r+R_{eq}\,) = 0 \rightarrow I = \frac{\varepsilon}{r+R_{eq}} = \frac{30}{1+2} = 10\text{A}$$
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{12} + \frac{1}{2.4} \rightarrow R_{eq} = \frac{24}{2+10} = 2\Omega$$

3. قراءة الفولتميتر (V):

$$\textit{Voltmeter reading}\ (\Delta V_\varepsilon) = \varepsilon - Ir$$
$$= 30 - 10\ (1) = 20\ \text{V}$$
$$\textit{or} = I\,R$$
$$= 10\ (2) = 20\ \text{V}$$

مثال 25: إضافي (وزارة 2016) الدورة الشتوية

ما أثر زيادة كل من :طول الموصل الفلزي، ومساحة مقطعه، ودرجة حرارته على مقاومة الموصل.

الحل:

زيادة طول الموصل يزيد من مقاومة الموصل .

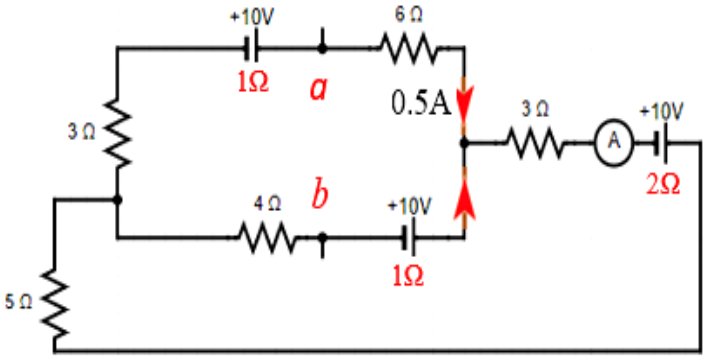
زيادة مساحة مقطعه يقلل من مقاومة الموصل .

زيادة درجة حرارته يزيد من مقاومة الموصل .

مثال 26: إضافي (وزارة 2015) الدورة الشتوية

اعتماداً على الشكل المجاور احسب ما يأتي :

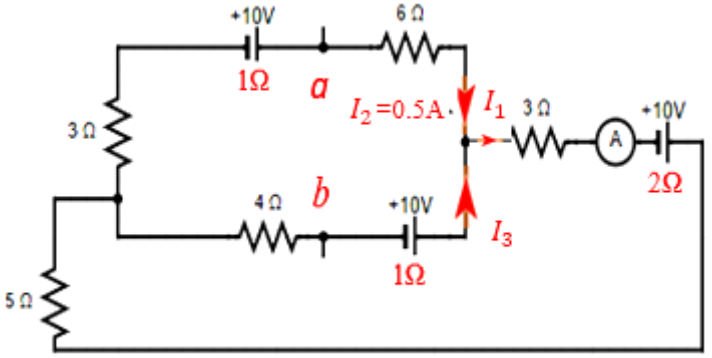
1. قراءة الأميتر(A).
2. فرق الجهد الكهربائي (V_{ab}).



الحل:

1.بعد تعين التيارات الثلاث على الرسم، وبتطبيق قاعدة كيرشوف الأولى على نقطة التفرع نستطيع حساب قراءة الأميتر (I_1) كما يلي:

$$I_1 = I_2 + I_3$$



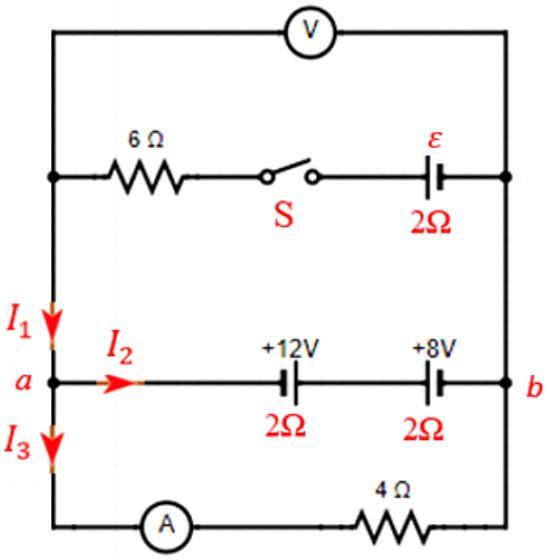
ولحساب (I_3) نطبق قاعدة كيرشوف الثانية من النقطة (a) والعودة اليها مع عقارب الساعة كما يلي:

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_a$$
$$\Sigma\,\Delta V = V_a - V_a = 0$$
$$-0.5(6) - 10 + I_3(1+4) - 0.5\,(3+1) + 10 = 0$$
$$-5 + I_3(5) = 0 \rightarrow I_3 = 1\ \text{A}$$
$$\text{Ammeter reading} = I_1 = I_2 + I_3 = 0.5 + 1 = 1.5\ \text{A}$$

2. لحساب فرق الجهد الكهربائي (V_{ab}) نطبق قاعدة كيرشوف الثانية بين النقطتين كما يلي:

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_b$$
$$V_a - V_b + \Sigma\,\Delta V = 0$$
$$V_a - V_b - 0.5(6) - 10 + 1(1) = 0$$
$$V_a - V_b - 12 = 0$$
$$V_a - V_b = 12\ \text{V}$$

مثال 27: إضافي (وزارة 2014) الدورة الشتوية



معتمداً على الشكل المجاور وبياناته أجب عما يأتي:

أولا : احسب قراءة الفولتميتر قبل غلق المفتاح (S).
ثانيا : بعد غلق المفتاح إذا كانت قراءة الأميتر(A)تساوي (0.4 A)، احسب
1) القوة الدافعة الكهربائي (ε).
2) القدرة المستهلكة في المقاومة (6Ω).

الحل:
أولا : قراءة الفولتميتر قبل غلق المفتاح (S).
نعتبر أن التيار المار في الدارة قبل غلق المفتاح (I)،
ولحسابه نطبق قاعدة كيرشوف الثانية بداية من النقطة (a)
والعودة اليها مع عقارب الساعة.

نعتبر أن التيار المار في الدارة قبل غلق المفتاح (I)، ولحسابه نطبق قاعدة كيرشوف الثانية بداية من النقطة (a) والعودة اليها مع عقارب الساعة.

قراءة الفولتميتر قبل غلق المفتاح (S) يمثلها فرق الجهد ($V_a - V_b$) ولحسابه نطبق قاعدة كيرشوف الثانية بين النقطتين كما يلي:

$$V_a + \Sigma\, \Delta V = V_b$$
$$V_a - V_b + \Sigma\, \Delta V = 0$$
$$V_a - V_b - 0.5\,(4) = 0$$
$$V_a - V_b = 2\ \text{V}$$

ثانيا: نستخدم قيمة التيار (I_3) لحساب فرق الجهد ($V_a - V_b$) ثم نحسب قيمة التيار(I_2) من خلال فرق الذي تم حسابه كما يلي :

$$V_a + \Sigma\, \Delta V = V_b$$
$$V_a - V_b + \Sigma\, \Delta V = 0$$
$$V_a - V_b - 0.4\,(4) = 0$$
$$V_a - V_b = 1.6\ \text{V}$$

$$V_a + \Sigma\, \Delta V = V_b$$
$$V_a - V_b + \Sigma\, \Delta V = 0$$
$$1.6 - I_2(2+2) + 12 - 8 = 0$$
$$5.6 - I_2(4) = 0 \rightarrow \quad I_2 = 1.4\ \text{A}$$

وبتطبيق قاعدة كيرشوف الأولى :

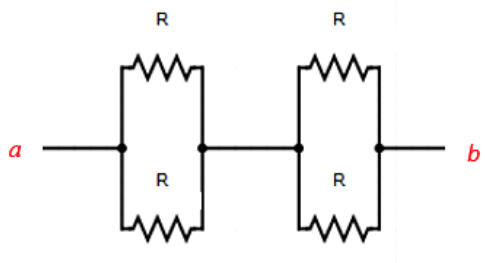
$$I_1 = I_2 + I_3 = 1.4 + 0.4 = 1.8\ \text{A}$$

ولحساب(ε)نطبق قاعدة كيرشوف الثانية بداية من النقطة (a) والعودة اليها مع عقارب الساعة على العروة الأولى كما يلي:

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_b$$
$$V_a - V_b + \Sigma\,\Delta V = 0$$
$$1.6 + 1.8(6+2) - \varepsilon = 0$$
$$1.6 + 14.4 - \varepsilon = 0 \rightarrow \varepsilon = 16\ V$$

ولحساب القدرة المستهلكة في المقاومة (6Ω):

$$P = I_1^2 R = (1.8)^2 6 = 19.44\ W$$



مثال 28: إضافي (وزارة 2014) الدورة الصيفية

إذا علمت أن المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات في الشكل المجاور تساوي (3Ω) فاحسب قيمة المقاومة (R).

الحل:

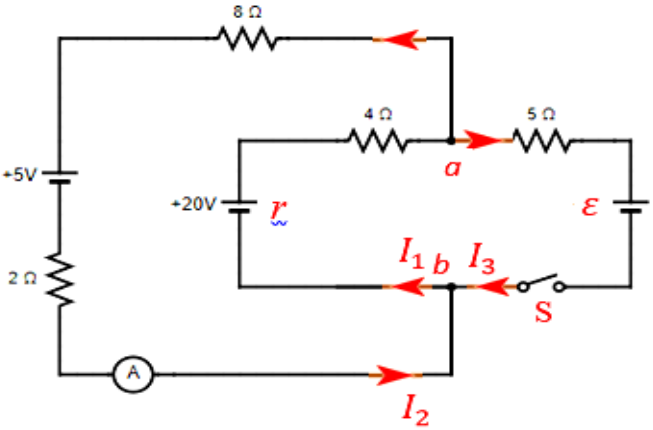
نفرض أن المقاومة المكافئة في الحلقة الأولى (R_{eq1})، أن المقاومة المكافئة في الحلقة الثانية (R_{eq2})، وأن المقاومة المكافئة في للحلقتين معا (R_{eq}) تحسب كما يلي:

$$\frac{1}{R_{eq1}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \rightarrow R_{eq1} = \frac{R}{2}$$

$$R_{eq1} = R_{eq2} = \frac{R}{2}$$

$$R_{eq} = R_{eq1} + R_{eq2} = \frac{R}{2} + \frac{R}{2} = R = 3\Omega$$

مثال 29: إضافي (وزارة 2014) الدورة الصيفية



الحل:

معتمداً على الشكل المجاور وبياناته .أجب عما يأتي:

أولا :إذا كانت قراءة الأميتر(A) قبل إغلاق المفتاح(S) تساوي (1) أمبير .احسب المقاومة الداخلية (r)

ثانيا : بعد غلق المفتاح (s) إذا كان ($V_{ab} = 11V$)

احسب :

1) قراءة الأميتر(A).
2) مقدار القوة الدافعة الكهربائية(ε).

الحل:

أولا :نعتبر أن التيار المار في الدارة قبل غلق المفتاح (I)، ولحسابه نطبق قاعدة كيرشوف الثانية بداية من النقطة (a) والعودة اليها مع عقارب الساعة واتجاه التيار عكس عقارب الساعة:

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_a$$
$$\Sigma\,\Delta V = V_a - V_a = 0$$
$$1(r) + 1(4+2+8) - 20 + 5 = 0 \rightarrow r = 1\ \Omega$$

ثانيا:

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_b$$
$$V_a - V_b + \Sigma\,\Delta V = 0$$
$$11 - I_2(10) - 5 = 0$$
$$6 - I_2(10) = 0 \rightarrow I_2 = 0.6\ \text{A (voltmeter reading)}$$

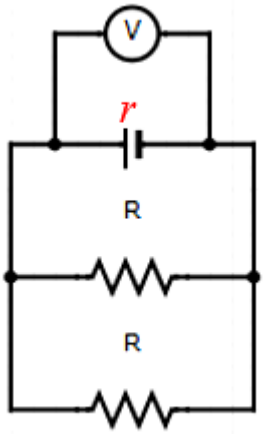
$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_b$$
$$V_a - V_b + \Sigma\,\Delta V = 0$$
$$11 + I_1(4+1) - 20 = 0$$
$$-9 + I_1(5) = 0 \rightarrow I_1 = 1.8\ \text{A}$$

$$I_1 = I_2 + I_3 \rightarrow I_3 = I_1 - I_2 = 1.8 - 0.6 = 1.2\ \text{A}$$

ولحساب مقدار القوة الدافعة الكهربائية(ε):

$$V_a + \Sigma\,\Delta V = V_b$$
$$V_a - V_b + \Sigma\,\Delta V = 0$$
$$11 - 1.2\,(5) - \varepsilon = 0$$
$$5 - \varepsilon = 0 \rightarrow \varepsilon = 5\ \text{V}$$

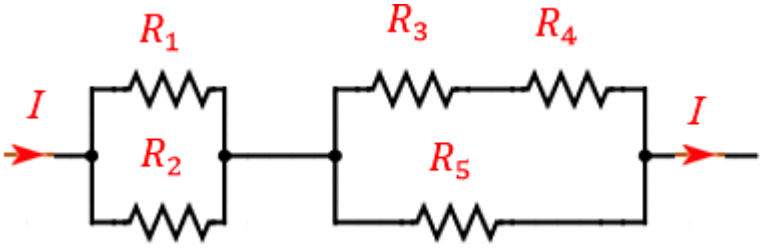
مثال 30: إضافي (وزارة 2013) الدورة الصيفية
في الدارة الكهربائية المبيّنة في الشكل المجاور أي من الآتية تمثّل قراءة الفولتميتر(V).



1) (Ir)
2) (ε)
3) $(\varepsilon - 2IR)$
4) $(\frac{IR}{2})$

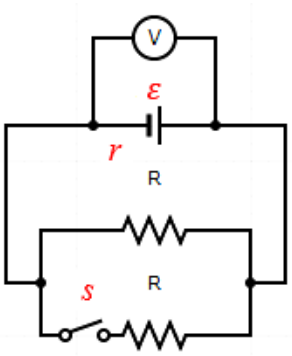
الجواب الصحيح: 4) $(\frac{IR}{2})$

مثال 31: إضافي (وزارة 2011) الدورة الشتوية
تتصل خمس مقاومات متساوية معاً كما في الشكل، حدد المقاومة الأكثر استهلاكاً للطاقة الكهربائية .مبيناً السبب.
الحل:



(R_5) هي المقاومة الأكثر استهلاكاً للقدرة
لأنه يمر بها أكبر تيار كهربائي حسب العلاقة $(P = I^2R)$

مثال 32: إضافي (وزارة 2018) **الدورة الصيفية**
معتمدا على الشكل المجاور ،ماذا يحدث لقراءة الفولتميتر (V) بعد غلق المفتاح (S) ؟ فسر إجابتك .
الحل:
عند غلق المفتاح (s) تقل المقاومة الكلية في الدارة فيزداد التيار (I) وبالتالي يزداد الهبوط في الجهد (Ir) وتقل قراءة الفولتميتر $(\varepsilon - Ir)$.



ملاحظة: في حال كان السؤال غير موجودة المقاومة الداخلية (مهملة) فلا يحدث هبوط في الجهد، ولا تختلف قراءة الفولتميتر.

مثال 33: إضافي

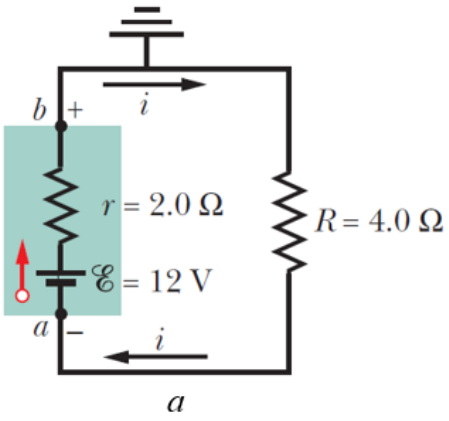
معتمداً على الشكل المجاور وبياناته ، جد جهد النقطتين (V_a, V_b) في الشكلين (a,b)

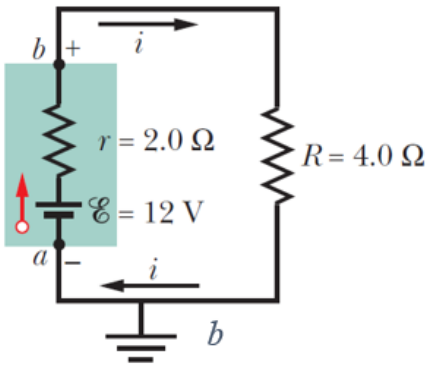
الحل:

لحساب الجهد، نحسب التيار المار في الدارة من تطبيق قاعدة كيرشوف الثانية على الدارتين:

ملاحظة

1. أن التيار هنا لا يتفرع عند نقطة التأريض
2. أن جهد نقطة التأريض صفر .





$$V_a + \Sigma \Delta V = V_a$$
$$\Sigma \Delta V = V_a - V_a$$
$$\Sigma \Delta V = 0$$
$$\Sigma \Delta V = -V_a$$
$$\varepsilon - I(R+r) = 0$$
$$12 - I(4+2) = 0 \rightarrow I = 2\text{A}$$

وهذا التيار المحسوب (2A) نفسه للشكل (a) و(b).

أولا: جهد النقطتين (V_a, V_b) للشكل (a):

$$V_b = 0$$
$$V_a + \Sigma \Delta V = V_b$$
$$\Sigma \Delta V = V_b - V_a$$
$$\Sigma \Delta V = 0 - V_a$$
$$\Sigma \Delta V = -V_a$$
$$\varepsilon - I(r) = -V_a$$
$$12 - 2(2) = -V_a \rightarrow V_a = -8\text{V}$$

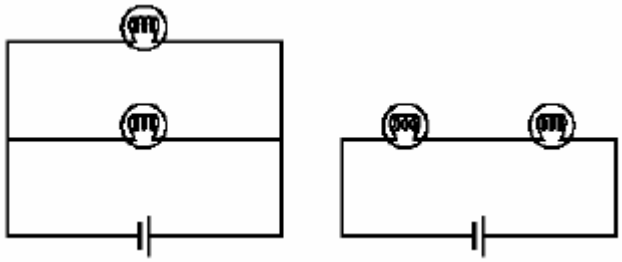
ثانيا: جهد النقطتين (V_a, V_b) للشكل (b):

$$V_a = 0$$
$$V_b + \Sigma \Delta V = V_a$$
$$\Sigma \Delta V = V_a - V_b$$
$$\Sigma \Delta V = 0 - V_b$$
$$\Sigma \Delta V = -V_b$$
$$I(r) - \varepsilon = -V_b$$
$$2(2) - 12 = -V_b \rightarrow V_b = 8\text{ V}$$

مثال 34: إضافي

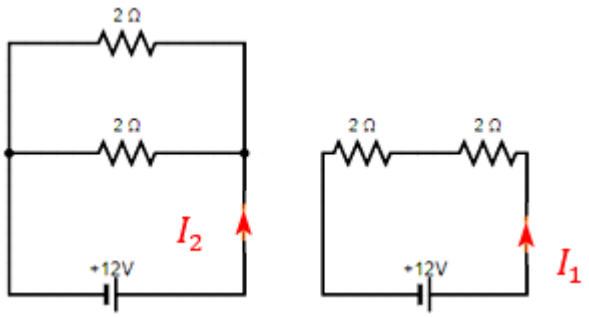
في الشكل المجاور إذا كانت المصابيح الأربعة متماثلة والبطاريات متماثلة فأي الدارتين تعطي إضاءة اعلى:

1. توصيلة التوالي
2. توصيلة التوازي
3. نفس الإضاءة في التوصيلتين
4. لا يمكن التحديد



الحل:

في توصيلة التوالي يكون التيار ($\frac{1}{2}$) التيار في كل تفرع من توصيلة التوازي، أو التيار الكلي الناتج في توصيلة التوازي (4) أضعاف التيار الكلي المسحوب من توصيلة التوازي وبالتالي تكون القدرة المستهلكة الكلية (الإضاءة الكلية) في التوازي (4) أضعاف إضاءة التوالي. وللتوضيح افرض أن مقاومة كل مصباح (2Ω) والقوة الدافعة الكهربائية ($12V$)، ويحسب التيار في التوصيلتين كما يلي:



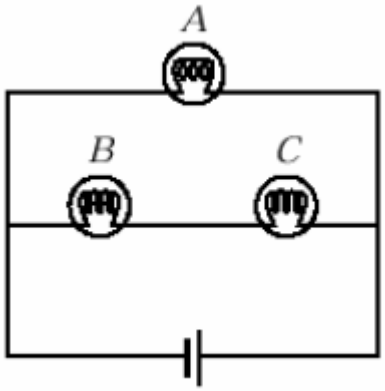
$$I_1 = \frac{12}{4} = 3A \quad , P_1 = 3^2(4) = 36\ W$$

$$I_2 = \frac{12}{1} = 12A \quad , P_2 = 12^2(1) = 144\ W$$

الجواب الصحيح (2. دائرة التوازي)

مثال 35: إضافي

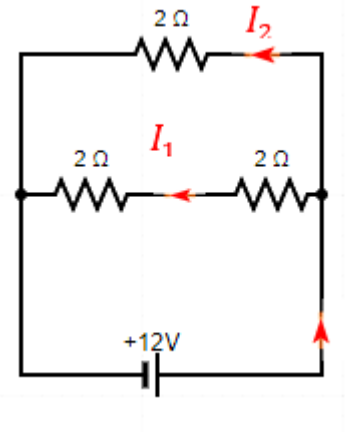
في الشكل المجاور إذا كانت المصابيح الثلاثة متماثلة فان نسبة إضاءة المصباح(B) الى (A) :



1. إضاءة المصباح(B) (4) أضعاف إضاءة المصباح(A)
2. إضاءة المصباح(B) ضعفين إضاءة المصباح (A)
3. إضاءة المصباح(B) تساوي إضاءة (A)
4. إضاءة المصباح(B) ($\frac{1}{2}$) إضاءة (A)
5. إضاءة المصباح(B) ($\frac{1}{4}$) إضاءة (A)

الحل:

التيار المار في المصباحين (B,C) نصف التيار المار في المصباح (A) وللتوضيح افرض أن مقاومة كل مصباح (2Ω) والقوة الدافعة الكهربائية ($12V$)، ويحسب التيار في كل فرع كما يلي:



$$I_1 = \frac{V}{R_B + R_C} = \frac{12}{4} = 3\text{A} \qquad , P_B = 3^2(2) = 18\text{ W}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_A} = \frac{12}{2} = 6\text{A} \qquad , P_A = 6^2(2) = 72\text{ W}$$

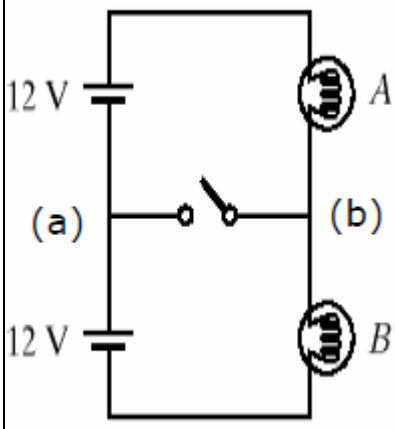
$$\frac{P_B}{P_A} = \frac{18}{72} = \frac{1}{4}$$

الجواب الصحيح (5. إضاءة المصباح(B) ($\frac{1}{4}$) إضاءة (A))

مثال 36: إضافي

في الشكل المجاور إذا كان المصباحين متماثلان ، فأي العبارات التالية صحيحة عند غلق المفتاح :

1. ينطفئ المصباحين
2. تزداد إضاءة المصباحين
3. تقل إضاءة المصباحين
4. لا يحدث أي تغير في إضاءة المصباحين



الحل:

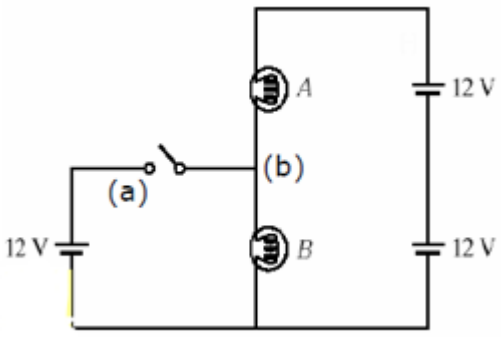
مجموع القوة الدافعة في البطاريتين (24V) وهذا الجهد يتوزع على المصباحين بالتساوي أي (12V) لكل مصباح، لان الجهد على التوالي يتوزع على المقاومتين (المصباحين) حسب نسبة مقاومتيهما، وعند غلق المفتاح يبقى الجهد المطبق على كل مصباح (12V) .

الجواب الصحيح: (4. لا يحدث أي تغير في إضاءة المصباحين)

مثال 37: إضافي

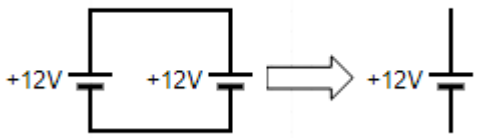
في الشكل المجاور إذا كان المصباحين متماثلان ، فأي العبارات التالية صحيحة عند غلق المفتاح :

1. تزداد إضاءة المصباح A
2. تقل إضاءة المصباح A
3. تزداد إضاءة المصباح B
4. تقل إضاءة المصباح B
5. لا يحدث أي تغير في إضاءة المصباحين



الحل:

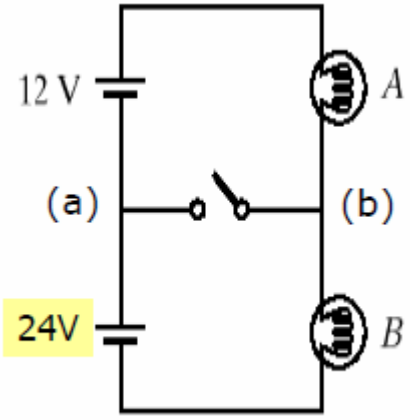
مجموع القوة الدافعة في البطاريتين(24V) وهذا الجهد يتوزع على المصباحين بالتساوي أي (12V) لكل مصباح، لان الجهد على التوالي يتوزع على المقاومتين (المصباحين) حسب نسبة مقاومتيهما، وعند غلق المفتاح يصبح لدينا جهدين (12V) متساويين وعند جمع بطاريتين على التوازي تبقي قيمة الجهد مساوية لإحداهما والشكل التالي يوضح توصيل بطاريتين على التوازي.



مثال 38: إضافي

في الشكل المجاور إذا كان المصباحين متماثلان ، فأي العبارات التالية صحيحة عند غلق المفتاح :

1. تزداد إضاءة المصباح A وتقل إضاءة المصباح B.
2. تقل إضاءة المصباح A وتزداد إضاءة المصباح B.
3. ينطفئ كلا المصباحين .
4. لا يحدث أي تغير في إضاءة المصباحين.



الحل:

قبل غلق المفتاح يكون الجهد على كل مصباح ($\frac{12+24}{2}$ = 18 V)

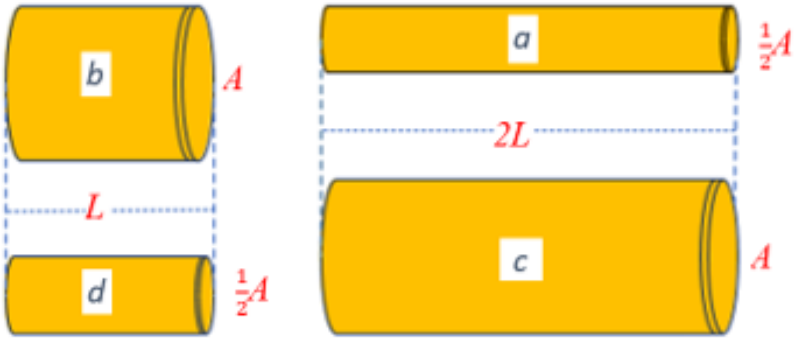
وبعد غلق المفتاح جهد المصباح (B) يساوي (24V) فتزداد إضاءته وجهد الصباح (A) يساوي (12V) فتقل إضاءته.

الجواب الصحيح: (2.تقل إضاءة المصباح A وتزداد إضاءة المصباح B)

مثال 39: إضافي (وزارة 2021)

معتمدا على البيانات المثبتة في الشكل المجاور، والذي يبين اربع موصلات (a , b , c , d) مختلفة ، اذا وصل طرفي كل منها بمصدر فرق الجهد نفسه (v) ،فان الموصل الذي يمر فيه اقل تيار هو :

1. a
2. b
3. c
4. d



$\rho_a = \rho_b = 2\rho$ ، $\rho_c = \rho_d = \rho$

الحل:

تحسب مقاومة كل موصل حسب الأبعاد الهندسية الموضحة في الشكل كما يلي:

$$R_a=\frac{\rho_a L_a}{A_a}=\frac{2\rho 2L}{\frac{1}{2}A}=\frac{8\rho L}{A} \qquad R_b=\frac{\rho_b L_b}{A_b}=\frac{2\rho L}{A}$$

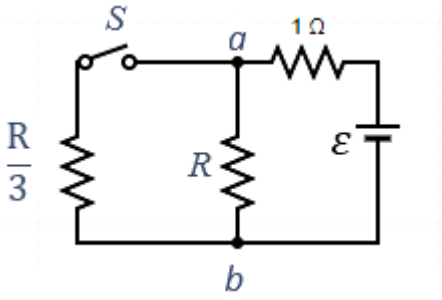
$$R_c=\frac{\rho_c L_c}{A_c}=\frac{\rho 2L}{A}=\frac{2\rho L}{A} \qquad R_d=\frac{\rho_d L_d}{A_d}=\frac{\rho L}{\frac{1}{2}A}=\frac{2\rho L}{A}$$

المقاومة الأعلى يمر فيها اقل تيار.

الجواب الصحيح: 1. a

مثال 40: إضافي (وزارة 2021)

معتمدا على البيانات المثبتة في الشكل المجاور، اذا علمت أن القدرة التي تستهلكها المقاومتان $(R\ ,\ \frac{R}{3})$ الواقعتان بين النقطتين $(a\ ,\ b)$ لا تتأثر بفتح المفتاح (s) أو غلقه ، فان قيمة المقاومة (R) بالأوم تساوي:



1. $\frac{2}{3}$
2. $\frac{8}{3}$
3. 2
4. 4

الحل:

$$I_1=\frac{\varepsilon}{1+R}\ ,\quad (S=OFF)$$

$$,\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{R}+\frac{1}{\frac{R}{3}}\rightarrow \quad R_{eq}=\frac{R}{4}$$

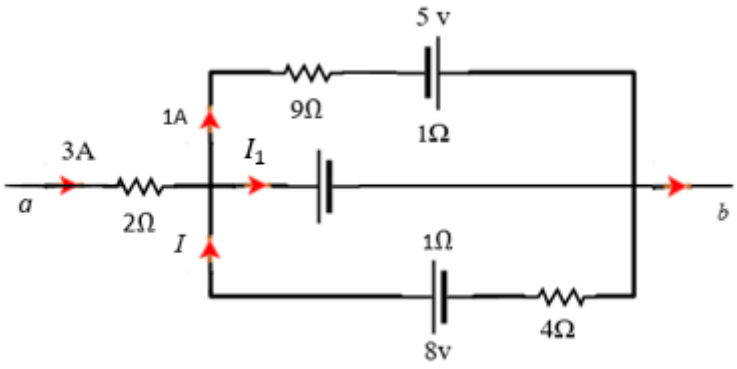
$$I_2=\frac{\varepsilon}{1+\frac{R}{4}}\ ,\quad (S=ON)$$

$$P_1=I_1{}^2R=\frac{\varepsilon^2}{(1+R)^2}(R)$$

$$P_2=I_2{}^2\frac{R}{4}=\frac{\varepsilon^2}{(1+\frac{R}{4})^2}(\frac{R}{4})$$

$$\frac{\varepsilon^2}{(1+R)^2}(R)=\frac{\varepsilon^2}{(1+\frac{R}{4})^2}(\frac{R}{4})\rightarrow\frac{1}{(1+R)^2}=\frac{1}{4(1+\frac{R}{4})^2}\rightarrow\frac{1}{(1+R)}=\frac{1}{2(1+\frac{R}{4})}\rightarrow$$

$$(1+R)=(2+\frac{R}{2})\rightarrow\ \frac{R}{2}=1\rightarrow R=2\ \Omega$$



مثال 41: إضافي (وزارة 2021)
معتمدا على البيانات المثبتة في الشكل المجاور والذي يبين جزءا من دارة كهربائية، يكون مقدار كل من $(V_a - V_b)$ بالفولت و (I) بالأمبير على الترتيب:

1. (0.6 A) ، (11 V)
2. (1.4 A) ، (11 V)
3. (1.4 A) ، (-11 V)
4. (0.6 A) ، (-11 V)

الحل:

$$V_a + \Sigma\, \Delta V = V_b$$
$$V_a - V_b + \Sigma\, \Delta V = 0$$
$$V_a - V_b - 3(2) - 1(9+1) + 5 = 0$$
$$V_a - V_b - 11 = 0$$
$$V_a - V_b = 11 \text{ V}$$

$$V_a + \Sigma\, \Delta V = V_b$$
$$V_a - V_b + \Sigma\, \Delta V = 0$$
$$11 - 3(2) - I\,(1+4) - 8 = 0$$
$$11 - 6 + 5I - 8 = 0$$
$$-3 + 5I = 0 \rightarrow I = 0.6 \text{ A}$$

الجواب الصحيح : 1. (0.6 A) ، (11 V)

مثال 42: إضافي (وزارة 2021)
سخان كهربائي يستهلك طاقة كهربائية مقدارها (0.8 kWh) عندما يعمل لمدة (6min)، فاذا علمت أن مقاومته (6Ω) فان التيار الكهربائي المار فيه بالأمبير يساوي:

1. 2
2. 4
3. 8
4. 16

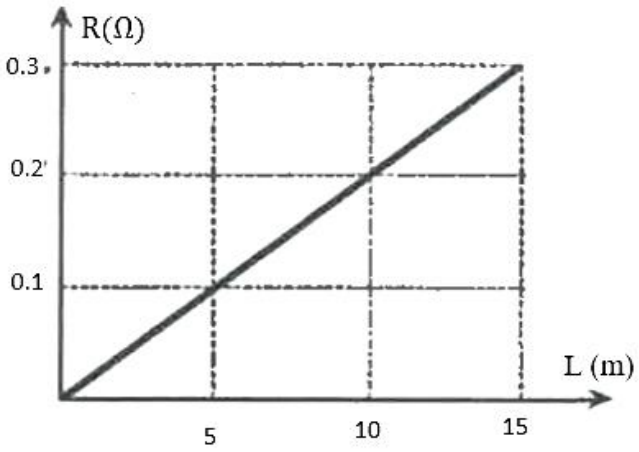
الحل:

$$E = Pt = I^2 R\, t$$
$$0.8 \times 10^3 = I^2 \times 500 \times \frac{6}{60} \rightarrow I^2 = 16 \rightarrow I = 4\text{A}$$

الجواب الصحيح : 2. 4

مثال 43: إضافي (وزارة 2022)

يمثل الشكل المجاور العلاقة بين مقاومة موصل فلزي وطوله، إذا كانت مقاومية الموصل $(10\times10^{-8}\Omega.\,m)$ عند درجة حرارة $(20°c)$ فان مساحة مقطعه بوحدة (m^2) تساوي:



1. 2×10^{-5}
2. 5×10^{-6}
3. 2×10^{5}
4. 5×10^{6}

الحل:

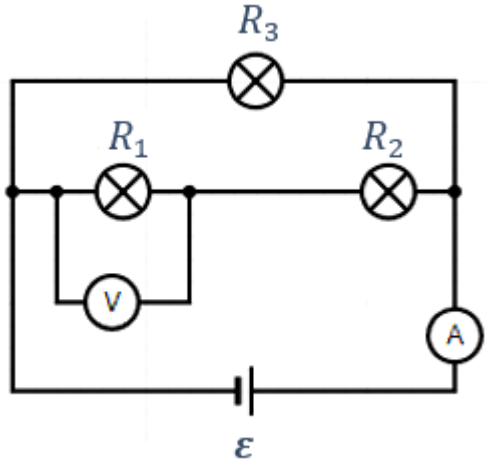
$$Slope = \frac{0.3-0.2}{15-10} = \frac{0.1}{5}\ \frac{\Omega}{m}$$

$$A = \frac{\rho L}{R} = 10\times10^{-8}\ (\frac{5}{0.1}) = 5\times10^{-6}\ m^2$$

الجواب الصحيح : 2 . 5×10^{-6}

مثال 44: إضافي (وزارة 2022)

يمثل الشكل المجاور ثلاثة مصابيح مقاومتها $(R_1 = R\ , R_2 = 2R\ , R_3 = 3R)$ وبطارية (ε) في دارة كهربائية، إذا احترق فتيل المصباح (R_3) فان قراءة كل من الأميتر (A) والفولتميتر (V) على الترتيب:

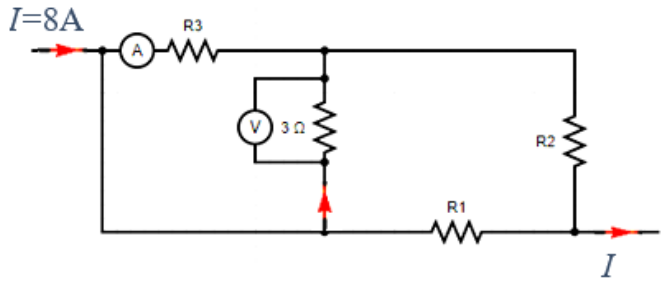


1. تقل، لا تتغير
2. تقل، تقل
3. لا تتغير، تقل
4. لا تتغير، لا تتغير

الجواب الصحيح: 1. تقل، لا تتغير

مثال 45: إضافي (وزارة 2022)

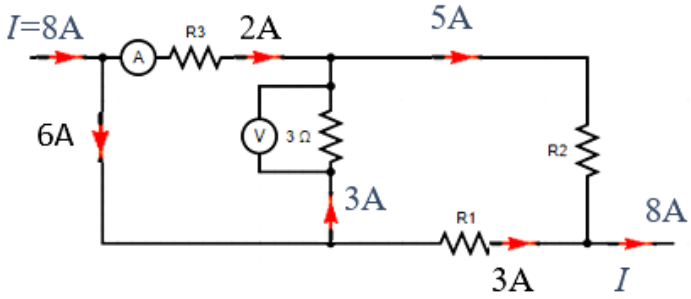
اعتمادا على البيانات المثبتة في جزء الدارة الكهربائية في الشكل المجاور، إذا كانت قراءة الأميتر (A) تساوي (2A) وقراءة الفولتميتر (V) تساوي (9V) فان التيار بوحدة (الأمبير) المار في المقاومتين (R_1, R_2)على الترتيب:



1. (3,5)
2. (5,3)
3. (2,6)
4. (6,2)

الحل:

من قراءة الفولتميتر يمكن حساب التيار المار في المقاومة (3Ω):



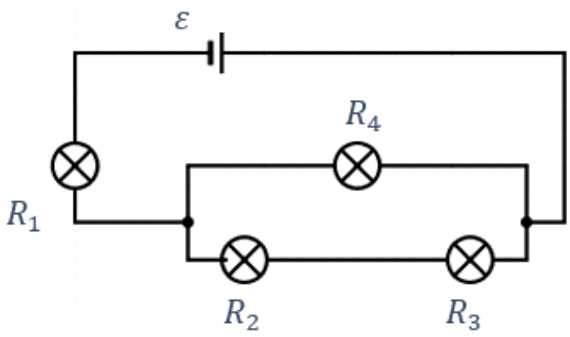
$$I_{3\Omega} = \frac{9}{3} = 3\text{A}$$

قراءة الأميتر (2A) ويتبقى من التيار الكلي (6A)، وبما أن التيار في المقاومة (3Ω) يساوي (3A) فيتبقى من التيار (6A) تيار (3A) يمر في المقاومة (R_1) ، وعندما يجتمع التيار المار في المقاومة (3Ω) مع قراءة الأميتر ينتج عنه تيار (5A) يمر في المقاومة (R_2) .

الجواب الصحيح: 1. (3,5)

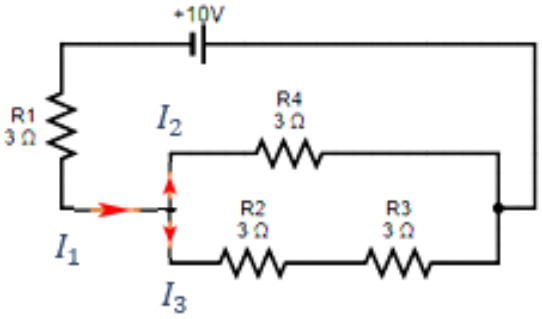
مثال 46: إضافي (وزارة 2022)

يبين الشكل المجاور دارة كهربائية تتكون من أربعة مصابيح متماثلة وبطارية، المصباح الذي يكون له اقوى إضاءة هو:



1. (R_1)
2. (R_2)
3. (R_3)
4. (R_4)

الجواب الصحيح : 1. (R_1)



مثال 47: إضافي

يبين الشكل المجاور دارة كهربائية تتكون من أربع مقاومات متماثلة وبطارية، احسب القدرة المستهلكة في المقاومات الأربعة والقدرة المنتجة في البطارية ؟

الحل:

المقاومتان(R_2) و (R_3)على التوالي تحسب كما يلي:

$$R_3+R_2= 3+3 = 6\ \Omega$$

والمقاومة الناتجة (6Ω) على التوازي مع (R_4) ولتكن (R) تحسب كما يلي :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} \longrightarrow R= 2\ \Omega$$

$$I_1= \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{10}{3+2} = 2\text{A}$$

$$P_1= I_1{}^2 R_1 = (2)^2 \times 3 = 12\ \text{W}$$

$$V_{R_1}= I_1 R_1= 2\times 3 = 6\ \text{V}$$

$$V_{R_{eq}}= \varepsilon - V_{R_1}= 10 - 6 = 4\ \text{V}$$

$$I_2= \frac{V_{Req}}{R_4} = \frac{4}{3}\ \text{A}$$

$$P_4= I_2{}^2 R_4 = \left(\frac{4}{3}\right)^2 \times 3 = \frac{16}{3}\ \text{W}$$

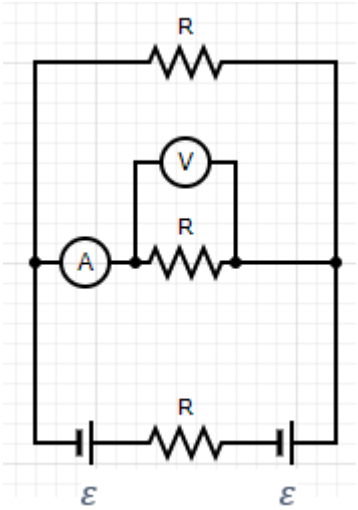
$$I_3= I_1 - I_2 = 2 - \frac{4}{3} = \frac{2}{3}\ \text{A}\ ,\ \text{or}\ \ I_3= \frac{V_{Req}}{R_2+R_3} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}\ \text{A}$$

$$P_2= P_3 = I_3{}^2 R_2 = \left(\frac{2}{3}\right)^2 \times 3 = \frac{4}{3}\ \text{W}$$

$$P_\varepsilon= I_1 \varepsilon = 2 \times 10 = 20\ \text{W}$$

ملاحظة: القدرة المنتجة من البطارية تساوي مجموع القدرة المستهلكة في الدارة الخارجية كما يلي :

$$P_\varepsilon = I_1{}^2 R_{eq} = (2)^2 \times (2+3) = 20\ \text{W}\ ,\ \text{or}\ = \left(12 + \frac{16}{3} + \frac{4}{3} + \frac{4}{3}\right) = 20\ \text{W}$$



مثال 48: إضافي (وزارة 2022)

معتمدا على البيانات المثبتة في الدارة الكهربائية في الشكل المجاور، إذا علمت أن المقاومات متماثلة ، والبطاريتين متماثلتين ، والمقاومة الداخلية لكل منهما مهملة ، فان قراءة الأميتر والفولتميتر (A , V) على الترتيب :

.1 $\frac{2\varepsilon}{3R}, \frac{2\varepsilon}{3}$ .2 $\frac{3\varepsilon}{2R}, \frac{2\varepsilon}{3}$

.3 $\frac{2\varepsilon}{3R}, \frac{3\varepsilon}{2}$ .4 $\frac{3\varepsilon}{2R}, \frac{3\varepsilon}{2}$

الحل:

$$R_{eq} = R + \frac{1}{2}R = \frac{3}{2}R$$

$$I = \frac{\varepsilon+\varepsilon}{\frac{3}{2}R} = \frac{2\varepsilon}{R}\left(\frac{2}{3}\right) = \frac{4\varepsilon}{3R}$$

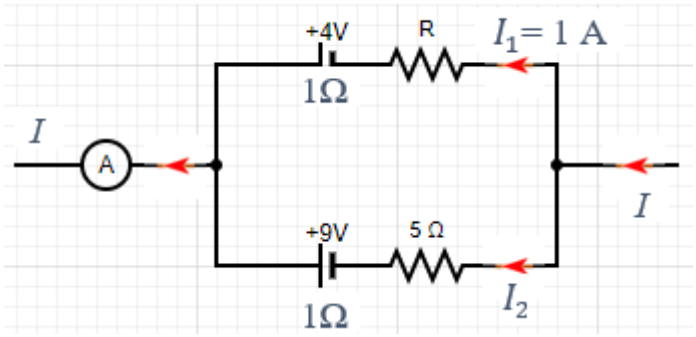
التيار المحسوب يمثل التيار الكلي وبما أن المقاومتين الموصولتين على التوازي متماثلتين، فان التيار الكلي يتجزأ بينهما بالتساوي كما يلي:

$$I_1 = \frac{1}{2}I = \frac{1}{2}\left(\frac{4\varepsilon}{3R}\right) = \frac{2\varepsilon}{3R} = \text{(ammeter reading)}$$

$$\text{(voltmeter reading)} = I_1 R = \frac{2\varepsilon}{3R}(R) = \frac{2\varepsilon}{3}$$

الجواب الصحيح: 1. $\left(\frac{2\varepsilon}{3R}, \frac{2\varepsilon}{3}\right)$

مثال 49: إضافي (وزارة 2022)
معتمدا على البيانات المثبتة في جزء الدارة الكهربائية المبينة في الشكل المجاور إذا علمت أن $(V_a - V_b = 3\ V)$، جد ما يلي:



1. المقاومة (R) بوحدة الأوم تساوي:

أ. 2 ب. 4 ج. 6 د. 8

الحل:

$$V_a + \Sigma\, \Delta V = V_b$$
$$V_a - V_b + \Sigma\, \Delta V = 0$$
$$3 - 1(R) - 1(1) + 4 = 0$$
$$6 - R = 0 \rightarrow R = 6\ \Omega$$

2. قراءة الأميتر (A) بوحدة الأمبير تساوي:

أ. 1 ب. 1.5 ج. 2 د. 3

الحل:

$$V_a + \Sigma\, \Delta V = V_b$$
$$V_a - V_b + \Sigma\, \Delta V = 0$$
$$3 - I_2(5+1) + 9 = 0$$
$$12 - 6I_2 = 0 \rightarrow I_2 = 2\ \text{A}$$
$$I = I_1 + I_2 = 1+2 = 3\ \text{A}$$

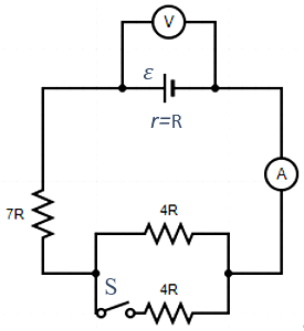
مثال 50: إضافي (وزارة 2022)

دارة كهربائية تتكون من بطارية مقاومتها الداخلية (1Ω) ومقاومة خارجية (4Ω)، إذا علمت أن القدرة التي تنتجها البطارية (20W)، فان التيار بوحدة (أمبير) في المقاومة الخارجية يساوي:

أ. 20 ب. 10 ج. 2.5 د. 2

الحل:

$$P = I^2R \rightarrow I^2 = \frac{P}{R} = \frac{20}{5} = 4 \rightarrow \text{I} = \sqrt{4} = 2\ \text{A}$$



مثال 51: إضافي (وزارة 2010)

اعتمادا على البيانات المثبتة في الدارة الكهربائية في الشكل المجاور، إذا كانت قراءة الأميتر (A) تساوي (2A)، وبعد غلق المفتاح (S) كانت قراءة الفولتميتر (V) تساوي (10.8 V)، فان القوة الدافعة الكهربائية (ε) بوحدة الفولت تساوي:

أ. 24 ب. 21.6 ج. 12 د. 10.8

الحل:

S = off, ammeter reading = 2 A

$\varepsilon - 2(R+4R+7R) = 0$

$\varepsilon = 24(R)$

S= on , voltmeter reading = 10.8 V = $\varepsilon - IR$

$\varepsilon - I(R+2R+7R) = 0$

$\varepsilon = I\ (10\ R)$

$\varepsilon_{S=OFF} = \varepsilon_{S=ON}$

$24(R) = I\ (10\ R) \rightarrow I = 2.4$ A

$\varepsilon - IR = I\ (9R)$

$10.8 = 2.4 \times 9\ (R) \rightarrow R = 0.5\ \Omega$

$\varepsilon = 24(R) = 24 \times 0.5 = 12$ V

مثال 52: إضافي (وزارة 2019)

موصل مقاومته (R)، وطوله (L)، قطع الموصل الي جزأين متساويين، ثم وصل الجزان معا على التوازي، فان المقاومة المكافئة لهما تصبح:

أ. $4R$ ب. $2R$ ج. $\frac{R}{2}$ د. $\frac{R}{4}$

الحل:

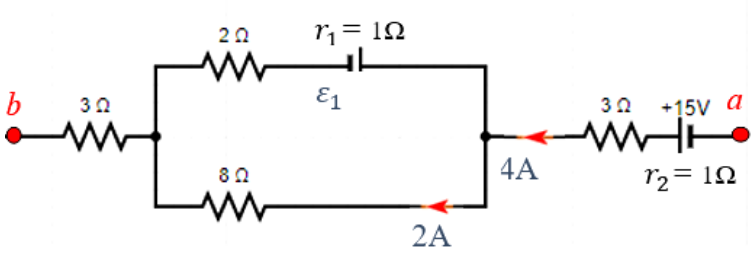
بعد القطع تصبح مقاومة كل جزء $(\frac{R}{2})$ ، وعند توصيل الجزءان على التوازي تحسب المكافئة لهما كما يلي:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{R}{2}} + \frac{1}{\frac{R}{2}} \rightarrow R_{eq} = \frac{R}{4}$$

مثال 53: إضافي (وزارة تكميلي 2020)

اعتماد اعلى البيانات المثبتة في جزء الدارة الكهربائية المبينة في الشكل المجاور، فرق الجهد الكهربائي $(V_a - V_b)$ بالفولت يساوي:

أ. 29 ب. −29 ج. 44 د. −44



الحل:

$V_a + \Sigma\, \Delta V = V_b$

$V_a - V_b + \Sigma\, \Delta V = 0$

$V_a - V_b + 15 - 4(1+3) - 2(8) - 4(3) = 0$

$V_a - V_b - 29 = 0$

$V_a - V_b = 29$ V