الوحدة الثالثة

التيار الكهربائي

إعداد الأستاذ

علاء عواد

0788817681

القسم الأول

مفاهيم أساسية

1 الشحنة الكهربائية

التعريف

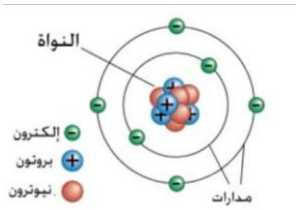
الشحنة الكهربائية: هي صفة من صفات المادة مثل الكتلة والحجم وتقاس بوحدة الكولوم (C)

التركيب الذري للمادة

مادة ← تتكون من ← ذرات ← تتكون من ← إلكترونات (تدور حول النواة)

ذرات ← تتكون من ← بروتونات (داخل النواة)

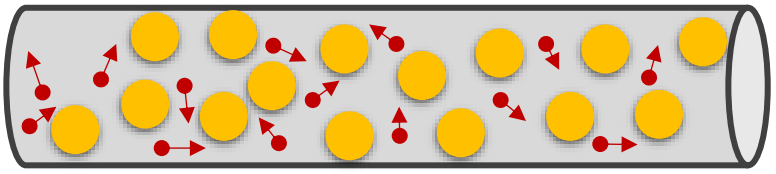
ذرات ← تتكون من ← نيوترونات (داخل النواة)



الجسيمات التي لها صفة الشحنة هي :

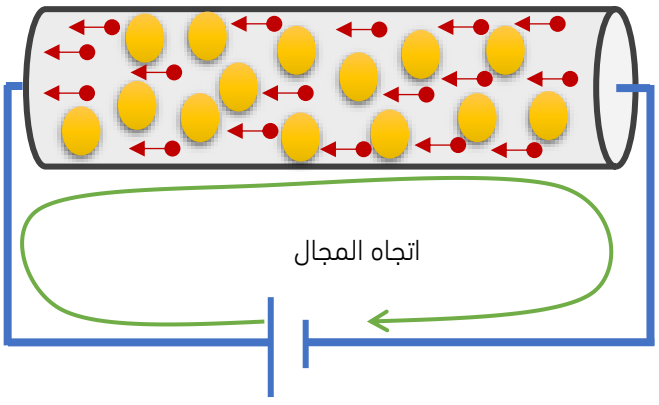
- الإلكترون (وله شحنة سالبة مقدارها $Q_e = -1.6\times10^{-19}C$)
- البروتون (وله شحنة موجبة مقدارها $Q_p = +1.6\times10^{-19}C$)

تحتوي المواد على عدد كبير جدا من الذرات وبعض هذه المواد يكون ارتباط الإلكترونات بالنواة ضعيف جدا لذلك تستطيع هذه الإلكترونات الإفلات من النواة والتحرك بين ذرات المادة بحركة عشوائية وتسمى هذه الإلكترونات بالإلكترونات الحرة



عند وصل الموصل السابق ببطارية :

1. ينشأ مجال كهربائي داخل الموصل كما في الشكل المجاور
2. يؤثر المجال على الشحنات (الإلكترونات الحرة) بقوة كهربائية
3. تتحرك جميع الإلكترونات الحرة باتجاه موحدة عكس اتجاه المجال
4. الحركة الموحدة للشحنات تسمى تيار كهربائي



تذكر ....

عند وضع جسيم مشحون داخل مجال كهربائي فإنه يتأثر بقوة كهربائية تحركه

- باتجاه المجال (إذا كان موجب الشحنة)
- عكس اتجاه المجال (إذا كان سالب الشحنة)

2 التيار الكهربائي

التعريف

التيار الكهربائي (I) : هو كمية الشحنة التي تعبر المقطع العرضي لموصل خلال وحدة الزمن (ثانية واحدة)

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

ΔQ ← كمية الشحنة

Δt ← زمن عبورها

ملاحظات هامة....

1. يقاس التيار الكهربائي بوحدة أمبير (A) والتي تكافئ (كولوم/ثانية) ← $[I] = A = \frac{C}{s}$

2. لا يكتمل وصف التيار الكهربائي إلا بمعرفة كل من
   - مقداره ← $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$
   - اتجاهه
     - الحقيقي : باتجاه حركة الإلكترونات
     - الاصطلاحي: عكس اتجاه حركة الإلكترونات

3. أنواع التيار الكهربائي :
   - تيار مستمر : تيار يسري في موصل باتجاه واحد وقيمة ثابتة لا تتغير مع الزمن
   - تيار متردد : (يدرس خلال الفصل الثاني)

السؤال 1 ماذا نعني بقولنا إن التيار المار في موصل يساوي $(6A)$

الجواب: هذا يعني أن شحنة مقدارها $(6C)$ تعبر المقطع العرضي للموصل خلال ثانية واحدة $(1s)$ ← $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \rightarrow 6 = \frac{6}{1}$

السؤال 2 ماذا نعني بقولنا إن التيار المار في موصل يساوي $(15A)$

الجواب: هذا يعني أن شحنة مقدارها $(15C)$ تعبر المقطع العرضي للموصل خلال ثانية واحدة $(1s)$ ← $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \rightarrow 15 = \frac{15}{1}$

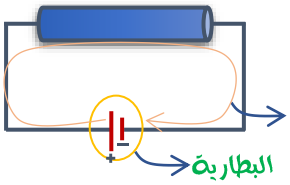
السؤال 3 وضح ما المقصود بالأمبير

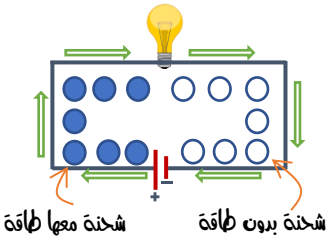
الجواب: هو مقدار التيار الكهربائي الذي يسري في موصل عندما تعبر مقطع هذا الموصل شحنة مقدارها $(1C)$ في ثانية واحدة.

كيف ينشأ تيار كهربائي في موصل (شروط سريان التيار الكهربائي في الموصل)

عندما يتعرض الموصل لمجال كهربائي فإن الإلكترونات تتحرك حركة منتظمة باتجاه واحد مما يؤدي إلى توليد تيار كهربائي ولا ينشأ هذه المجال إلا بتحقق الشرطين الآتيين :

1. وصل طرفي الموصل مع بطارية
2. أن تكون الدارة مغلقة





ولكن ما الفائدة من مرور التيار الكهربائي ؟؟

عند مرور الشحنات الكهربائية المكونة للتيار داخل البطارية فإن البطارية تبذل شغلا على هذه الشحنات وبالتالي (تختزن طاقة في هذه الشحنات) وبعد خروج الشحنات من البطارية ومرورها في جهاز كهربائي (مصباح مثلا) فإن المصباح يأخذ الطاقة من الشحنات ويحولها لطاقة ضوئية ثم تعود الشحنات من جديد إلى البطارية لتختزن طاقة.

3 الجهد الكهربائي

التعريف

فرق الجهد الكهربائي: هو مقدار الطاقة التي تكتسبها أو تخسرها وحدة الشحنات الموجبة عند عبور جهاز كهربائي

$$\Delta V = \frac{\Delta E}{\Delta Q}$$

ملاحظات هامة....

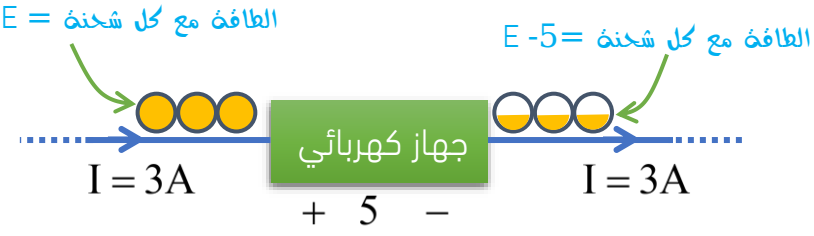
1. وحدة قياس الجهد هي فولت (V) والتي تكافئ (جول/كولوم) ⟵ $[\Delta V] = \frac{[\Delta E]}{[\Delta Q]} \longrightarrow V = \frac{J}{C}$

2. لا يكتمل وصف فرق الجهد الكهربائي إلا بعرفة كل من
   - مقداره ⟵ $\Delta V = \frac{\Delta E}{\Delta Q} = \frac{\Delta W}{\Delta Q}$
   - قطبيته (مكان إشارة الموجب وإشارة السالب)

3. يدل القطب الموجب على الجهة ذات الجهد الأعلى أي الجهة التي تكون فيها شحنات التيار تمتلك طاقة أكبر
   يدل القطب السالب على الجهة ذات الجهد الأقل أي الجهة التي تكون فيها شحنات التيار تمتلك طاقة أقل.

توضيح لكل ما سبق .....

ملاحظة: كل دائرة على الشكل تمثل شحنة مقدارها $(1C)$



أي جهاز يستهلك طاقة تياره يخرج من القطب السالب

أي بطارية تنتج طاقة تيارها يخرج من القطب الموجب

4 المقاومة الكهربائية

☑ مقدمة

تعتمد سهولة مرور التيار الكهربائي في مادة ما على أحد خصائص المادة والتي تسمى المقاومة الكهربائية والتي تمثل ممانعة الموصل لمرور التيار الكهربائي واعتمادا على المقاومة الكهربائية يمكن تقسم المواد إلى ثلاث أنواع :

1. مواد موصلة (مقاومتها قليلة) : يمر فيه التيار بسهولة (مثل: الفضة والنحاس)
2. مواد عازلة (مقاومتها كبيرة جدا): لا يمر فيها التيار إلا بصعوبة بالغة جد (مثل: الزجاج والمطاط)
3. مواد شبه موصلة (مقاومتها متوسطة): هي مواد تتصرف أحيانا كمواد موصلة وأحيانا كمواد عازلة (مثل: الجرمانيوم والسيليكون)

☑ قانون أوم

أول من درس المقاومة الكهربائية كان العالم أوم حيث لاحظ وجود علاقة بين التيار المار في موصل ومقدار فرق الجهد المطبق عليه وصاغ قانونه بالشكل التالي

قانون أوم

نص القانون : يتناسب التيار المار في موصل طرديا مع فرق الجهد بين طرفي بثبوت درجة حرارته

رياضيا: $\Delta V = I \times R$

ملاحظات هامة....

يمكن من خلال قانون أوم استنتاج المعلومات التالية:

1. تعريف المقاومة: هي نسبة فرق الجهد بين طرفي موصل إلى التيار الكهربائي المار فيه
2. وحدة قياس المقاومة: تقاس المقاومة بوحدة الأوم (Ω) والتي تكافئ (فولت/أمبير) $\longleftarrow [R] = \frac{V}{A} = ohm = \Omega$
3. لأحظ أن مقدار مقاومة الموصل يمثل مقدار الجهد اللازم تطبيقه على الموصل ليمر فيه تيار كهربائي مقداره $(1A)$

السؤال 1 وضح ما المقصود بقولنا إن مقاومة موصل ما تساوي (12Ω)

الجواب: هذا يعني أن هذا الموصل يحتاج لجهد مقداره $(12V)$ ليمر فيه تيار مقداره $(1A)$

السؤال 2 وضح ما المقصود بالأوم

الجواب: هي مقاومة موصل يمر فيه تيار مقداره $(1A)$ عندما يتعرض لفرق جهد مقداره $(1V)$

السؤال 3 اعتمادا على قانون أوم وضح ما المقصود بالفولت؟

الجواب: هو فرق الجهد بين طرفي موصل مقاومته (1Ω) عند مرور تيار كهربائي فيه مقداره $(1A)$

☑ **أنواع الموصلات حسب قانون أوم**

تصنف الموصلات حسب قانون أوم إلى

1. **مواد أومية (خطية)**: وهي الموصلات التي ينطبق عليها قانون أوم حيث إن العلاقة بين الجهد والتيار المار فيها علاقة خطية.
2. **مواد لاأومية (غير خطية)**: وهي المواد التي لا ينطبق عليها قانون أوم حيث إن مقاومتها تتغير بتغير فرق الجهد المطبق عليها.

الجدول التالي يبين الفروق بين المواد الأومية والمواد اللاأومية

وجه المقارنة	مادة أومية	مادة لاأومية
اعتماد المقاومة على الجهد	لا تعتمد	تعتمد
العلاقة البيانية بين التيار والجهد	خطية	لا خطية
مثال عليها	الموصلات (مثل الفضة والنحاس)	أشباه الموصلات (السيلكون والجرمانيوم)
استخداماتها	التوصيلات الكهربائية الأجهزة الكهربائية (مصباح)	الدارات الإلكترونية (الثنائي) (الثنائي الباعث للضوء) (الترانزستور)

ملاحظة: خلال هذه الوحدة سندرس المواد الأومية وخلال الفصل الثاني سندرس المواد اللاأومية

☑ **الموصلات (المواد الأومية)**

العلاقة بين الجهد والتيار للموصلات (مواد أومية)

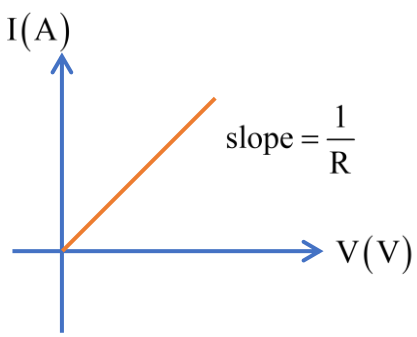
الجدول التالي يبين أثر تغير الجهد المار في موصل أومي على التيار المار فيه.

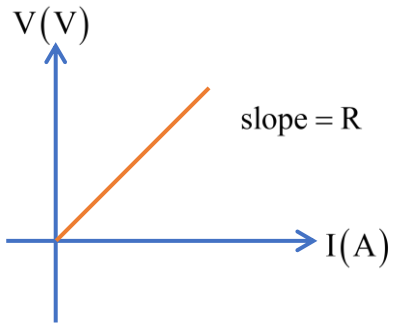
الجهد (فولت)	التيار (أمبير)	المقاومة (أوم)
10	5	2
20	10	2
30	15	2
40	20	2

لأحظ أن زيادة الجهد تؤدي إلى زيادة التيار الكهربائي المار في الموصل دون التأثير على مقدار مقاومة الموصل لذلك نقول إن المقاومة الكهربائي للموصل **لا تعتمد** على أي من جهد الموصل أو تياره لأنهما متلازمان في التغير

العلاقة البيانية بين التيار والجهد لموصل أومي

عند رسم العلاقة البيانية بين التيار المار في موصل أومي وفرق الجهد بين طرفيه فإن العلاقة تكون خطية كما في الشكل التالي واعتمادا على ميل المنحنى يمكن إيجاد مقادير مقاومة الموصل





مثال (1)

موصل كهربائي يسري فيه تيار كهربائي $(500mA)$ عندما يتصل مع فرق جهد كهربائي $(3V)$ ما مقاومة الموصل؟

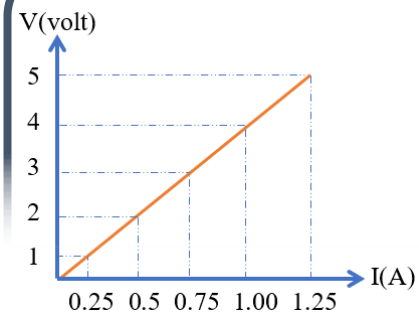
الحل

المعطيات : $V = 3V \quad I = 0.5A$

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

مثال (2)

يمثل الرسم البياني المجاور العلاقة بين فرق الجهد بين طرفي موصل والتيار الكهربائي المار به معتمدا على الشكل وبياناته أجب عما يأتي:



1) هل يعتبر هذا الموصل أوميا؟ فسر إجابتك

2) احسب مقاومة الموصل

الحل

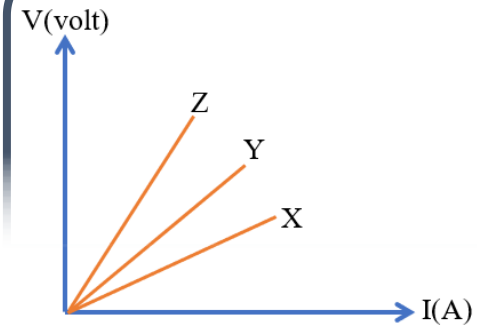
1) نعم، هذا الموصل أومي، لان العلاقة بين التيار الكهربائي وفرق الجهد خطية

2) من خلال الميل:

$$R = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{(5-0)}{(1.25-0)} = 4\Omega$$

مثال (3)

رسمت العلاقة البيانية لثلاث موصلات مختلفة $(x\ ,\ y\ ,\ z)$ بين التيار المار فيها وفرق الجهد بين طرفيها كما في الشكل المجاور أي الموصلات مقاومتها أكبر، وطاذا



الحل

الميل يمثل المقاومة لكل موصل

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

(Z) مقاومتها أكبر، لأن الميل أكبر

مثال (4)

موصلان (A , B) وصلا مع مصدر فرق جهد متغير القيمة فكان التيار المار في كل منهما عند قيم مختلفة لفرق الجهد كما هو موضح في الجدول المجاور ، أجب عما يلي:

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

1) أيّ الموصلين يعد أوميا؟ ولماذا ؟

2) اذكر مثال على الموصلات اللاأومية

الحل

1) الموصل (A) لإن قانون أوم ينطبق عليه حيث

$$R_A = \frac{3}{0.6} = \frac{5}{1} = \frac{10}{2} = 5\Omega$$

2) أشباه الموصلات مثل السيلكون والجرمانيوم

مثال (5)

موصل كهربائي يتعرض لجهد مقداره $(12V)$ فيمر فيه تيار كهربائي مقداره $(4A)$ ، اجب عما يلي:

1) جد مقدار مقاومة هذا الموصل

2) إذا أصبح الجهد المؤثر على الموصل يساوي $(24V)$ فكم يصبح مقدار كلاً من مقاومة الموصل و التيار المار فيه

الحل

1)

$$R = \frac{V}{I} = \frac{12}{4} = 3\Omega$$

2) عندما يتغير الجهد يتغير التيار بنفس المقدار ولكن تبقى المقاومة ثابتة لذلك $R = 3\Omega$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{24}{3} = 8A$$

مثال (6)

موصل مقاومته (R) يمر فيه تيار مقدار (I) عندما يتعرض لجهد مقداره (V) إذا تضاعف مقدار الجهد اربع مرات فكم يصبح مقدار كلا من مقاومة الموصل والتيار المار فيه

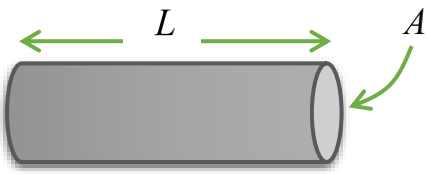
الحل

تضاعف الجهد أربع مرات $V_{new} = 4 \times V$

كذلك يتضاعف التيار المار في الموصل أربع مرات $I_{new} = 4 \times I$

ولكن مقدار المقاومة لا يتغير $R_{new} = \frac{V_{new}}{I_{new}} = \frac{4 \times V}{4 \times I} = \frac{V}{I} = R$

لا تتغير مقاومة الموصل بتغير مقدار الجهد أو التيار



☑ **العوامل المؤثرة على مقدار المقاومة الكهربائية**

تعد المقاومة الكهربائية صفة للموصلات الكهربائية ومقدارها يعتمد على كلاً مما يأتي:

1 طول الموصل (L)

العلاقة: ⇐ طردية ⇐ كلما زاد طول الموصل زاد مقدار مقاومة الموصل

السبب (التفسير) ⇐ لإن الإلكترونات أثناء حركتها في الموصل تتعرض لتصادمات أكثر مما يعيق حركتها أكثر وهذا يعني مقاومة أكبر

2 مساحة مقطع الموصل (A)

العلاقة: ⇐ عكسية ⇐ كلما زادت مساحة مقطع الموصل قلت مقدار مقاومة الموصل

السبب (التفسير) ⇐ زيادة مساحة المقطع تزيدُ من عدد الإلكترونات الحرّة الناقلة للتيار، فيزداد التيّار وتقلّ المقاومة

3 نوع مادة الموصل

تختلفُ الموادّ عن بعضها في مقاومتها لسريان التيّار الكهربائيّ فيها؛ إذ تعدُّ بعض الفلزات؛ مثل النحاس، والفضّة، والألمنيوم موصلاتٍ جيّدةً للكهرباء، في حين تُوجَد فلزّاتٌ أخرى مثل التنغستن ذات مقاومةٍ أكبر لسريان التيّار الكهربائيّ فيها، في حين تكون للمواد العازلة قيمُ مقاومةٍ عاليةٍ جدًا.

4 درجة حرارة الموصل

العلاقة: ⇐ طردية ⇐ كلما زادت درجة حرارة الموصل زادت مقاومته

السبب (التفسير) ⇐ زيادة حرارة الموصل تزيد من مقدار الطاقة للذرات فتزداد سعة اهتزاز الذرات مما يؤدي إلى زيادة احتمالية حدوث تصادمات بين إلكترونات التيار وذرات الموصل وهذا يزيد من مقاومة الموصل للمرور التيار

ملاحظة: ارتفاع درجة حرارة الموصل تزيد من مقاومته، ولكن يبقى الموصل أومياً

☑ **أيجاد المقاومة من الأبعاد الهندسية**

يمكن أيجاد المقاومة الكهربائية لموصل بالاعتماد على ابعاده الهندسية (طوله ومساحة مقطعه) حسب القانون التالي:

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

حيث أن (ρ) : مقاومية مادة الموصل

(L) : طول الموصل

(A) : مساحة مقطع الموصل (وتحسب من قانون مساحة الدائرة $A = \pi r^2$)

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}

السؤال 1 وضح ما المقصود بمقاومية الموصل وما وحدة قياسها ؟؟ وزاري

الجواب: مقاومة عينة من مادة الموصل مساحة مقطعها $(1m^2)$ وطولها $(1m)$ عند درجة حرارة معينة وتقاس بوحدة $(\Omega.m)$

السؤال 2 ماذا نقصد بقولنا إن مقاومية النحاس تساوي: $(6.1\times10^{-6}\Omega.m)$ وزاري

الجواب: أي أن قطعة من النحاس طولها $(1m)$ ومساحة مقطعها $(1m^2)$ تكون مقاومتها $(6.1\times10^{-6}\Omega)$

السؤال 3 اذكر العوامل التي تعتمد عليها مقاومة موصل ؟

الجواب:
1. الأبعاد الهندسية للموصل (طوله ومساحة مقطعه)
2. نوع مادة الموصل (مقاومية الموصل)
3. درجة حرارة الموصل

السؤال 4 وضح سبب زيادة مقاومة الموصل عند زيادة طوله (لماذا العلاقة بين المقاومة والطول طردية)

الجواب: وذلك لإن الإلكترونات عند حركتها خلال الموصل الطويل تتعرض إلى مزيدٍ من التصادُمات، ممّا يعيقُ حركتها بشكلٍ أكبر، ويزيد مقاومة الموصل.

السؤال 5 وضح سبب نقصان مقاومة الموصل عند زيادة مساحة مقطعه (لماذا العلاقة بين المقاومة ومساحة المقطع عكسية)

الجواب: وذلك لإن زيادة مساحة المقطع تزيدُ من عدد الإلكترونات الحرّة الناقلة للتيار، فيزداد التيار وتقلّ المقاومة.

السؤال 6 قارن بين المقاومة والمقاومية حسب الجدول التالي:

	المقاومة	المقاومية
تغير طول الموصل	تتغير طرديا	لا تتغير
تغير مساحة مقطع الموصل	تتغير عكسيا	لا تتغير
تغير درجة حرارة الموصل	تتغير طرديا	تتغير طرديا

السؤال 7 أذكر العوامل التي تعتمد عليها مقاومية الموصل؟

الجواب: 1. درجة حرارة الموصل 2. نوع مادة الموصل

السؤال 8 وضح الفرق بين مفهوم المقاومة والمقاومية؟

الجواب: المقاومة تعد صفة للموصل أما المقاومية تعد صفة للمادة

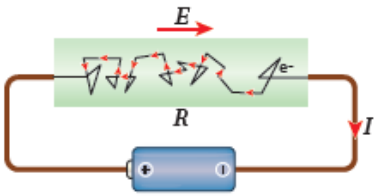
☑ المواد فائقة الموصلية

"هي مواد تكون مقاومتها صفر عند درجة حرارة منخفضة جدا تقترب من الصفر المطلق"

استخدمتها : تستخدم في أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي من أجل توليد مجال مغناطيسي قوي

ميزتها : بعد توليد التيار الكهربائي فيها يستمر سريانه لفترة طويلة دون الحاجة إلى مصدر فرق جهد

☑أثر مرور التيار على الموصل



عند مرور تيار في موصل فإن الإلكترونات الحرة للتيار تتحرك داخل الموصل في اتجاه واحد، ولكن في خطوط متعرجة كما في الشكل المجاور وذلك نتيجة للتصادمات التي تحدث بين الإلكترونات مع بعضها البعض ومع ذرات الموصل أيضا وهذه التصادمات تؤدي إلى زيادة سعة اهتزاز ذرات الموصل مما يزيد من طاقتها وبالتالي زيادة في حرارة الموصل وكما تعلمنا سابقا فإن زيادة درجة حرارة الموصل تزيد من مقاومتها

مرور تيار ⟸ تصادمات ⟸ زيادة سعة اهتزاز ذرات الموصل ⟸ زيادة حرارة الموصل ⟸ زيادة المقاومة الموصل

مثال (7)

فتيلُ مصباحٍ مُتوهّجٍ مصنوع من سلكٍ رفيعٍ من التنغستن؛ نصف قطره $(10\mu m)$ على شكل ملف لولبي مقاومتهُ (560Ω) عند شدّةٍ جيدًا تبيّن أنّ طولَ السلك $(3.14m)$ أحسبُ مقاوميّة التنغستن.

الحل

المعطيات : $L=3.14\,m \quad R=560\Omega \quad r=10\times10^{-6}\,m$

$$\rho=\frac{RA}{L}=\frac{(560)(A)}{(3.14)}$$

$$A=\pi r^2=(3.14)\left(10\times10^{-6}\right)^2=(3.14)\left(1\times10^{-10}\right)$$

$$\rho=\frac{(560)\left((3.14)\left(1\times10^{-10}\right)\right)}{(3.14)}=5.6\times10^{-8}\,\Omega.m$$

مثال (8)

سخان كهربائي صغير يعمل على فرق جهد $(220V)$ إذا كان سلك التسخين فيه مصنوع من سبيكة النكروم طوله $(83m)$ ونصف قطره $(0.3mm)$ فما مقدار التيار الكهربائي المار في السخان

الحل

المعطيات: $V=220 \quad L=83m \quad r=0.3mm$

من الجدول نجد أن مقاومية النيكروم تساوي $1.5\times10^{-6}\,\Omega.m$

$$R=\frac{\rho L}{A}=\frac{\left(1.5\times10^{-6}\right)(83)}{\pi\left(3\times10^{-4}\right)^2}$$

$$R=\frac{\rho L}{A}=440.33\Omega$$

$$I=\frac{V}{R}=\frac{220}{440.33}\approx0.5\,A$$

مثال (9)

مصفّف شعر يعملُ على جُهد $(220V)$ ويسري فيه تيّار كهربائيّ مقداره $(4A)$ إذا كان عنصر التسخين فيه مصنوعًا من سلك نيكروم نصف قطره $(0.8mm)$ ، فما مقاومة هذا السلك وما طوله؟

الحل

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

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

$$55=\frac{1.5\times10^{-6}\times L}{\pi\times0.64\times10^{-6}}$$

$$L=73.7m$$

مثال (10)

سلكان من المادة الفلزية نفسها متساويان في الطول، المقاومة الكهربائية للسلك الأول (18Ω) ونصف قطره مثلي نصف قطر السلك الثاني أجب عما يلي:

1) ما نسبة مقاومة السلك الأول إلى مقاومة السلك الثاني ؟

2) احسب المقاومة الكهربائية للسلك الثاني

الحل

المعطيات $r_1=2r_2$ $R_1=18\Omega$, $L_1=L_1$, $\rho_1=\rho_2$

1) $\frac{\rho_1}{\rho_2}=1$ من نفس المادة

2)

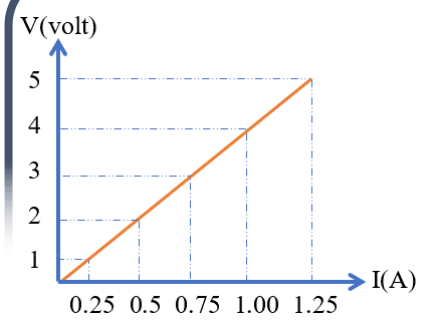
$$\frac{R_2}{R_1}=\frac{\frac{\rho_2 L_2}{A_2}}{\frac{\rho_1 L_1}{A_1}}=\frac{\frac{1}{A_2}}{\frac{1}{A_1}}$$

$$\frac{R_2}{R_1}=\frac{A_1}{A_2}=\frac{\pi r_1^2}{\pi r_2^2}=\frac{\pi(2r_2)^2}{\pi r_2^2}=4$$

$$R_2=4R_1=4\times18=72\Omega$$

مثال (11)

يمثل الرسم البياني المجاور العلاقة بين فرق الجهد بين طرفي موصل والتيار الكهربائي المار به معتمدا على الشكل وبياناته أجب عما يأتي:



1) هل يعتبر هذا الموصل أوميا ؟ فسر إجابتك

2) احسب مقاومة الموصل إذا علمت أن طوله $(5m)$ و مساحة مقطعه $(2.5\times10^{-6}m^2)$

الحل

1) نعم، هذا الموصل أومي، لان العلاقة بين التيار الكهربائي وفرق الجهد خطية

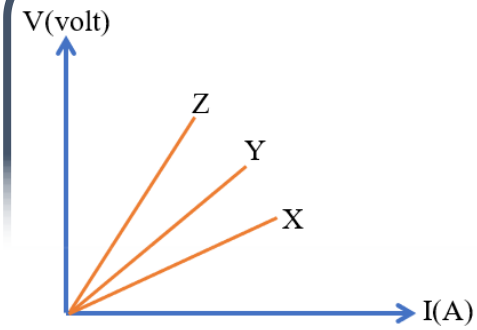
2) من خلال الميل:

$$R=\frac{\Delta V}{\Delta I}=\frac{(5-0)}{(1.25-0)}=4\Omega$$

$$\rho=\frac{RA}{L}=\frac{(4)(2.5\times10^{-6})}{5}=2\times10^{-6}\Omega.m$$

مثال (12)

رسمت العلاقة البيانية لثلاث موصلات مختلفة $(x\ ,\ y\ ,\ z)$ بين التيار الذي فيها وفرق الجهد بين طرفيها كما في الشكل المجاور أجب عما يلي:



1) أي الموصلات مقاومتها أكبر، ولماذا

2) إذا كان للموصلات نفس الطول ومساحة المقطع فأي الموصلات يفضل استخدامها في التوصيلات الكهربائية، ولماذا

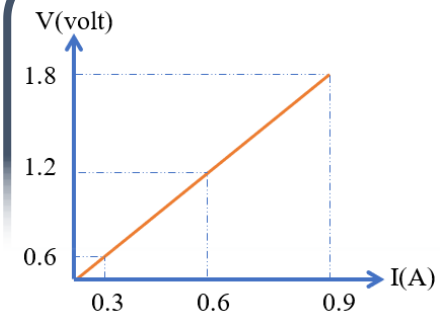
الحل

(Z) مقاومتها أكبر، لأن الميل أكبر

(X) , لأن مقاومتها أقل (الميل أقل) وبتالي مقاوميتها أقل

مثال (13)

سلك فلزي طوله $(10m)$ ومساحة مقطعه العرضي $(3\times10^{-6}m^2)$ مثلت العلاقة بيانيا بين مقدار التيار الذي فيه وفرق الجهد بين طرفيه كما في الشكل اعتمادا على القيم المثبتة احسب كلا مما يلي:



1) المقاومية لمادة الفلز

2) كمية الشحنة الكهربائية التي تعبر مقطع السلك عندما يكون فرق الجهد $(1.2V)$, وذلك خلال $(0.2S)$

الحل

1)

من الميل :

$$R=\frac{\Delta V}{\Delta I}=\frac{1.8-0}{0.9-0}=2\Omega$$

$$\rho=\frac{RA}{L}=\frac{(2)(3\times10^{-6})}{10}=6\times10^{-7}\Omega.m$$

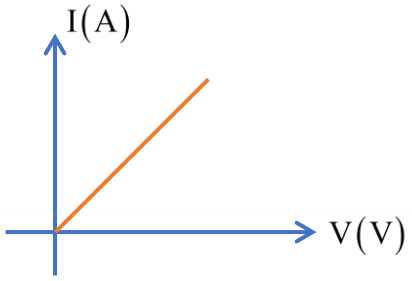
2)

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

$$\Delta Q=I\times\Delta t=(0.6)(0.2)=0.12C$$

مثال (14)

الشكل المجاور يمثل العلاقة البيانية بين التيار المار في مصباح متوهج مصنوع من فتيل التنغستن ومقدار فرق الجهد بين طرفي المصباح، وضح ماذا يحدث لميل الخط المستقيم عند ارتفاع درجة حرارة فتيل التنغستن الذي يمر فيه التيار الكهربائي؟



الحل

عند ارتفاع درجة حرارة الفتيل تزداد مقاومته لمرور التيار الكهربائي فيه وبما أن ميل الخط المستقيم يمثل مقلوب المقاومة إذا فإن ميل الخط المستقيم سوف يقل.

مثال (15) وزاري

يبين الجدول المجاور مواصفات ثلاث مقاومات فلزية مصنوعة من مواد مختلفة $(x\ ,\ y\ ,\ z)$ وهما نفس مساحة المقطع رتب المقاومية لهذه المواد تنازليا

نوع مادة المقاومة	L(m)	R (Ω)
X	0.4	5
Y	1.2	12
Z	1.2	20

الحل

المعطيات $A_x = A_y = A_z$

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

$$\rho_x = \frac{R_x A}{L_x} = \frac{5A}{0.4} = 12.5A$$

$$\rho_y = \frac{R_y A}{L_y} = \frac{12A}{1.2} = 10A$$

$$\rho_z = \frac{R_z A}{L_z} = \frac{20A}{1.2} = 16.67A$$

$$\rho_z > \rho_x > \rho_y$$

مثال (16) وزاري

يبين الجدول المجاور قيم المقاومية لثلاث مواد $(x\ ,\ y\ ,\ z)$ عند درجة حرارة (20°) بالاعتماد على الجدول أجب عما يأتي:

المادة	المقاومية
X	1.6×10^{-8}
Y	0.5
Z	1×10^{4}

1) أي المواد يفضل استخدامها في التوصيلات الكهربائية ؟

2) ماذا يعني أن مقاومية المادة (Y) تساوي $(0.5\ \Omega.m)$

الحل

1) المادة x

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

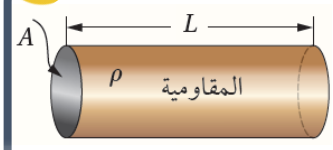
مثال (17)

الشكل المجاور يبين محمصة خبز ، فسر سبب احمرار سلك التسخين وارتفاع درجة حرارته نتيجةَ سريان التيار الكهربائيّ فيه، بينما لا يسخن سلك التوصيل الذي يصل المحمّصة بمقبس الجدار

الحل

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

مثال (18)



يبين الشكل المجاور موصلا فلزيا طوله (L) ومساحة مقطعه (A) أوضح متى تتساوى مقاومة هذا الموصل مع مقاومية المادة المصنوع منها

الحل

من قانون المقاومة $R = \rho \frac{L}{A}$ فإن المقاومة تساوي المقاومية عندما يكون مقدار طول الموصل مساويا لمساحة مقطعه.

أو عندما يكون طول الموصل متر ومساحة مقطعه متر مربع

مثال (19)

موصل أومي فرق الجهد بين طرفيه (V) ويسري فيه تيار كهربائي (I) عند درجة حرارة $(20^\circ C)$ بين ماذا يحدث لكل من فرق الجهد بين طرفيه والتيار المار فيه ومقاومة الموصل إذا أصبحت درجة حرارته $(50^\circ C)$

الحل

المعطيات: ارتفعت درجة الحرارة

أولا فرق الجهد بين طرفي الموصل لا يتغير لإنه يساوي فرق الجهد بين طرفي البطارية بما أن الحرارة ارتفعت فإن مقاومة الموصل سوف تزداد وحسب قانون أوم $I = \frac{V}{R}$ فإن زيادة المقاومة تؤدي إلى نقصان التيار المار في الموصل.

واجبات (اختبر نفسك)

السؤال الأول

السؤال الأول: احسب المقاومة الكهربائية في جهاز حاسوب يسري فيه تيار كهربائي $(800mA)$ عند فرق جهد $(220V)$

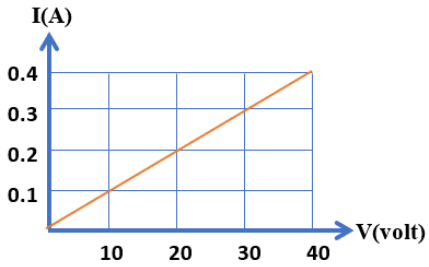
الحل

المعطيات: $V = 220V \quad I = 0.8A$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{220}{0.8} = 275\Omega$$

السؤال الثاني

يمثل الرسم البياني المجاور العلاقة بين فرق الجهد بين طرفي موصل فلزي منتظم المقطع والتيار المار به فإذا كان طول الموصل $(2.5m)$ ومساحة مقطعه $(1\times10^{-6}m^2)$ احسب:



1) مقاومة الموصل 2) مقاومية الموصل

الحل

المعطيات $L = 2.5m \quad , \quad A = 1\times10^{-6}m^2$

1)

$$slope = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{0.4-0}{40-0} = 1\times10^{-2}$$

$$R = \frac{1}{slope} = \frac{1}{1\times10^{-2}} = 100\Omega$$

2)

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

$$\rho = \frac{R\,A}{L} = \frac{100\times\left(1\times10^{-6}\right)}{2.5} = 4\times10^{-5}\,\Omega\cdot m$$

السؤال الثالث

اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1) يبين الشكل المجاور العلاقة بين فرق الجهد (V) والتيار (I) لمقاومة أومية (خطية) ميل المنحنى يساوي:

(أ) المقاومة (ب) مقلوب المقاومة
(ج) المقاومية (د) مقلوب المقاومية

2) الكمية الفيزيائية التي تعتبر مقياسا لممانعة الموصل لمرور تيار كهربائي خلاله هي :

(أ) فرق الجهد بين طرفي الموصل (ب) المقاومة الكهربائية للموصل
(ج) التيار الكهربائي المار في الموصل (د) الكثافة النوعية لمادة الموصل

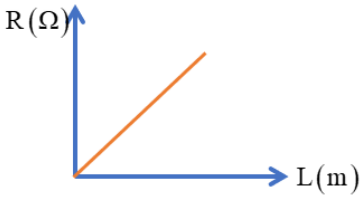
3) عندما تؤول المقاومة الكهربائية لبعض الفلزات إلى الصفر عند درجات الحرارة المنخفضة فإن هذه الفلزات تصبح

(أ) أشباه موصلات (ب) فائقة العازلية
(جـ) فائقة الموصلية (د) فائقة المقاومية

4) الكمية التي تقاس بوحدة $(\Omega.m)$ هي

(أ) المقاومية (ب) الجهد الكهربائي
(جـ) الموصلية (د) المقاومة

5) الشكل المرسوم يمثل العلاقة البيانية بين مقاومة موصل (R) و طوله (L) فإذا كانت مساحة مقطع الموصل (A) والمقاومية الكهربائية له (ρ) فإن ميل الخط البياني يمثل :



(أ) $\frac{\rho}{A}$ (ب) $\frac{A}{\rho}$
(جـ) $\frac{R\rho}{A}$ (د) ρ

6) إن مقاومية موصل فلزي عند درجة حرارة (20) س :

(أ) لا تتأثر بازدياد طول الموصل (ب) أحيانا تزداد وأحيانا تقل بتغير طول الموصل
(جـ) تزداد بازدياد طول الموصل (د) تقل بازدياد طول الموصل

7) تعتمد المقاومية الكهربائية لموصل على :

(أ) التيار (ب) الطول
(جـ) مساحة المقطع العرضي (د) درجة الحرارة

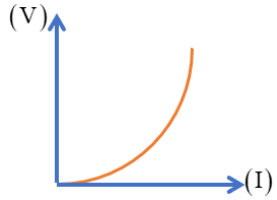
8) عندما يمر تيار كهربائي مقداره $(5A)$ في موصل ما، فإن كمية الشحنة التي تعبر مقطع الموصل خلال $(2s)$ بوحدة الكولوم (C) تساوي

(أ) 10 (ب) 5 (ج) 2.5 (د) 0.4

9) الكمية الفيزيائية التي تقاس بوحدة (J/C) هي:

(أ) الجهد الكهربائي (ب) التيار الكهربائي (ج) المقاومة الكهربائية (د) القدرة الكهربائية

10) يبين الشكل المجاور التمثيل البياني للعلاقة بين فرق الجهد والتيار الكهربائي لمقاومة كهربائية عند درجة حرارة الغرفة، يحتمل أن تكون المقاومة مصنوعة من



(أ) سيليكون (ب) الألمنيوم (ج) نحاس (د) حديد

11) المادة التي تصنف مادة عازلة للكهرباء عند درجة حرارة الغرفة هي:

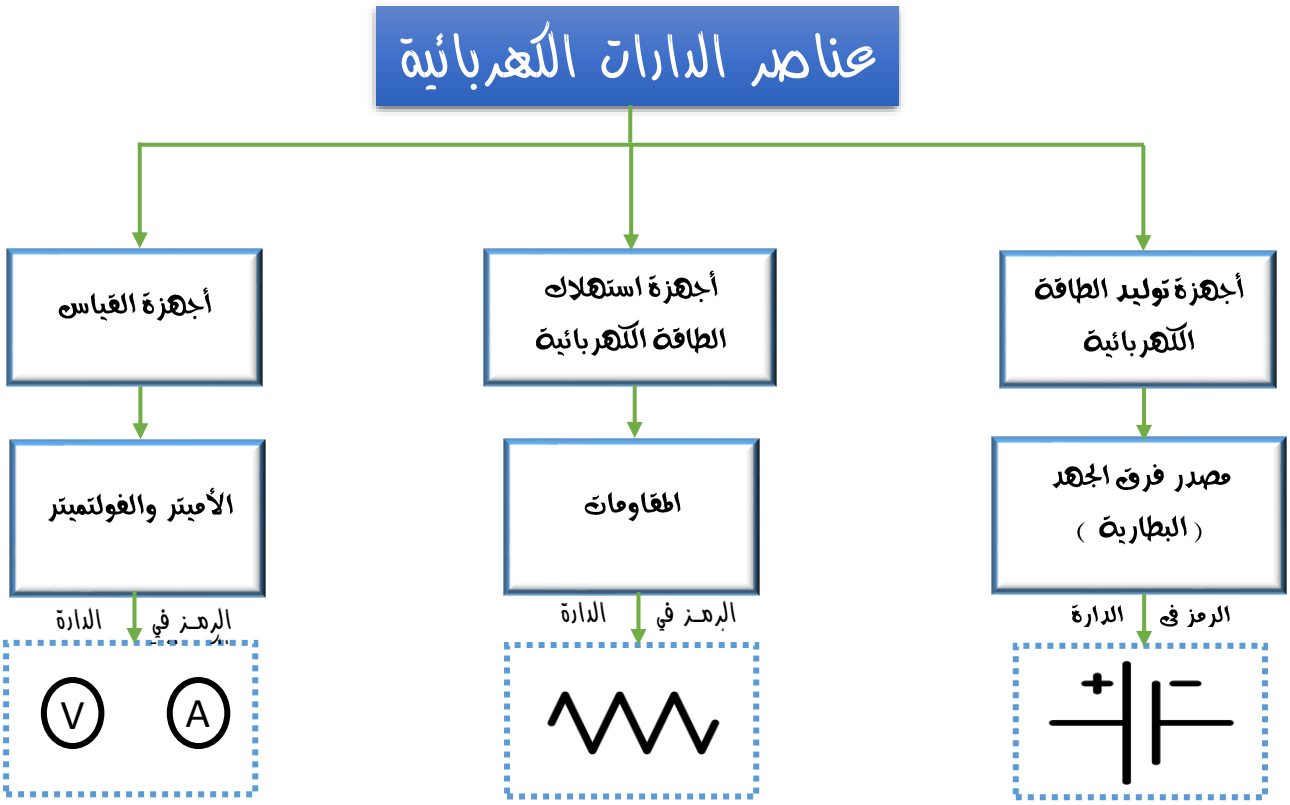
(أ) كربون (ب) مطاط (ج) سيليكون (د) زئبق

عزيزي الطالب لا تنسى الاطلاع على دوسية الأسئلة الوزارة من سلسلة العالم في الفيزياء لطلبة 2006

الدرس الثاني

عناصر الدارات الكهربائية

تتكون الدارات الكهربائية من عدة أجهزة موصولة مع بعضها البعض باستخدام أسلاك موصلة للتيار الكهربائية (مثل الاسلاك النحاسية). المخطط التالي يبين أنواع الأجهزة الموجودة في الدارات الكهربائية.

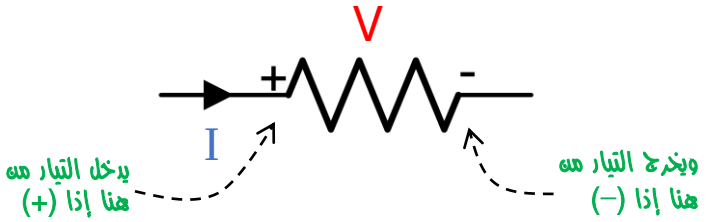


1 أجهزة تستهلك طاقة (مقاومات)

جميع الأجهزة الكهربائية التي تستهلك طاقة (سخان ، مصباح ، مجفف شعر ، .... الخ) والتي سنتعامل معها في هذه الوحدة سوف يتم تمثيلها في الدارات الكهربائية على انها مقاومة كهربائية

☑ التيار وفرق الجهد في المقاومة الكهربائية.

عند مرور تيار كهربائي خلال مقاومة يتكون فرق جهد بين طرفي المقاومة قطبه الموجب عند مدخل التيار وقطبه السالب عند مخرج التيار كما في الشكل المجاور



والعلاقة التي تربط بين مقدار كلا من التيار والجهد والمقاومة هي قانون أوم

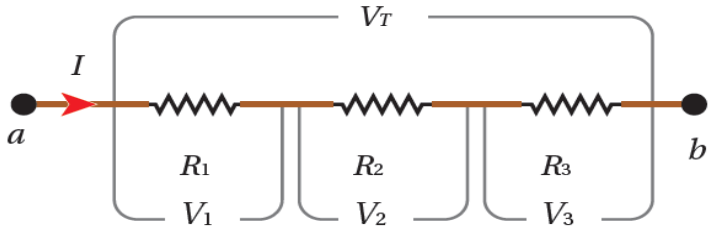
$$R = \frac{V}{I}$$

☑ توصيل المقاومات في الدارات الكهربائية

تُستخدمُ المقاوماتُ الكهربائيةُ بقيمٍ مُختلفة، وطرائقَ توصيلٍ مُختلفةٍ في دارات الأجهزة الكهربائيّة، للقيام بوظيفتها حسب الغرض من استخدامها. وتعتمد قيمة المقاومة الكليّة لعددٍ من المقاومات الموصولة معًا على طريقة توصيلها.

1 التوصيل على التوالي

إحدى طرق توصيل المقاومات في الدارات الكهربائية هي التوصيل على التوالي كما في الشكل التالي :



حتى نعتبر أن المقاومات موصولة على التوالي يجب أن يتصل الطرف الثاني للمقاومة الأولى مع الطرف الأول للمقاومة الثانية بسلك دون وجود أي تفرع في السلك. (بشكل آخر عندما تتحرك من مقاومة إلى أخرى دون المرور بتفرع فالتوصيل توالي)

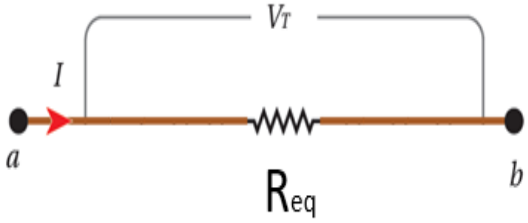
خصائص التوصيل على التوالي:

1. جميع المقاومات يمر فيها مقدار التيار نفسه. (I)
2. مقدار الجهد على المقاومات يتوزع طرديا (المقاومة الأكبر لها أكبر جهد)

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

عيب التوصيل على التوالي: عند حدوث قطع في مقاومة يتوقف التيار في المقاومات جميعها.

المقاومة المكافئة للتوالي (R_{eq})



يمكن استبدال هذه المقاومات بمقاومة واحدة مقدارها يعطى بالقانون التالي:

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

حيث إن

1. التيار المار في المقاومة المكافئة يساوي مقدار التيار المار في المقاومات السابقة (I)
2. فرق الجهد بين طرفي المقاومة المكافئة يساوي مجموع فروق الجهد على المقاومات السابقة $(V_T = V_1 + V_2 + V_3)$
3. المقاومة المكافئة أكبر من أكبر مقاومة في المجموعة لذلك تستخدم هذه الطريقة للحصول على مقاومة كبيرة من مجموعة من المقاومات الصغيرة

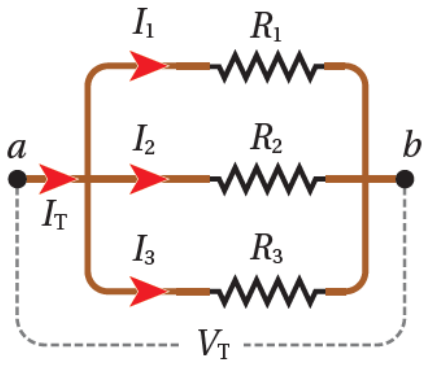
حالة خاصة: إذا كانت جميع المقاومات في مجموعة التوالي متساوية فإن المقاومة المكافئة تساوي

$$R_{eq} = n \times R$$

حيث n عدد المقاومات و R مقدار أي من هذه المقاومات

2 التوصيل على التوازي

إحدى طرق توصيل المقاومات في الدارات الكهربائية هي التوصيل على التوازي كما في الشكل التالي :



حتى نعتبر أن المقاومات موصولة على التوازي لا بد من أن يتصل الطرف الأول لكل مقاومة مع الطرف الأول للمقاومات الأخرى بسلك ولا مانع من وجود تفرع، ولكن دون وجود عنصر اخر وكذلك الأمر بنسبة للطرف الثاني.

(بشكل أخر عندما تتحرك من مقاومة إلى أخرى وتعود للمقاومة الأولى دون المرور بعنصر أخر من عناصر الدارة فالتوصيل توازي)

خصائص التوصيل على التوازي :

1. جميع المقاومات عليه مقدار الجهد نفسه $(V_T = V_1 = V_2 = V_3)$
2. مقدار التيار يتوزع على المقاومات عكسيا (المقاومة الأكبر لها اقل تيار)

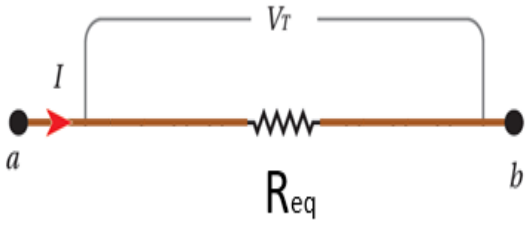
$$I_1 = \frac{V_T}{R_1} \quad , \quad I_2 = \frac{V_T}{R_2} \quad , \quad I_3 = \frac{V_T}{R_3}$$

3. يبدأ التيار بالتفرع عند النقطة (a) ويمر كل جزء منه في مقاومة ثم يرجع ويتجمع عند النقطة (b)

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

ميزة التوصيل على التوازي: إذا حدث قطع في أي من فروع المجموعة فإن التيار لا ينقطع عن باقي الفروع لذلك تستخدم هذه الطريقة في التوصيلات المنزلية

المقاومة المكافئة التوازي (R_{eq})



يمكن استبدال هذه المقاومات بمقاومة واحدة مقدارها يعطى بالقانون التالي:

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

حيث إن

1. التيار المار في المقاومة المكافئة يساوي مجموع التيار المار في مقاومات المجموعة $(I = I_1 + I_2 + I_3)$
2. فرق الجهد بين طرفي المقاومة المكافئة يساوي فرق الجهد على المقاومات السابقة $(V_T = V_1 = V_2 = V_3)$
3. المقاومة المكافئة أصغر من أصغر مقاومة في المجموعة لذلك تستخدم هذه الطريقة للحصول على مقاومة صغيرة

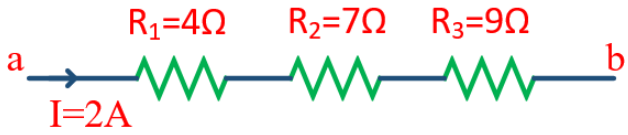
حالة خاصة: إذا كانت جميع المقاومات في مجموعة التوازي متساوية فإن المقاومة المكافئة تساوي

$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$

حيث n عدد المقاومات و R مقدار أي من هذه المقاومات

مثال (1)

اعتمادا على البيانات المثبتة على الشكل المجاور أجب عن الأسئلة التالية:



1. ما طريقة توصيل المقاومات المستخدمة
2. جد مقدار فرق الجهد على كل مقاومة
3. جد مقدار المقاومة المكافئة
4. جد مقدار فرق الجهد والتيار للمقاومة المكافئة

الحل:

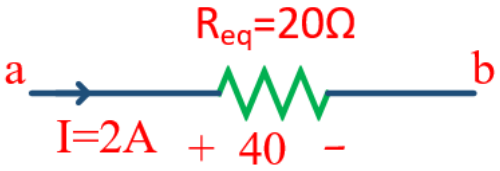
1. المقاومات موصولة على التوالي.

2.

$$V_1 = IR_1 = (2\times 4) = 8\,\text{V}$$
$$V_2 = IR_2 = (2\times 7) = 14\,\text{V}$$
$$V_3 = IR_3 = (2\times 9) = 18\,\text{V}$$

3.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$
$$R_{eq} = 4 + 7 + 9$$
$$R_{eq} = 20\Omega$$

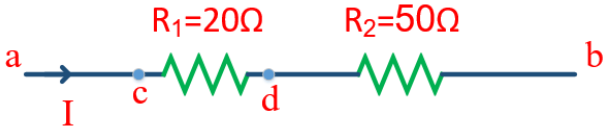


4.

$$V_{ab} = V_1 + V_2 + V_3$$
$$V_{ab} = 8 + 14 + 18 = 40\,\text{V}$$
$$I_{ab} = 2A$$

مثال (2)

اعتمادا على الشكل المجاور إذا علمت ان $(V_{cd} = 10\,\text{V})$ فجد كلا مما يلي:



1. مقدار التيار لكل مقاومة
2. مقدار الجهد على كل مقاومة
3. المقاومة المكافئة

الحل

1. فرق الجهد $(V_{cd} = 10\,\text{V})$ يمثل فرق الجهد على المقاومة الأولى لذلك

$$I = \frac{V_{cd}}{R_1} = \frac{10}{20} = 0.5\,\text{A}$$

ولان المقاومتين موصولتين على التوالي فلهما نفس التيار

2.

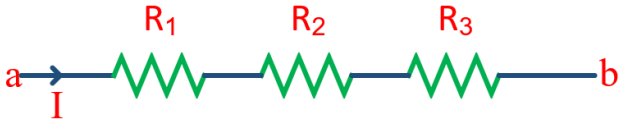
$$V_1 = V_{cd} = 10V$$
$$V_2 = IR_2 = (0.5\times 50) = 25\,\text{V}$$

3.

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$
$$R_{eq} = 20 + 50 = 70\Omega$$

مثال (3)

بالاعتماد على الشكل المجاور إذا علمت أن $(I = 2A \ , \ V_{ab} = 30\,\mathrm{V})$ جد مقدار المقاومة المكافئة.



الحل

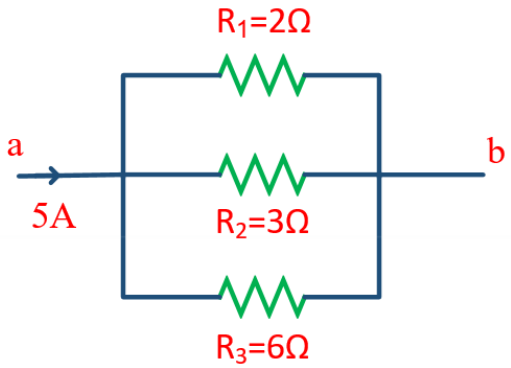
من المعطيات جهد المقاومة المكافئة يساوي $(V_{ab} = 30\,\mathrm{V})$ وتيار المقاومة المكافئة يساوي $(I = 2A)$ لذلك فإن

$$R_{eq} = \frac{V_{ab}}{I} = \frac{30}{2} = 15\,\mathrm{A}$$

مثال (4)

بالاعتماد على الشكل المجاور جد مقدار كلا مما يأتي:

1. مقدار المقاومة المكافئة
2. مقدار التيار الكهربائي المار في كل مقاومة
3. مقدار الجهد الكهربائي على كل مقاومة



1

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

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{3}{6} + \frac{2}{6} + \frac{1}{6} = \frac{6}{6} = 1$$

$$R_{eq} = 1\Omega$$

2

$$I_1 = I \times \frac{R_{eq}}{R_1} = 5 \times \frac{1}{2} = 2.5A$$

$$I_2 = I \times \frac{R_{eq}}{R_2} = 5 \times \frac{1}{3} = 1.667A$$

$$I_3 = I \times \frac{R_{eq}}{R_3} = 5 \times \frac{1}{6} = 0.833A$$

3

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_{eq} = I \times R_{eq} = 5 \times 1 = 5\,\mathrm{V}$$

يمكن إيجاد تيار الفرع من القانون التالي:

$$I_1 = I \times \frac{R_{eq}}{R_1}$$

حيث إن

(I_1, R_1) تيار الفرع ومقاومة الفرع المطلوب

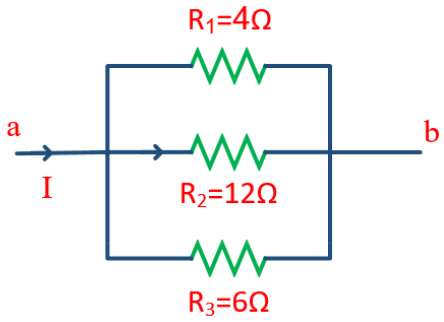
I التيار الكلي المار قبل ان يتجزأ

R_{eq} المقاومة المكافئة لمجموعة التوازي

مثال (5)

بالاعتماد على الشكل المجاور إذا علمت أن الجهد على المقاومة (R_2) يساوي $(24\,V)$ فجد كلا مما يأتي:

1. مقدار التيار المار في كل مقاومة
2. مقدار التيار الكلي (تيار المقاومة المكافئة)



الحل

1. الجهد متساوي على جميع المقاومات لأنها موصولة على التوازي لذلك

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{24}{4} = 6\,A$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{24}{12} = 2\,A$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{24}{6} = 4\,A$$

2. تيار المقاومة المكافئة يساوي مجموع تيارات الافرع في التوصيل على التوازي لذلك

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

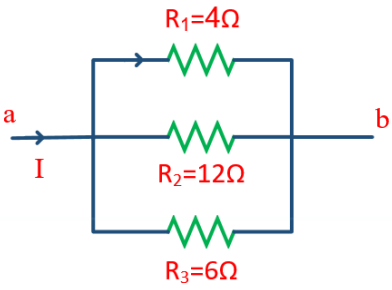
$$I = 6 + 2 + 4$$

$$I = 12A$$

مثال (6)

بالاعتماد على الشكل المجاور إذا علمت أن مقدار التيار الكهربائي المار في المقاومة الأولى (R_1) يساوي $(3\,A)$ فجد كلا مما يأتي

1. مقدار التيار المار في كل مقاومة
2. مقدار التيار الكلي (تيار المقاومة المكافئة)



الحل

جميع المقاومات موصلة على التوازي لذلك بمعرفة فرق الجهد على احد المقاومات نعرف فرق الجهد على باقي المقاومات

$$V_1 = I_1 R_1 = (3 \times 4) = 12\,V$$

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_{eq} = 12\,V$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{12}{12} = 1A$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{12}{6} = 2\,A$$

❷

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

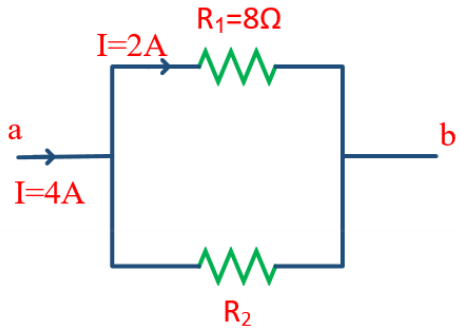
$$I = 3 + 1 + 2 = 6\,A$$

مثال (7)

بالاعتماد على الشكل المجاور جد مقدار كلاً مما يأتي:

❶ المقاومة المكافئة

❷ مقدار المقاومة الثانية



الحل

❶ فرق الجهد على المقاومة المكافئة يساوي فرق الجهد على المقاومة الأولى لذلك فإن

$$V_{eq} = V_1 = I_1 R_1 = 2 \times 8 = 16\,V$$

$$R_{eq} = \frac{V_{eq}}{I} = \frac{16}{4} = 4\,A$$

❷ مقدار الجهد على المقاومة الثانية يساوي مقادر الجهد على المقاومة الأولى $(V_2 = V_1 = 16\,V)$

ويمكن إيجاد التيار المار في المقاومة الثانية من العلاقة التالية:

$$I = I_1 + I_2$$

$$4 = 2 + I_2 \Rightarrow I_2 = 2\,A$$

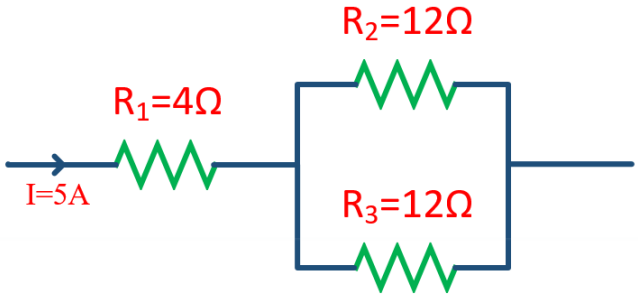
$$R_2 = \frac{V_2}{I_2} = \frac{16}{2} = 8A$$

مثال (8)

بالاعتماد على الشكل المجاور اجب عن الأسئلة التالية:

❶ جد مقدار المقاومة المكافئة

❷ جد مقدار التيار والجهد على كل مقاومة

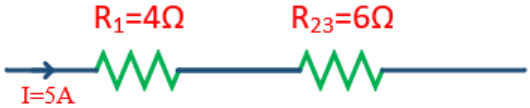


الحل

❶ المقاومتان $(R_2 \,\&\, R_3)$ موصولتان على التوازي

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{12} + \frac{1}{12} \Rightarrow\Rightarrow R_{23} = 6\Omega$$



المقاومتان $(R_1 \& R_{23})$ موصولتان على التوالي

$$R_{eq} = R_1 + R_{23} = 4 + 6 = 10\Omega$$

❷ المقاومة (R_1)

$$I_1 = 5A \quad , \quad V_1 = I_1 R_1 = 5 \times 4 = 20\,\text{V}$$

المقاومتان $(R_2 \& R_3)$ موصولتان على التوازي لذلك جهدهما متساوي ويساوي جهد المقاومة المكافئة R_{23}

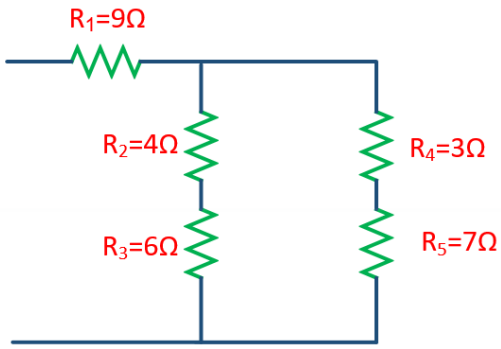
$$V_2 = V_3 = V_{23} = I \times R_{23} = 5 \times 6 = 30\,\text{V}$$

$$\text{I}_2 = \frac{V_{23}}{R_2} = \frac{30}{12} = 2.5\,\text{A}$$

$$\text{I}_3 = \frac{V_{23}}{R_3} = \frac{30}{12} = 2.5\,\text{A}$$

مثال (9)

بالاعتماد على الشكل المجاور جد مقدار المقاومة المكافئة للمجموعة

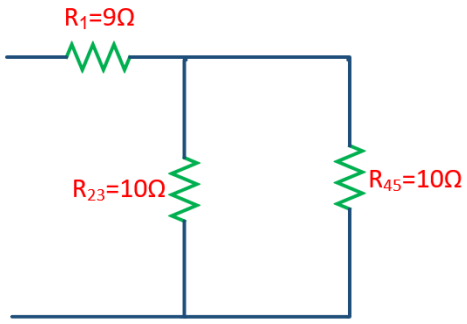


الحل

المقاومتان $(R_2 \& R_3)$ موصولتان على التوالي وكذلك $(R_4 \& R_5)$ أيضا موصولتان على التوالي

$$R_{23} = R_2 + R_3 = 4 + 6 = 10\Omega$$

$$R_{45} = R_4 + R_5 = 3 + 7 = 10\Omega$$



المقاومتان $(R_{23} \& R_{45})$ موصولتان على التوازي

$$\frac{1}{R_{2345}} = \frac{1}{R_{23}} + \frac{1}{R_{45}}$$

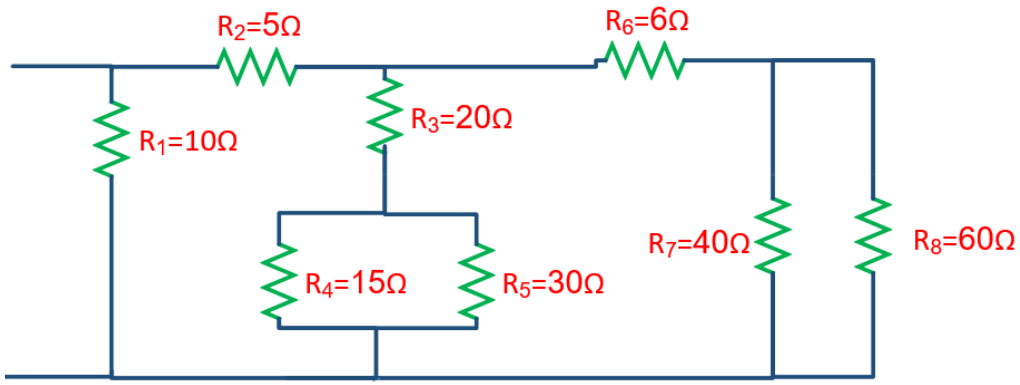
$$\frac{1}{R_{2345}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} \quad \Rightarrow\Rightarrow R_{2345} = 5\Omega$$

الان المقاومتان $(R_{2345} \& R_1)$ موصولتان على التوالي

$$R_{eq} = R_1 + R_{2345} = 9 + 5 = 14\Omega$$

مثال (10)

بالاعتماد على الشكل المجاور جد مقدار المقاومة المكافئة



الحل

المقاومتان $(R_7 \ \& \ R_8)$ توازي

$$\frac{1}{R_{78}}=\frac{1}{R_7}+\frac{1}{R_8}=\frac{1}{40}+\frac{1}{60} \Rightarrow R_{78}=24\Omega$$

المقاومتان $(R_{78} \ \& \ R_6)$ توالي

$$R_{678}=R_6+R_{78}=6+24=30\Omega$$

المقاومتان $(R_4 \ \& \ R_5)$ توازي

$$\frac{1}{R_{45}}=\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5}=\frac{1}{15}+\frac{1}{30} \Rightarrow R_{45}=10\Omega$$

المقاومتان $(R_{45} \ \& \ R_3)$ توالي

$$R_{345}=R_3+R_{45}=20+10=30\Omega$$

المقاومتان $(R_{345} \ \& \ R_{789})$ توازي

$$\frac{1}{R_{3-8}}=\frac{1}{R_{345}}+\frac{1}{R_{678}}=\frac{1}{30}+\frac{1}{30} \Rightarrow R_{3-8}=15\Omega$$

المقاومتان $(R_2 \ \& \ R_{3-8})$ توالي

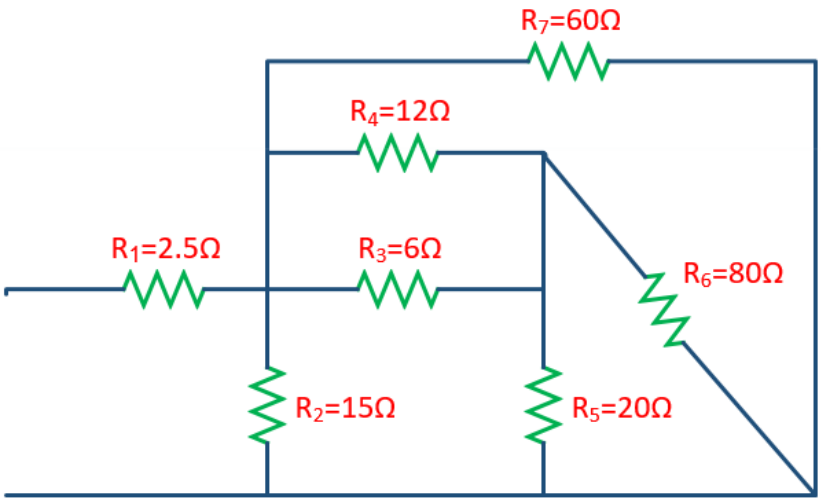
$$R_{2-8}=R_2+R_{3-8}=5+15=20\Omega$$

المقاومتان $(R_1 \ \& \ R_{2-8})$ توازي

$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_{2-8}}=\frac{1}{10}+\frac{1}{20} \Rightarrow R_{eq}=6.6667\Omega$$

مثال (11)

بالاعتماد على الشكل المجاور جد مقدار المقاومة المكافئة



الحل

المقاومتان $(R_3 \& R_4)$ توازي وكذلك $(R_5 \& R_6)$ توازي

$$\frac{1}{R_{34}}=\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}=\frac{1}{6}+\frac{1}{12} \Rightarrow\Rightarrow R_{34}=4\Omega$$

$$\frac{1}{R_{56}}=\frac{1}{R_5}+\frac{1}{R_6}=\frac{1}{20}+\frac{1}{80} \Rightarrow\Rightarrow R_{56}=16\Omega$$

المقاومتان $(R_{34} \& R_{56})$ توالي

$$R_{3-6}=R_{34}+R_{56}=4+16=20\Omega$$

المقاومات $(R_2 \& R_{3-6} \& R_7)$ توازي

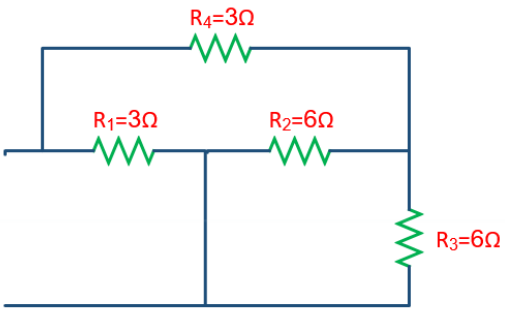
$$\frac{1}{R_{2-7}}=\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_{3-6}}+\frac{1}{R_7}=\frac{1}{15}+\frac{1}{20}+\frac{1}{60} \Rightarrow\Rightarrow R_{2-7}=7.5\Omega$$

المقاومتان $(R_{2-7} \& R_1)$ توالي

$$R_{eq}=R_1+R_{2-7}=2.5+7.5=10\Omega$$

مثال (12)

بالاعتماد على الشكل المجاور جد مقدار المقاومة المكافئة



الحل

المقاومتان $(R_3 \& R_2)$ توازي

$$\frac{1}{R_{23}}=\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}=\frac{1}{6}+\frac{1}{6}\Rightarrow\Rightarrow R_{23}=3\Omega$$

المقاومتان $(R_{23} \& R_4)$ توالي

$$R_{234}=R_{23}+R_4=3+3=6\Omega$$

المقاومتان $(R_1 \& R_{234})$ توازي

$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_{234}}=\frac{1}{6}+\frac{1}{3}\Rightarrow\Rightarrow R_{eq}=2\Omega$$

مثال (12)

أثبت أن المقاومة المكافئة لمجموعة من المقاومات الموصولة على التوالي تعطى بالقانون التالي:

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

الحل:

الجهد الناتج على المقاومة المكافئة يساوي مجموع الجهد على جميع المقاومات في مجموعة التوالي:

$$V_{eq}=V_1+V_2+V_3$$
$$V_{eq}=IR_1+IR_2+IR_3$$
$$V_{eq}=I\left(R_1+R_2+R_3\right)$$
$$\frac{V_{eq}}{I}=\left(R_1+R_2+R_3\right)=R_{eq}$$

مثال (13)

أثبت أن المقاومة المكافئة لمجموعة من المقاومات الموصولة على التوازي تعطى بالقانون التالي:

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

الحل:

التيار الكلي يتوزع على المقاومات ولكن الجهد ثابت

$$I=I_1+I_2+I_3$$
$$\frac{V}{R_{eq}}=\frac{V}{R_1}+\frac{V}{R_2}+\frac{V}{R_3}$$
$$\frac{V}{R_{eq}}=V\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)$$
$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$$

2 أجهزة تنتج طاقة (بطاريات)

تبذل البطارية شغلاً على الشحنات الكهربائية المكونة للتيار اثار خلالها لنقلها من قطبها السالب إلى قطبها الموجب، بحيث تزود الشحنات اثارة خلالها بطاقة كهربائية مساوية لفرق الجهد بين طرفيها (تذكر أن فرق الجهد يمثل مقدار الطاقة لكل وحدة شحنة) ويسمى أكبر مقدار للطاقة يمكن للبطارية ان تزود به وحدة الشحنات اثارة خلالها القوة الدافعة الكهربائية.

☑ القوة الدافعة الكهربائية

التعريف

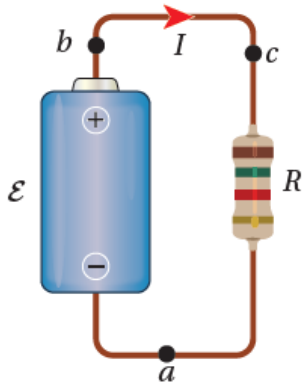
القوة الدافعة الكهربائية: هي الشغل الذي تبذله البطارية في نقل وحدة الشحنات الموجبة داخل البطارية من قطبها السالب إلى قطبها الموجب. ومقدارها يساوي أكبر فرق جهد يمكن أن تولده البطارية بين قطبيها.

ملاحظات هامة....

1. القوة الدافعة الكهربائية هي فرق جهد كهربائي يقاس بوحدة الفولت وليست قوة ميكانيكية
2. تعد البطارية مصدرا للطاقة، حيث إن هذه الطاقة تنتج من التفاعلات الكيميائية داخل البطارية
3. الطاقة التي تختزنها الشحنات الكهربائية اثار في البطارية تختزن على شكل طاقة وضع
4. يمكن إيجاد مقدار القوة الدافعة الكهربائية للبطارية من خلال القانون $\varepsilon = \frac{W}{Q}$ حيث W تمثل مقدار الشغل الذي تبذله البطارية و Q تمثل مقادر الشحنة التي تعبر البطارية

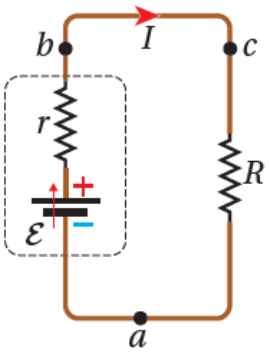
☑ وظيفة البطارية

عند وصل بطارية مع مقاومة كما في الشكل المجاور ينشأ تيار كهربائي في الدارة نتيجة وجود فرق في الجهد بين طرفي البطارية على النحو التالي



1. يخرج التيار من القطب الموجب للبطارية
2. يكمل مساره باتجاه المقاومة ويعود للبطارية ليدخل من القطب السالب.
3. تبذل البطارية شغلا على الشحنات التي تعبر البطارية من القطب السالب إلى القطب الموجب (تزود الشحنات بالطاقة)
4. مقدار الشغل الذي تبذله البطارية على الشحنات التي تعبرها يمثل فرق الجهد بين طرفيها ويسمى القوة الدافعة الكهربائية (ε)

☑ البطارية غير المثالية



فيما سبق درسنا البطارية المثالية وهي البطارية التي يكون فرق الجهد بين طرفيها مساوية لقوتها الدافعة الكهربائية إلا ان البطاريات في الحياة العملية تكون غير مثالية حيث تحتوي البطاريات بداخلها على مقاومة داخلية وهذه المقاومة تمثل عيب في تصنيع البطارية ونرمز لها بالرمز (r) ويمكن تمثيل البطارية غير المثالية كما في الشكل المجاور

⇦ فرق الجهد بين طرفي البطارية غير المثالية

نتيجة لوجود مقاومة داخل البطارية فإن فرق الجهد بين طرفي البطارية لا يساوي مقدار القوة الدافعة الكهربائية وانما يعطى بالقانون التالي:

$$\Delta V_{battery} = \varepsilon - Ir$$

سؤال: اذكر حالتين يكون فيهما فرق الجهد بين طرفي البطارية يساوي القوة الدافعة الكهربائية

الجواب: 1 إذا كان التيار المار في البطارية صفر (دارة مفتوحة)

2 إذا كانت المقاومة الداخلية للبطارية مهملة (بطارية مثالية)

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

الجواب: 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.

سؤال: وضح ما المقصود بالمقاومة الداخلية للبطارية؟

الجواب: هي الإعاقة التي تواجهها الالكترونات أثناء حركتها داخل البطارية.

سؤال: 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

الجواب: أ) تتحول الطاقة من طاقة كيميائية إلى طاقة كهربائية

ب) تتحول الطاقة من طاقة كهربائية إلى طاقة حرارية

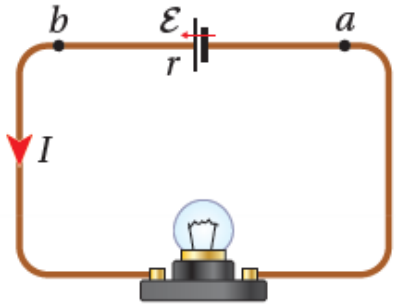
مثال (1)

قارن بين البطارية المثالية وغير المثالية من حيث مقدار فرق الجهد والعلاقة بين فرق الجهد والتيار المار في البطارية

وجه المقارنة	مثالية	غير مثالية
مقدار الجهد	$\Delta V = \varepsilon$	$\Delta V = \varepsilon - Ir$
علاقة التيار بالجهد	لا يتأثر بالتيار المار بداخله	يعتمد على التيار بشكل عكسي كلما زاد التيار قل فرق الجهد بين طرفي البطارية

مثال (2)

بطارية قوتها الدافعة الكهربائية $(12\,V)$ ومقاومتها الداخلية (0.5Ω) ،
وصل قطباها مع مصباح في دارة كهربائية، كما في الشكل المجاور فكان التيار المار فيها $(2.4\,A)$



1) أحسب فرق الجهد بين قطبي البطارية

2) بافتراض البطارية مثالية $(r = 0)$ احسب فرق الجهد بين طرفيها

الحل

1)

$$\Delta V_\varepsilon = \varepsilon - Ir$$
$$\Delta V_\varepsilon = 12 - (2.4 \times 0.5)$$
$$\Delta V_\varepsilon = 10.8\ V$$

2)

$$\Delta V_\varepsilon = \varepsilon - Ir$$
$$\Delta V_\varepsilon = 12 - (2.4 \times 0)$$
$$\Delta V_\varepsilon = 12\,V$$

مثال (3)

فسر : يتغير فرق الجهد بين طرفي البطارية عندما يتغير التيار المار فيها

الحل

بسبب وجود مقاومة داخلية بين طرفي البطارية تعمل على إحداث هبوط في الجهد وعند زيادة مقادر التيار المار في البطارية فإن مقادر الهبوط في الجهد سوف يزداد

مثال (4)

وضح العلاقة بين حركة كل من الإلكترونات والشحنات الموجبة (الافتراضية) داخل البطارية واتجاه التيار الكهربائي فيها

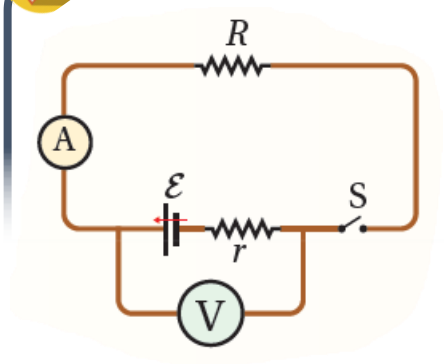
الحل

تتحرك الإلكترونات عبر البطارية من القطب الموجب إلى السالب (بعكس أتجاه التيار الكهربائي)
الشحنات الموجبة(الايونات) لا تتحرك، ولكن تم الاصطلاح على أنها تتحرك من القطب السالب إلى الموجب عبر البطارية (باتجاه التيار)

مثال (5)

تتكون دارة كهربائية من بطارية ومقاومة كما في الشكل المجاور . عندما كان المفتاح (S) مفتوحا كانت قراءة الفولتميتر $(12\,V)$ وعند إغلاق المفتاح أصبحت قراءته $(10\,V)$ إذا علمت أن المقاومة الداخلية للبطارية (0.5Ω) . أحسب :

1. قراءة الأميتر والمفتاح مغلق.
2. مقدار المقاومة (R)



الحل

1)

$$\Delta V_{\varepsilon} = \varepsilon - Ir$$

$$10 = 12 - I(0.5)$$

$$I = 4A$$

2)

$$R = \frac{V}{I} = \frac{10}{4} = 2.5\Omega$$

القسم الثالث

القدرة الكهربائية

1 القدرة الكهربائية

درسنا فيما سبق مكونات الدارة الكهربائية من مقاومات وبطاريات والان سندرس مقدار الطاقة الكهربائية التي تستهلكها المقاومات والطاقة التي تنتجها البطاريات

التعريف

القدرة الكهربائية: هي المعدل الزمني للشغل المبذول وتقاس بوحدة الواط

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

ملاحظات هامة....

1. تمثل القدرة مقدار الطاقة المستهلكة أو المنتجة في الجهاز الكهربائية خلال ثانية واحدة
2. تقاس القدرة الكهربائية بوحدة الواط والتي تكافئ (جول/ثانية) $\Longleftarrow\Longleftarrow$

$$[P] = \frac{[W]}{[\Delta t]} = \frac{J}{s}$$

☑ حساب القدرة المنتجة في البطاريات

يمكن أيجاد مقدار القدرة المنتجة في البطاريات من خلال القانون التالي:

$$P = \varepsilon \times I$$

☑ حساب القدرة المستهلكة في المقاومات

يمكن أيجاد مقدار القدرة المستهلكة في المقاومات من خلال القانون التالي:

$$P = V \times I$$

وباستخدام قانون أوم يمكن إيجاد صورتين أخريين لهذا القانون على النحو التالي:

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

☑ قانون حفظ الطاقة الكهربائية

تخضع الدارات الكهربائية لقانون حفظ الطاقة الكهربائية حيث إن مقدار القدرة التي تنتجها البطارية يساوي مقدار القدرة التي تستهلكها المقاومات الداخلية والخارجية لذلك في إذا وجد لدينا دارة كهربائي تتكون من بطارية ومقاومة فإن :

$$P_{battary} = P_R + P_r$$
$$I\varepsilon = I^2R + I^2r$$

حيث إن $I\varepsilon$ تمثل مقدار القدرة التي تنتجها البطارية

I^2R تمثل مقدار القدرة التي تستهلكها المقاومة الخارجية

I^2r تمثل مقدار القدرة التي تستهلكها المقاومة الداخلية

مثال (1)

يتّصلُ مصباح الضوء الأماميّ في السيارة مع مصدر جُهدٍ $(12V)$ ؛ فيسري فيه تيّار كهربائيٌّ مقدارهُ $(10A)$. ما القدرة الكهربائيّة المستهلكة في هذا المصباح؟ وما مقاومته الكهربائيّة؟

الحل

يمكن إيجاد القدرة المستهلكة باستعمال القانون التالي:

$$P = VI = 12 \times 10 = 120W$$

ولإيجاد نستعمل قانون أوم

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

مثال (2)

أحسب القدرة التي يستهلكها موقدٌ كهربائيٌّ مقاومة سلك التسخين فيه (20Ω) ، ويعمل على فرق جُهد $(240V)$

الحل

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

مثال (3)

يتّصل مصباحٌ كهربائيٌّ مع مصدر جُهد $(12V)$ فيسري فيه تيّار كهربائيٌّ مقدارُه $(1.8A)$. أحسب القدرة المستهلكة في هذا المصباح.

الحل

$$P = IV$$
$$P = 12 \times 1.8$$
$$P = 21.6W$$

مثال (4)

أحسبُ التيّار الكهربائيّ في كل من الأجهزة الآتية:

1. منشارٌ كهربائيٌّ قدرته $(1.5KW)$ يعمل على جُهد $(220V)$
2. سخانٌ كهربائيٌّ مقاومته (48Ω) يعمل على جُهد $(240V)$

الحل

(1

$$P = IV$$
$$1500 = I \times 220$$
$$I = 6.82A$$

(2

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

مثال (5)

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

الحل

$$R_A = \frac{\rho_A L}{A} \quad , \quad R_B = \frac{\rho_B L}{A}$$

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

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

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

مثال (6)

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

الحل

تذكر أن مقاومية النيكروم $\rho = 1.5\times10^{-6}\Omega.m$

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

$$1000 = \frac{240^2}{R}$$

$$R = 57.6$$

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

$$57.6 = 1.5\times10^{-6}\frac{L}{A}$$

$$\frac{L}{A} = 3.84\times10^{7}$$

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}

مثال (7)

عند توصيل ثلاثة مصابيح متماثلةٍ، مقاومة كلٍّ منها (R) مع بطاريّةٍ قوّتها الدافعة الكهربائيّة $(12V)$ مقاومتها الداخلية مُهملةٌ، ما نسبة القدرة المنتجة في البطّاريّة في الحالتين؛ المصابيح موصولة على التوالي/التوازي؟

الحل

التوصيل على التوالي

$$R_{eq} = 3R$$

$$P_{(1)} = \frac{V^2}{3R}$$

التوصيل على التوازي

$$R_{eq} = \frac{R}{3}$$

$$P_{(2)} = \frac{3V^2}{R}$$

$$\frac{P_{(1)}}{P_{(2)}} = \frac{\frac{V^2}{3R}}{\frac{3V^2}{R}} = \frac{1}{9}$$

مثال (8)

مصباحان يتصلان مع مصدري جُهد متماثلين، قدرة المصباح الأول تساوي ثلاثة أمثال قدرة المصباح الثاني. أجد نسبة تيّار الأول إلى تيّار الثاني، ونسبة مقاومة الأول إلى مقاومة الثاني.

الحل

$$P_1 = 3P_2 \quad , \quad V_1 = V_2 = V$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{P_1}{V}}{\frac{P_2}{V}} = \frac{\frac{3P_2}{V}}{\frac{P_2}{V}} = 3$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\frac{V^2}{P_1}}{\frac{V^2}{P_2}} = \frac{\frac{V^2}{3P_2}}{\frac{V^2}{P_2}} = \frac{1}{3}$$

مثال (9)

أثبت أن مقدار القدرة الكهربائية التي تنتجها البطارية تعطى بالقانون التالي:

$$P = \varepsilon I$$

الحل

من المعلوم أن البطارية تبذل شغلاً على الشحنات التي تمر من خلالها يعطى بالقانون التالي: $W = \varepsilon \times \Delta Q$

بتعويض القانون السابق في قانون القدرة

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

مثال (10)

وضّح المقصود بكلٍ مما يأتي:

1. القُدرة الكهربائية
2. الواط

الحل

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

الواط: هي قدرة جهاز كهربائي يستهلك طاقة كهربائية بمقدار $(1J)$ كل ثانية أو

هي قدرة جهازٍ يمرُّ فيه تيّار كهربائيّ $(1A)$ عندما يكون فرق الجُهد بين طرفيه $(1V)$

مثال (11)

وضّح المقصود بقولنا إن القدرة الكهربائية للمصباح تساوي $(15W)$

الحل

هذا يعني أن المصباح يستهلك طاقة كهربائية مقدارها $(15J)$ في كل ثانية يعمل بها

2 الطاقة الكهربائية

يعرف مقدار القدرة الكهربائية يمكن إيجاد مقدار الطاقة الكلية التي يستهلكها أو ينتجها الجهاز الكهربائي باستخدام القانون التالي:

$$E = P \times \Delta t$$

☑ وحدات قياس الطاقة الكهربائية

تعتمد وحدة قياس الطاقة الكهربائية على وحدة القدرة والزمن المستخدمة في القانون السابق على النحو التالي

1 الجول (J)

عندما تكون القدرة بوحدة الواط والزمن بوحدة الثانية فإن الطاقة تكون بوحدة الجول $E_{(J)} = P_{(W)} \times t_{(s)}$

2 كيلو واط ساعة (KWh)

عندما تكون القدرة بوحدة الكيلو واط والزمن بوحدة الساعة فإن الطاقة تكون بوحدة كيلو واط ساعة $E_{(KWh)} = P_{(KW)} \times t_{(h)}$

سؤال : وضح ما المقصود بكيلو واط ساعة

الجواب : هي كمية الطاقة التي يمكنها أن تشغل جهاز كهربائي قدرتها $(1KWh)$ لمدة ساعة واحدة

☑ حساب تكلفة استهلاك الطاقة الكهربائية

يمكن حساب تكلفة استهلاك الطاقة الكهربائي في المنازل و المصانع بضرب كمية الطاقة المستهلكة في سعر وحدة الطاقة.

$$cost = E \times price$$

مثال (12)

أحسب تكلفة تشغيل مكيفٍ قدرته $(4000W)$ لمدة $(8h)$ ؛ إذا كان سعر وحدة الطاقة الكهربائية $(0.12JD / \text{KWh})$

الحل

أولاً نحسب مقدار الطاقة المستهلكة خلال الثمان ساعات بوحدة KWh

$$E = P \times t = 4 \times 8 = 32KWh$$

الان يمكن أن نجد تكلفة التشغيل بضرب مقدار الطاقة بسعر وحدة الطاقة الواحدة

$$cost = E \times price = 32 \times 0.12 = 3.84JD$$

مثال (13)

سيارةٌ كهربائيّةٌ تُخزّن بطاريّتها طاقةً كهربائيّة مقدارها $(24KWh)$ ، وُصلت بشاحنٍ يزودها بتيار $(16A)$ عند فرق جُهد $(220V)$. أجد :

1) القدرةَ الكهربائيّة للشاحن.

2) المُدّةَ الزمنيّة لشحن البطّاريّة بشكلٍ كامل.

3) تكلفةَ (cost) شحن السيارة بشكلٍ كامل؛ إذا كان سعر وحدة (KWh) (price) هو $(0.12JD)$

الحل

(1

$$p = VI = 220 \times 16 = 3520W$$

(2

$$E = P \times t$$
$$24 = 3.520 \times t \quad \Rightarrow \quad t = 6.8181h$$

(3

$$cost = E \times price = 24 \times 0.12 = 2.88JD$$

مثال (14)

وُصلت سيارة أطفال كهربائيّة مع شاحن كهربائيّ فرقُ جُهده $(12V)$ وقدرته $(120W)$ حتّى اكتملت عمليّة الشحن. إذا علمتُ أنّ مقدار الطاقة الكهربائيّة التي انتقلت إلى البطّاريّة $(2.4KWh)$ أحسبُ:

1) المدّةَ الزمنيّة لاكتمال عمليّة الشحن.

2) التيّار المارَّ بين الشاحن وبطاريّة السيارة.

3) هل يمكن شحن السيارة باستخدام شاحن فرق جهده $(12V)$ ، والتيار الذي يُنتجه $(1A)$ ؟ أفسر إجابتي.

الحل

1)

$$E = P \times t$$
$$2.4 = 0.12 \times t \quad \Rightarrow \quad t = 20h$$

2)

$$P = VI$$
$$120 = 12I \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad I = 10A$$

3)

نعم يمكن ذلك حيث أن هذه الشاحن قدرتها $(P = VI = 12 \times 1 = 12W)$ ولكن سوف يستغرق مدة زمانية مقدارها $t = \frac{2.4}{0.012} = 200h$ 😭😖😭😖

مثال (15)

فرنٌ كهربائيٌّ يعمل على جُهد $(240V)$ ؛ مقاومة عنصر التسخين فيه (30Ω) إذا عمل مدّة $(48\min)$ لطهي الطعام، أحسب ما يأتي:

1- التيّار الكهربائيّ الذي يسري في عنصر التسخين.

2- القدرة الكهربائيّة للفرن.

3- مقدار الطاقة الكهربائيّة المتحوّلة إلى حرارةٍ خلال مدّة الطهي

4- كيف تتغيّر النتائج السابقة جميعها في حال وُصل الفرن مع مصدر جُهد $(120V)$

الحل

(1

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

(2

$$P=\frac{V^2}{R}=\frac{240^2}{30}=1920W$$

(3

$$E=P\times t$$
$$E=1920\times(48\times60)$$
$$E=5529600J$$

(4

$$I=\frac{V}{R}=\frac{120}{30}=4A$$
$$P=\frac{V^2}{R}=\frac{120^2}{30}=480W$$
$$E=P\times t$$
$$E=480\times(48\times60)$$
$$E=1382400J$$

مثال (16)

سيارة كهربائية موصولة مع شاحن قدرته $(62.5KW)$ بسلك طوله $(6m)$ ومساحةُ مقطعه $(25mm^2)$ يسري فيه تيّار كهربائي $(125A)$. إذا استغرقت عملية الشحن $(30\min)$ أحسب ما يأتي:

1- كمّية الشحنة التي انتقلت عبر السلك خلال هذه المدّة.

2- فرق الجُهد بين طرفي الشاحن؟

3- الشغل الكهربائيّ الذي بذله الشاحن على بطارية السيارة.

4- تكلفة الشحن، إذا كان سعر $(1KWh)$ هو $(0.12JD)$

الحل

(1

$$Q = I \times \Delta t$$
$$Q = 125 \times (30 \times 60)$$
$$Q = 225000C$$

(2

$$P = VI$$
$$62500 = V \times 125$$
$$V = 500V$$

(3

$$W = QV = 225000 \times 500 = 1.125 \times 10^8 J$$

(4

$$cost = price \times E$$
$$cost = price \times (P \times t)$$
$$cost = 0.12 \times 62.5 \times 0.5$$
$$cost = 3.75JD$$

مثال (17)

تكلفة تشغيل مدفأةٍ قدرتها $(2800W)$ مُدّة (90) ساعة، إذا كان سعر وحدة الطاقة $(0.15JD / KWh)$

الحل

$$cost = price \times E$$
$$cost = price \times (p \times t)$$
$$cost = 0.15 \times 2.8 \times 90$$
$$cost = 37.8JD$$

القسم الرابع

تحليل الدارات

يهتم علم تحليل الدارات الكهربائية بإيجاد كلا من التيار الكهربائي وفرق الجهد الكهربائي والقدرة الكهربائي لكل عنصر من عناصر الدارة الكهربائية ويستخدم لذلك قاعدتان اساسيتان وضعهما العالم غوستاف كيرشوف

1 قاعدة كيرشوف الأولى

القاعدة

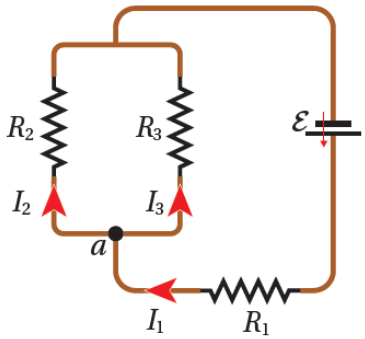
نص القاعدة: المجموع الجبري للتيارات عند أي نقطة تفرع في دارة كهربائية يساوي صفراً

رياضيا

$$\sum I = 0$$

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

ملاحظات هامة....



1. تسمى هذه القاعدة أيضا بقاعدة الوصلة
2. تمثل هذه القاعدة صورة من صور قانون حفظ الشحنة الكهربائية
3. تدل قاعدة كيرشوف الأولى على أن كمية الشحنة الداخلة باتجاه نقطة التفرع تساوي كمية الشحنة الخارجة منها ولا يمكن أن تتراكم الشحنات عند تلك النقطة
4. عند تطبيق هذه القاعدة على الدارة المجاورة عند نقطة التفرع (a) فإن

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

$$I_1 = I_2 + I_3$$

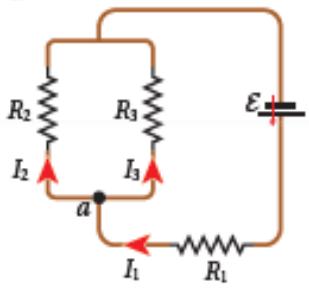
سؤال : أوضح العلاقة بين قاعدة كيرشوف الأولى ومبدأ حفظ الشحنة.

الحل

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

مثال (1)

بالاعتماد على الشكل المجاور، إذا كان التيار الأول $(6A)$ والتيار الثاني $(3.5A)$ جد مقدار التيار المار في المقاومة (R_3)



الحل

باستخدام قاعدة كيرشوف الأولى عند التفرع (a)

$$I_1 = I_2 + I_3$$
$$6 = 3.5 + I_3$$
$$I_3 = 2.5A$$

2 قاعدة كيرشوف الثانية

القاعدة

نص القاعدة: المجموع الجبري لتغيرات الجهد عبر مكونات مسارٍ مُغلق في دارةٍ كهربائيةٍ يساوي صفرًا

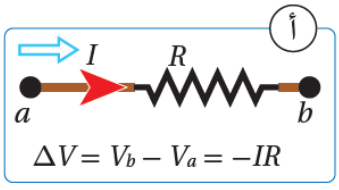
رياضيا $$\sum \Delta V = 0$$

ملاحظات هامة....

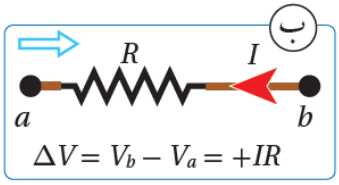
1. تسمى هذه القاعدة أيضا بقاعدة العروة
2. تمثل هذه القاعدة صورة من صور قانون حفظ الطاقة
3. تعلُّ طاقة الوضع الكهربائية للشحنة الافتراضية الموجبة عند انتقالها من جُهد مُرتفع إلى جُهدٍ منخفضٍ خلال المقاومات
4. بينما تزداد طاقة الوضع الكهربائية للشحنة الموجبة عند عبورها البطارية من قطبها السالب الى قطبها الموجب، أي باتّجاه القوّة الدافعة الكهربائية.

☑ تحديد إشارة الجهد في قاعدة كيرشوف الثانية

عند استخدام قاعدة كيرشوف الثانية لا بد من تحديد إشارة فرق الجهد لكل عنصر بدقة حيث أن بعضها يأخذ إشارة سالبة والبعض الاخر يأخذ إشارة موجبة على النحو التالي

أ)


$\Delta V = V_b - V_a = -IR$

ب)


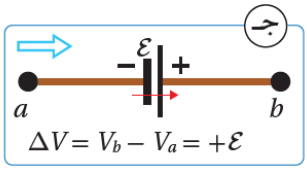
$\Delta V = V_b - V_a = +IR$

أولا : المقاومات

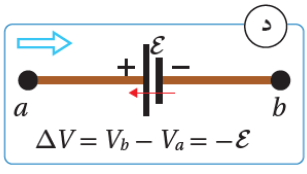
عند العبور خلال مقاومة فإن إشارة فرق الجهد تتأثر باتجاه التيار كما يلي

(أ) اتجاه العبور باتجاه التيار : يكون فرق الجهد سالبا

(ب) اتجاه العبور عكس اتجاه التيار : يكون فرق الجهد موجبا

جـ)


$\Delta V = V_b - V_a = +\varepsilon$

د)


$\Delta V = V_b - V_a = -\varepsilon$

ثانيا : البطاريات

عند العبور خلال بطارية فإن إشارة فرق الجهد (القوة الدافعة الكهربائية) تحدد على النحو التالي:

(ج) عند العبور باتجاه القوة الدافعة الكهربائية (الخروج من القطب السالب) تكون إشارة فرق الجهد سالبة

(د) عند العبور بعكس القوة الدافعة الكهربائية (الخروج من القطب الموجب) تكون إشارة فرق الجهد موجبة

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

الجواب

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 .

أذكرُ نصّ قاعدتي كيرشوف، وما مبدأ الحفظ الذي تحقّقه كلٌّ منهما؟

الجواب

تنص قاعدة كيرشوف الأولى أن المجموع الجبري للتيارات عند أي نقطة تفرع في دارة كهربائية يساوي صفر (تحقق مبدأ حفظ الشحنة) وتنص قاعدة كيرشوف الثانية أن المجموع الجبري لتغيرات الجهد عبر مكونات مسار مغلق في دارة كهربائية يساوي صفر (تحقق مبدأ حفظ الطاقة)

فسّرُ لماذا يُعدّ فرق الجُهد بين طرفي المقاومة سالبًا عند عبورها باتّجاه التيّار المارّ فيها

الجواب

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 نواجهه في أثناء ذلك يكون هبوطًا في الجهد (تغير سالب)

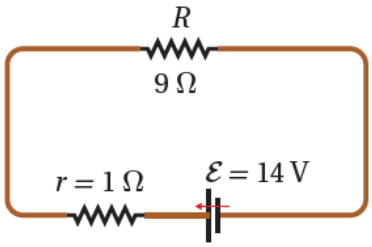
فسّرُ لماذا يُعدّ فرق الجُهد بين طرفي البطارية موجبا عند عبورها باتّجاه القوة الدافعة الكهربائية

الجواب

وذلك لأنه عن الانتقال عبر البطارية باتجاه القوة الدافعة الكهربائية فنحن ننتقل من القطب السالب (الأقل جهد) إلى القطب الموجب الأعلى جهدا حيث يعد هذا الانتقال زيادة في الجهد

☑ تحليل الدارات البسيطة

تتكون الدارات الكهربائية في ابسط اشكالها بطاريات ومقاومات متصلة على التوالي بحيث تحتوي الدارة على عروة واحدة كما في الشكل المجاور تمتاز هذه الدارة بان جميع العناصر فيها يمر خلالها نفس المقدار من التيار الكهربائي



ولتحليل هذه الدارة نتبع الخطوات التالية:

1. نفرض اتجاه للتيار بحيث يكون خارج من القطب الموجب للبطارية الأكبر جهدا
2. نطبق قاعدة كيرشوف الثانية
3. نحل المعادلة الناتجة من قاعدة كيرشوف الثانية نجد مقدار تيار الدارة (او أي مجهول اخر في الدارة)
4. بعد إيجاد مقدار التيار يمكن ان نجد الجهد والقدرة لاي عنصر من عناصر الدارة

ملاحظة: باستخدام قاعدة كيرشوف الأولى على الدارة البسيطة يمكن أن نجد قانون مختصر لإيجاد مقدار التيار يسمى قانون الدارة البسيطة كما يلي

$$I = \frac{\sum \varepsilon}{\sum (R + r)}$$

مثال (2)

بالاعتماد على الشكل المجاور جد مقدار كلاً مما يأتي:

1. تيار الدارة
2. فرق الجهد بين طرفي البطارية
3. فرق الجهد بين طرفي المقاومة
4. مقدار القدرة المنتجة والمستهلكة في الدارة

الحل

1. $\sum \Delta V = 0$

$+\varepsilon - IR_1 = 0$

$12 - 4I = 0 \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad I = 3A$

2. $V_{battary} = \varepsilon = 12V$

3. $V_1 = IR_1 = 3 \times 4 = 12V$

4. $P_{gen} = \varepsilon \times I = 12 \times 3 = 36\,watt$

$P_{abs} = I^2 R = (3)^2 \times 4 = 36\,watt$

مثال (3)

بالاعتماد على الشكل المجاور جد مقدار كلاً مما يأتي:

1. تيار الدارة
2. فرق الجهد بين طرفي البطارية
3. فرق الجهد بين طرفي المقاومة
4. مقدار القدرة المنتجة والمستهلكة في الدارة

الحل

1. $\sum \Delta V = 0$

$+\varepsilon - Ir - IR_1 = 0$

$12 - 2I - 4I = 0 \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad I = 2A$

2. $V_{battary} = \varepsilon - Ir = 12 - (2 \times 2) = 8V$

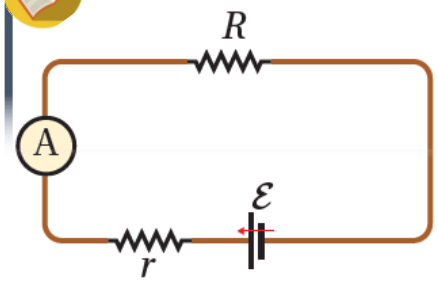
3. $V_1 = IR_1 = 2 \times 4 = 8V$

4. $P_{gen} = \varepsilon \times I = 12 \times 2 = 24\,watt$

$P_{abs} = P_r + P_{R_1} = I^2 r + I^2 R_1$

$= (2^2 \times 2) + (2^2 \times 4) = 24\,watt$

مثال (4)



في الدارة المبيّنة في الشكل المجاور إذا كان مقدار القوة الدافعة الكهربائية للبطارية $(12\,V)$ ومقاومتها الداخلية (1Ω) ومقدار المقاومة الخارجية (3Ω) أحسب:

1. قراءة الأميتر.
2. قدرة البطارية.
3. القدرة المستهلكة في كلّ من المقاومتين الداخلية والخارجية.

الحل

1) باستخدام قانون الدارة الكهربائية البسيطة

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}=\frac{12}{3+1}=3\text{A}$$

2) تحسب قدرة البطارية من القانون التالي:

$$P=I\varepsilon=3\times12=36W$$

3) القدرة المستهلكة في

المقاومة الداخلية:

$$P=I^2r=9\times1=9W$$

المقاومة الخارجية :

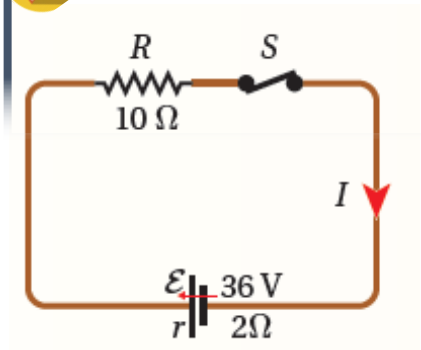
$$P=I^2R=9\times3=27W$$

لاحظ عزيزي الطالب أن مجموع القدرة المستهلكة يساوي مقدار القدرة المنتجة من البطارية.

مثال (5)

في الدارة الكهربائية المبينة في الشكل المجاور ؛ أغلق المفتاح (S) مدة (5min) . أحسب ما يأتي:

1. الطاقة الكهربائية التي تنتجها البطارية (الشغل الذي تبذله)
2. الطاقة الكهربائية التي تستهلكها كلٌ مقاومة.
3. نوع تحولات الطاقة في البطارية وفي المقاومات.



الحل

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}=\frac{36}{10+2}=3\text{A}$$

(1

$$P=\varepsilon\times I=36\times3=108W$$
$$E=P\times t=108\times(5\times60)=32400J$$

(2

$$P_{10}=I^2R=(3)^2\times10=90W$$
$$E_{10}=P\times t=90\times(5\times60)=27000J$$
$$P_2=I^2r=(3)^2\times2=18W$$
$$E_2=P\times t=18\times(5\times60)=5400J$$

3) تتحول الطاقة في البطارية من كميائية إلى كهربائية ثم تتحول الطاقة في المقاومات من كهربائية إلى حرارية

مثال (6)

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

الحل

القدرة المستهلكة في البطارية تمثل القدرة التي تستهلكها المقاومة الداخلية ويمكن من خلالها معرفة التيار المار في الدارة

$$P = I^2 r$$

$$2.7 = I^2 \times 2.5$$

$$I = 1.04W$$

يمكن إيجاد المقاومة الخارجية من خلال قانون الدارة البسيطة

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

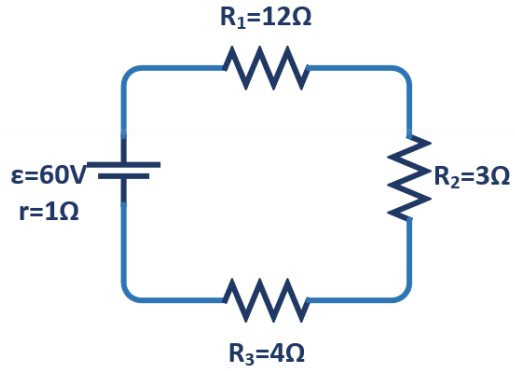
$$1.04 = \frac{9}{R + 2.5}$$

$$R = 6.15\Omega$$

مثال (7)

بالاعتماد على الشكل المجاور جد مقدار كلاً مما يأتي:

1. مقدار التيار الكهربائي المار في الدارة
2. القدرة المستنفذة في المقاومة (R_2)



الحل

1

$$\sum \Delta V = 0$$

$$+\varepsilon - Ir - IR_1 - IR_2 - IR_3 = 0$$

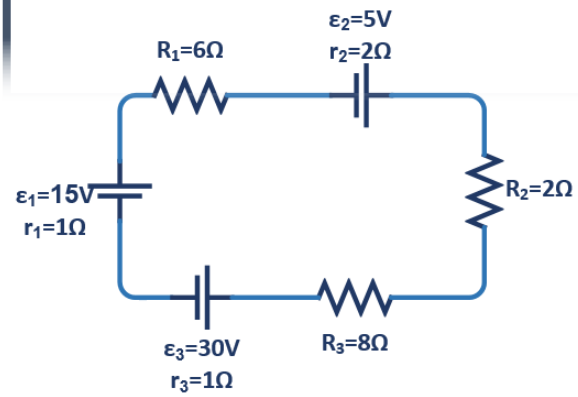
$$60 - I - 12I - 3I - 4I = 0 \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad I = 3A$$

2

$$P = I^2 R = \left(3^2\right) \times 3 = 27watt$$

مثال (8)

بالاعتماد على الشكل المجاور جد مقدار التيار الكهربائي للدارة



الحل

نفرض اتجاه التيار مع اتجاه عقارب الساعة ونطبق قاعدة العروة بنفس اتجاه التيار

$$\sum \Delta V = 0$$

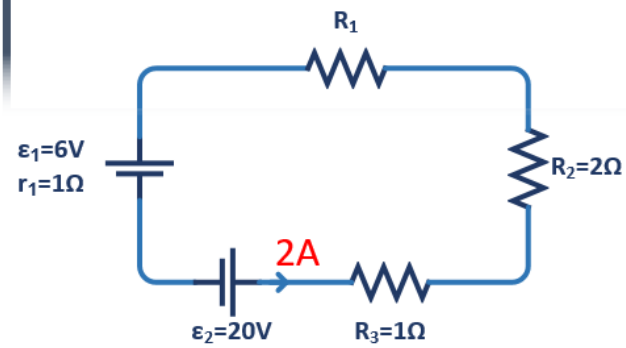
$$+\varepsilon_1 - Ir_1 - IR_1 + \varepsilon_2 - Ir_2 - IR_2 - IR_3 - \varepsilon_2 - Ir_2 = 0$$

$$15 - I - 6I + 5 - 2I - 2I - 8I - 30 - I = 0 \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad I = -0.5A$$

الإشارة السالبة تدل ان اتجاه التيار الفعلي في الدارة سيكون عكس ما فرضناها أي بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة

مثال (9)

بالاعتماد على الشكل المجاور جد مقدار المقاومة (R_1)



الحل

مقدار واتجاه التيار معطى على الرسم (نطبق قاعدة كيرشوف الثانية باتجاه التيار)

$$\sum \Delta V = 0$$

$$+\varepsilon_2 - IR_3 - IR_2 - IR_1 - \varepsilon_1 - Ir_1 = 0$$

$$20 - (2\times 1) - (2\times 2) - 2R_1 - 6 - (2\times 1) = 0 \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad R_1 = 3\Omega$$

أيجاد فرق الجهد بين نقطتين (قراءة الفولتميتر)

لايجاد فرق الجهد بين نقطتين (a,b) نبدأ من النقطة (a) ثم نجمع الجهود باتجاه النقطة (b) كما يلي:

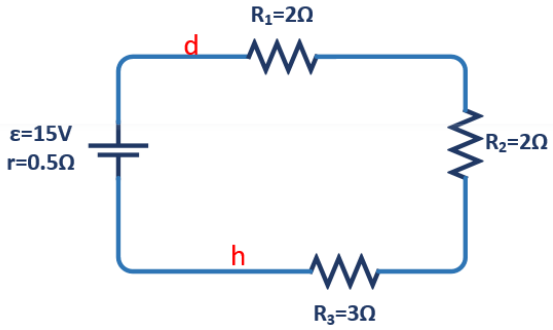
$$V_a + \sum \Delta V = V_b$$

$$V_{ab} = -\sum \Delta V$$

مثال (10)

بالاعتماد على الشكل المجاور جد كلا مما يأتي:

1. فرق الجهد بين النقطتين $V_{dh} \Leftarrow (d,h)$
2. إذا كانت النقطة (h) موصولة بالأرض فما جهد النقطة (d)



الحل

1

أولا يجب أن نجد مقدار التيار المار في الدارة الكهربائية

$$\sum \Delta V = 0$$
$$+\varepsilon - Ir - IR_1 - IR_2 - IR_3 = 0$$
$$15 - 0.5I - 2I - 2I - 3I = 0 \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad I = 2A$$

الان يمكن أن نجد فرق الجهد بين النقطتين

الطريقة الأولى التحرك عبر البطارية

$$V_d + \sum \Delta V = V_h$$
$$V_d + (-\varepsilon + Ir) = V_h$$
$$V_d + (-15 + 2 \times .5) = V_h$$
$$V_d + (-14) = V_h \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad V_{dh} = 14V$$

الطريقة الثانية عبر المقاومات

$$V_d + \sum \Delta V = V_h$$
$$V_d + (-IR_1 - IR_2 - IR_3) = V_h$$
$$V_d + (-2 \times 2 - 2 \times 2 - 2 \times 3) = V_h$$
$$V_d + (-14) = V_h \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad V_{dh} = 14V$$

لاحظ أن اختلاف المسار لا يغير من الإجابة

2

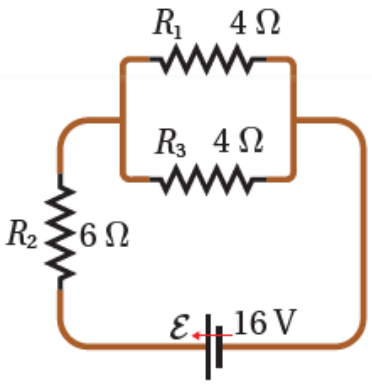
بما أن النقطة (h) موصولة بالأرض فذلك يعني ان جهدها يساوي صفر لذلك

$$V_d + (-14) = V_h$$
$$V_d + (-14) = 0 \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad V_d = 14V$$

مثال (11)

دارةٌ كهربائيّةٌ بسيطةٌ يبيّنُها الشكلُ المجاور، المقاومةُ الداخليةُ للبطاريةِ مُهمَلة. أحسب كلًّ من:

1. المقاومةَ المكافئةَ للمقاوماتِ الثلاث.
2. التيّارَ الكليَّ المارَّ في الدارة.



الحل

1)

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

$$\frac{1}{R_{eq(1)}}=\frac{1}{4}+\frac{1}{4} \quad \Rightarrow \quad R_{eq(1)}=2\Omega$$

$$R_{eq}=R_{eq(1)}+R_2=2+6=8\Omega$$

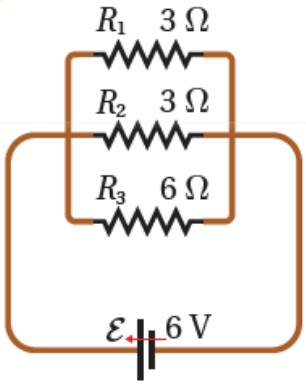
2)

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}=\frac{16}{8+0}=2A$$

مثال (12)

دارةٌ كهربائيّةٌ بسيطةٌ يبيّنُها الشكلُ المجاور، المقاومةُ الداخليةُ للبطاريةِ مُهملةٌ. أحسب كلاً من:

1. المقاومةَ المكافئةَ للمقاوماتِ الثلاث.
2. التيّارَ الكليَّ المارَّ في الدارة.



الحل

1) المقاومات موصولة على التوازي

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

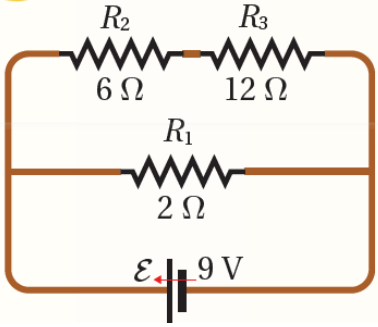
$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{3}+\frac{1}{3}+\frac{1}{6}=\frac{5}{6} \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad R_{eq}=1.2\Omega$$

2)

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}=\frac{6}{1.2+0}=5A$$

مثال (13)

يُبيّن الشكل المجاور دارةً كهربائيّة تحتوي بطاريّةً ومقاومات، بالاعتماد على بيانات الشكل وبإهمال المقاومة الداخليّة؛ أحسبُ المقاومة المكافئة للدّارة، ثمّ مقدار التيّار فيها.



الحل

أولا نجد المقاومة المكافئة للمقاومتين الثانية و الثالثة

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

ثانيا نجد المقاومة المكافئة للمقاومتين R_1 & R_{23}

$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{R_{23}}+\frac{1}{R_1}$$

$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{18}+\frac{1}{2}$$

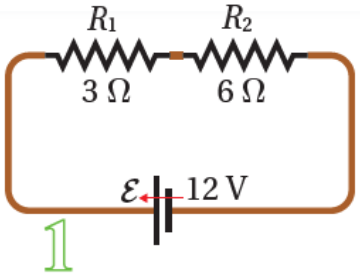
$$R_{eq}=1.8\Omega$$

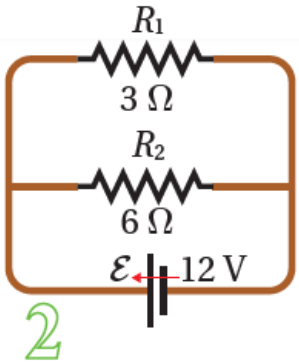
لإيجاد التيار نطبق قاعدة الدارة البسيطة

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}=\frac{9}{1.8+0}=5A$$

مثال (14)

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





الحل

الدارة الأولى

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

$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{12}{9} = 1.333A$$

الدارة الثانية

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

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

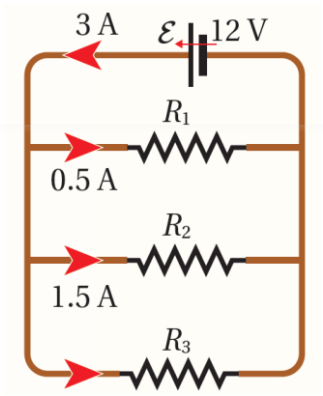
$$R_{eq} = 2\Omega$$

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

مثال (15)

بالاعتماد على بيانات الدارة المبينة في الشكل؛ أجد ما يأتي:

1. التيّار المارّ في المقاومة (R_3)
2. قيم المقاومات الثلاث.
3. المقاومة المكافئة.



الحل

3. لإيجاد المقاومة المكافئة إما نستخدم قانون التوازي كما يلي:

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

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{24} + \frac{1}{8} + \frac{1}{12}$$

$$R_{eq} = 4\Omega$$

أو نستخدم قانون أوم عند مصدر الطاقة

$$R_{eq} = \frac{V}{I} = \frac{12}{3} = 4\Omega$$

1. باستخدام قاعدة كيرشوف الأولى

$$\sum I$$

$$3 = 0.5 + 1.5 + I_{R_3}$$

$$I_{R_3} = 1A$$

2. باستخدام قانون أوم

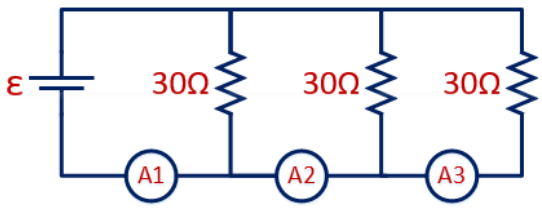
$$R_1 = \frac{V}{I_1} = \frac{12}{0.5} = 24\Omega$$

$$R_2 = \frac{V}{I_2} = \frac{12}{1.5} = 8\Omega$$

$$R_3 = \frac{V}{I_3} = \frac{12}{1} = 12\Omega$$

مثال (16)

في الشكل المجاور إذا كانت قراءة الأميتر $(A1)$ تساوي $(1.2A)$ أجب عما يأتي :



1) احسب القوة الدافعة الكهربائية للبطارية (ε)

2) احسب قراءة كل من $(A2)$, $(A3)$

3) أيهما أكثر استهلاكا للطاقة عند وصل هذه المقاومات على التوالي أم على التوازي ؟ وضح إجابتك

الحل

1)

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

$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{30}+\frac{1}{30}+\frac{1}{30} \Rightarrow\Rightarrow R_{eq}=10\Omega$$

$$\varepsilon=I\times R$$

$$\varepsilon=1.2\times10=12V$$

2)

قراءة الأميتر $(A3)$ تساوي تيار المقاومة الأخيرة

$$I=\frac{V}{R}=\frac{12}{30}=0.4A$$

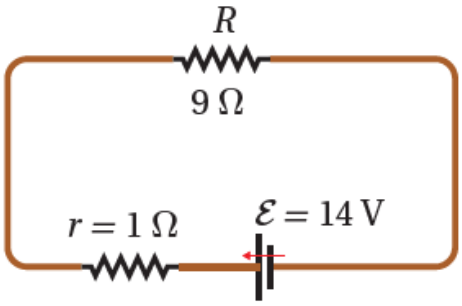
قراءة الأميتر $(A2)$ تساوي مجموع تيار كل من المقاومتين الأخيرتين

$$I_{A2}=\frac{V}{R}+\frac{V}{R}=\frac{12}{30}+\frac{12}{30}=0.8A$$

3) التوصيل على التوازي أكثر استهلاكا للطاقة من التوصيل على التوالي، لإن المقاومة المكافئة أقل حيث أن الطاقة تعطى بالعلاقة $E=\frac{V^2}{R}\times t$

السؤال الأول

تتكوّن دارة كهربائية بسيطة من بطّارية ومقاومة خارجية مبيّنة في الشكل المجاور إذا كانت المقاومة الداخلية للبطارية تساوي (1Ω) أحسبُ التيّار في الدارة وأُحدّد اتّجاهه.



الحل

باستخدام معادلة الدارة الكهربائية البسيطة :

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{14}{9+1} = 1.4\,\text{A}$$

اما اتجاه التيار خارج البطارية فيكون خارج من القطب الموجب للبطارية ويدخل في القطب السالب لها أي ان اتجاه التيار مع اتجاه حركة عقارب الساعة

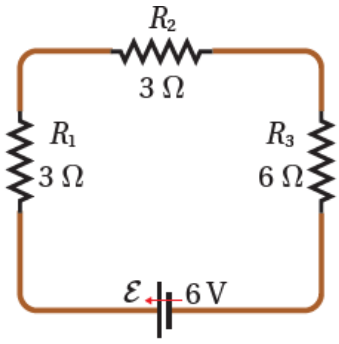
السؤال الثاني

دارةٌ كهربائيةٌ بسيطةٌ يبيّنُها الشكل المجاور المقاومة الداخلية للبطارية مهملة،

أحسب كل من:

1) المقاومة المكافئة للمقاومات الثلاث.

2) التيّار الذي يسري في الدارة.



الحل

1) المقاومات موصولة على التوالي:

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

2)

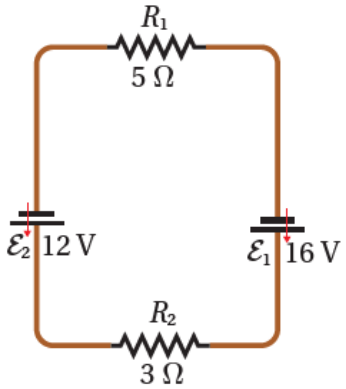
$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{6}{12+0} = 0.5\,\text{A}$$

السؤال الثالث

بالاعتماد على البيانات المُثبّتة في الشكل المجاور وبإهمال المقاومة الداخلية لكلتا البطاريتين؛ أجد كُلَّ من:

1) قيمة تيّار الدارة وأُحدّد اتّجاهه.

2) فرق الجُهد بين طرفي كل مقاومة.



الحل

أولاً نجد مقدار المقاومة الكهربائية المكافئة

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$
$$R_{eq} = 5 + 3$$
$$R_{eq} = 8\Omega$$

(1

$$I = \frac{\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2}{R_{eq}} = \frac{16-12}{8} = 0.5A$$

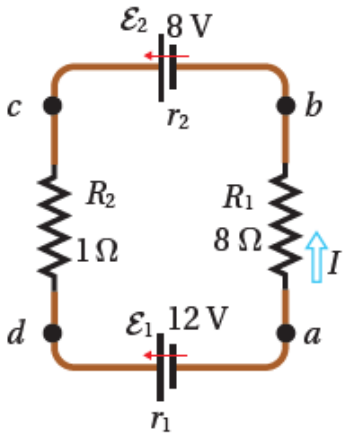
اتجاه التيار يمر بعكس اتجاه عقارب الساعة (خارج من القطب الموجب للبطارية الأكبر)

(2

$$V_1 = IR_1 = 0.5 \times 5 = 2.5V$$
$$V_2 = IR_2 = 0.5 \times 3 = 1.5V$$

السؤال الرابع

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



الحل

أولا نفترض اتجاه التيار بعكس اتجاه عقارب الساعة

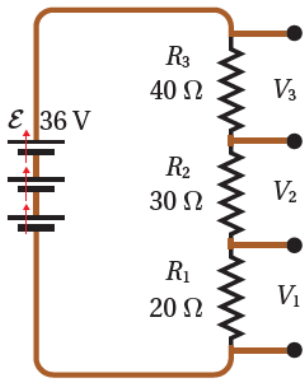
ثم نطبق قاعدة كيرشوف الثانية

$$V_a + \sum \Delta V = V_a$$
$$\sum \Delta V = 0$$
$$-IR_1 + 8 - Ir - IR_2 - 12 - Ir = 0$$
$$-I(8) + 8 - 0.5I - I(1) - 12 - 0.5I = 0$$
$$-10I = 12 - 8$$
$$I = -0.4A$$

بما أن مقدار التيار سالب فهذا يعني أن اتجاه التيار بعكس الاتجاه الذي فرضنها في بداية الحل لذلك يكون اتجاه التيار مع عقارب الساعة

السـؤال الخامس

للحصول على فرق جُهد مناسب من بطاريّةٍ ذات فرق جُهدٍ كبيرٍ، تُوصَل معها مجموعة مقاوماتٍ كما في الشكل المجاور، ما مقدار فرق الجُهد بين طرفي كل مقاومة من المقاومات الثلاث؟

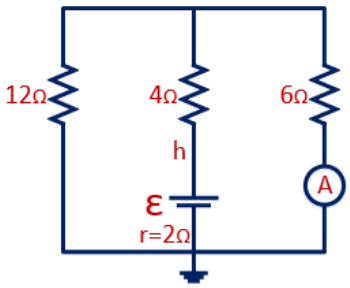


الحل

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{36}{20 + 30 + 40} = 0.4A$$
$$V_1 = IR_1 = 0.4 \times 20 = 8V$$
$$V_2 = IR_2 = 0.4 \times 30 = 12V$$
$$V_3 = IR_3 = 0.4 \times 40 = 16V$$

السـؤال السادس

في الشكل المجاور إذا علمت أن قراءة الأميتر (A) = (0.8A) مستخدما البيانات المثبتة على الشكل احسب:

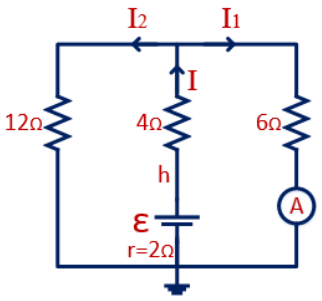


1) القوة الدافعة الكهربائية (ε) للبطارية
2) جهد النقطة (h)
3) قدرة البطارية

الحل

المعطيات $I_1 = 0.8A$

أولا نفرض اتجاهات للتيارات المارة في الدارة كما في الشكل التالي



1)

$$\sum \Delta V = 0$$

نطبق قاعدة كيرشوف الثانية على المسار الخارجي لنجد التيار (I_2)

$$-6I_1 + 12I_2 = 0$$

$$-6(0.8) + 12I_2 = 0 \Rightarrow\Rightarrow I_2 = 0.4\,A$$

نطبق قاعدة كيرشوف الأولى عند نقطة التفرع لنجد التيار (I)

$$I = I_1 + I_2$$

$$I = 0.8 + 0.4 = 1.2\,A$$

نطبق قاعدة كيرشوف الثانية على المسار الأيمن لنجد المطلوب

$$\varepsilon - (4+2)I - 6I_1 = 0$$

$$\varepsilon = (4+2)(1.2) + 6(0.8) = 12V$$

2)

$$V_h + \sum \Delta V = 0$$

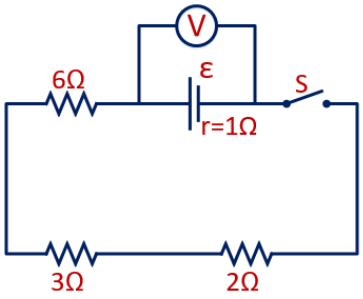
$$V_h - \varepsilon + 2I = 0$$

$$V_h = 12 - (2 \times 1.2) = 9.6V$$

3)

$$P = I \times \varepsilon = 1.2 \times 12 = 14.4W$$

السـؤال السابع



الشكل المجاور الذي يمثل دارة كهربائية بسيطة إذا كانت قراءة الفولتميتر (V) قبل غلق المفتاح تساوي $(36V)$ اعتمادا على البيانات المثبتة على الشكل احسب عند غلق المفتاح :

1) قراءة الفولتميتر

2) القدرة التي أنتجتها البطارية (ε)

3) الطاقة الحرارية المتولدة في المقاومة (3Ω) لمدة دقيقة واحدة

الحل

(2 قراءة الفولتميتر قبل سريان التيار تمثل القوة الدافعة

$$\varepsilon = 36V$$

(1

(3 باستخدام قاعدة كيرشوف الثانية

$$\varepsilon - (6+3+2+1)I = 0$$

$$36 - 12I = 0 \Rightarrow\Rightarrow I = 3A$$

قراءة الفولتميتر

$$V = \varepsilon - Ir$$

$$V = 36 - (3)(1) = 33V$$

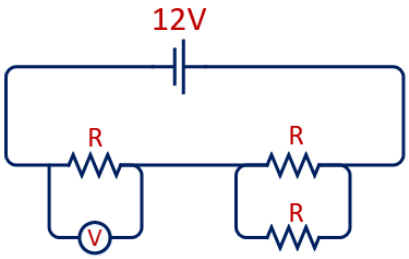
$$P = \varepsilon \times I = 36 \times 3 = 108W$$

$$P = I^2R = (3^2)(3) = 27W$$

$$E = P \times t = 27 \times 60 = 1620J$$

السؤال الثامن

يمثل الشكل المجاور دارة كهربائية بالاعتماد على البيانات المثبتة على الشكل احسب قراءة الفولتميتر (V)



الحل

المقاومتان (R,R) موصولتان على التوازي

$$\frac{1}{R_{12}}=\frac{1}{R}+\frac{1}{R}\Rightarrow R_{12}=\frac{R}{2}$$

المقاومتان (R_{12} , R) موصولتان على التوالي

$$R_{eq}=R+R_{12}=\frac{3}{2}R$$

التيار المار في الدارة يساوي :

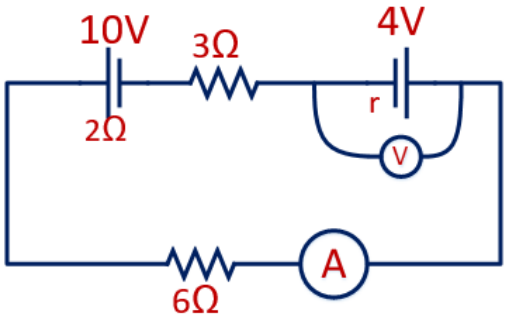
$$I=\frac{V}{R_{eq}}=\frac{12}{\frac{3}{2}R}=\frac{8}{R}$$

قراءة الفولتميتر تمثل جهد المقاومة

$$V=IR=\frac{8}{R}\times R=8V$$

السؤال التاسع

يبين الشكل المجاور دارة كهربائية بسيطة معتمدا على الشكل وبياناته، إذا علمت أن قراءة الفولتميتر (V) تساوي $(4.5V)$ احسب قراءة الأميتر (A).



الحل

من قراءة الفولتميتر

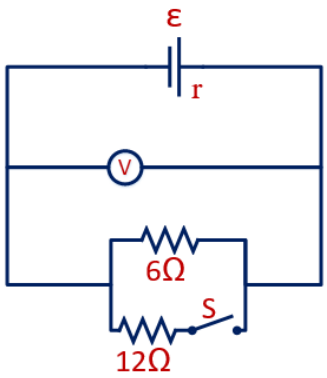
$$V_V=\varepsilon+Ir$$
$$4.5=4+Ir$$
$$Ir=0.5V$$

بتطبيق قاعدة كيرشوف الثانية على الدارة البسيطة

$$(10-4)-(3+6+2+r)I=0$$
$$6-11I-Ir=0$$
$$11I=6-0.5$$
$$I=0.5A$$

السؤال العاشر

يمثل 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

$$I=\frac{V}{R}=\frac{9}{6}=1.5A$$

$$V_V=\varepsilon-Ir$$

$$9=\varepsilon-(1.5)r \quad .....(1)$$

بعد غلق الفتاح

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

$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{6}+\frac{1}{12} \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad R_{eq}=4\Omega$$

$$I=\frac{V}{R_{eq}}=\frac{8}{4}=2A$$

$$V_V=\varepsilon-Ir$$

$$8=\varepsilon-(2)r \quad .....(2)$$

بحل المعادلتين نجد أن $\varepsilon=12$, $r=2\Omega$

☑ تحليل الدارات المعقدة

بعض الدارات الكهربائية لا يمكن تبسيطها باستخدام قوانين التوالي والتوازي وذلك غالبا نتيجة وجود أكثر من بطارية في الدارة وكل بطارية في فرع من فروع الدارات، لتحليل هذه الدارات لا بد ان نستخدم قاعدتي كيرشوف الأولى والثانية معاً

لتحليل هذه الدارة نتبع الخطوات التالية:

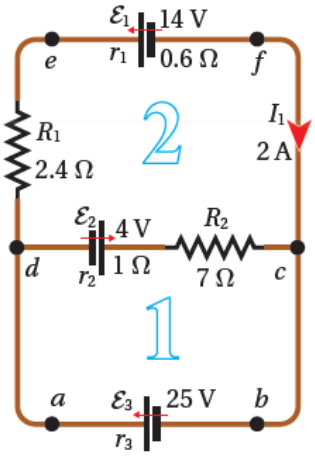
1. نبسط الدارة إلى عروتين إن أمكن
2. نحدد فرع من فروع الدارة تياره معروف وجميع عناصره معلومة (مقاومات وقوة دافعة كهربائية)
3. نطبق قاعدة كيرشوف الثانية على العروة التي تتكون من الفرع المكشوف الذي حددنا والفرع المطلوب إيجاد مجهول منه
4. نحل المعادلة الناتجة من الخطوة السابقة لإيجاد المجهول المطلوب
5. نطبق قاعدة كيرشوف الأولى لإيجاد تيار الفرع الأخير

مثال (17)

تتكون دارة كهربائيّة من عروتين، كما في الشكل المجاور، بالاعتماد على بيانات الشكل، أحسبُ:

1) قِيَم باقي تيارات الدارة وأحدّد اتجاه كل تيّار.

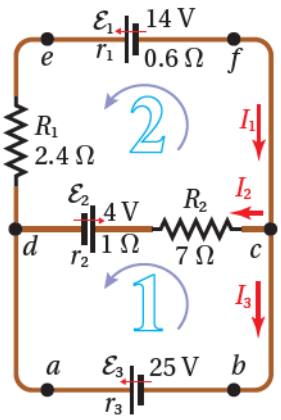
2) مقدار المقاومة الداخلية (r_3)



الحل

1) أولاً نقوم بفرض اتجاه التيارات كما في الشكل المجاور

ثم نطبق قاعدة كيرشوف الثانية على المسار العلوي.



$$V_c + \sum \Delta V = V_c$$

$$\sum \Delta V = 0$$

$$\varepsilon_1 + I_1 r_1 + I_1 R_1 + \varepsilon_2 + I_2 r_2 + I_2 R_2 = 0$$

$$14 + (2 \times 0.6) + (2 \times 2.4) + 4 + I_2(1) + I_2(7) = 0$$

$$8I_2 = -24$$

$$I_2 = -3A$$

الان بتطبيق قاعدة كيرشوف الأولى عند النقطة (C)

$$I_1 = I_2 + I_3$$
$$2 = -3 + I_3$$
$$I_3 = 5A$$

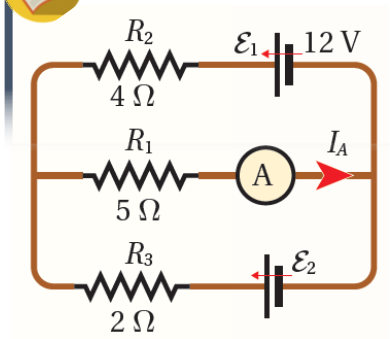
لاحظ ان إشارة التيار الثاني تدل على ان اتجاهه بعكس الاتجاه المفروض على الرسم

2)

لإيجاد مقدار المقاومة الداخلية نطبق قاعدة كيرشوف الثانية على المسار السفلي

$$V_c + \sum \Delta V = V_c$$
$$\sum \Delta V = 0$$
$$\varepsilon_3 - I_3 r_3 + \varepsilon_2 + I_2 r_2 + I_2 R_2 = 0$$
$$25 - (5 \times r_3) + 4 + (-3)(1) + (-3)(7) = 0$$
$$r_3 = 1\Omega$$

مثال (18)

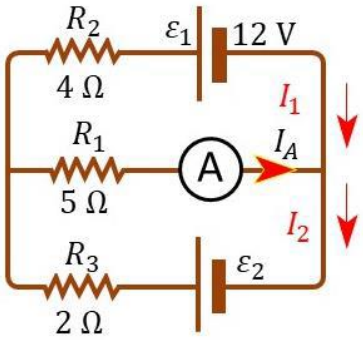


إذا كانت قراءة الأميتر في الدارة المجاورة $(2\,A)$ وبإهمال المقاومات الداخلية للبطاريات، أجدُ كُلَّ من:

1) مقدار واتجاه التيارين: (I_1) يمرُّ في (ε_1) و (I_2) يمر في (ε_2)

2) مقدار القوّة الدافعة الكهربائيّة (ε_2)

الحل



1) بفرض اتجاهها التيارات كما في الشكل المجاور

نطبق قاعدة كيرشوف الثانية على المسار العلوي لإيجاد التيار الأول

$$\sum \Delta V = 0$$
$$\varepsilon_1 + I_1 R_2 - I_A R_1 = 0$$
$$12 + 4I_1 - (2 \times 5) = 0$$
$$I_1 = -0.5A$$

باستخدام قاعدة كيرشوف الأولى نجد التيار الثاني

$$I_2 = I_1 + I_A = -0.5 + 2 = 1.5A$$

2)

نطبق قاعدة كيرشوف الثانية على المسار السفلي لإيجاد مقدار القوة الدافعة الكهربائية

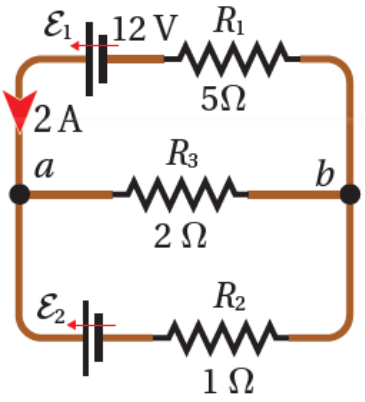
$$\sum \Delta V = 0$$
$$\varepsilon_2 - I_2 R_3 - I_A R_1 = 0$$
$$\varepsilon_2 - (1.5 \times 2) - 2 \times 5 = 0$$
$$\varepsilon_2 = 13V$$

مثال (19)

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

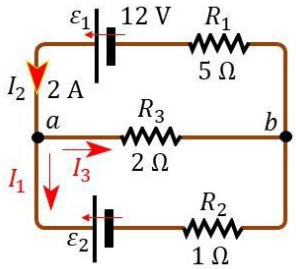
1- التيّار المار في المقاومة (R_3)

2- مقدار القوّة الدافعة الكهربائيّة للبطارية (ε_2)



الحل

1) نفرض اتجاه التيارات كما في الشكل المجاور



ثم نطبق قاعدة كيرشوف الثانية على المسار العلوي

$$\sum \Delta V = 0$$
$$-I_3 R_3 - I_2 R_1 + \varepsilon_1 = 0$$
$$-2I_3 - 2 \times 5 + 12 = 0$$
$$I_3 = 1A$$

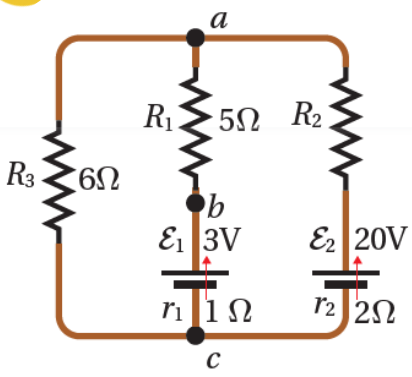
2) نجد التيار المار في المسار السفلي باستخدام قاعدة كيرشوف الأولى

$$I_2 = I_3 + I_1$$
$$2 = 1 + I_1$$
$$I_1 = 1A$$

نطبق قاعدة كيرشوف الثانية على المسار السفلي

$$\sum \Delta V = 0$$
$$-I_3 R_3 + I_1 R_2 + \varepsilon_2 = 0$$
$$-1 \times 2 + 1 \times 1 + \varepsilon_2 = 0$$
$$\varepsilon_2 = 1V$$

مثال (20)



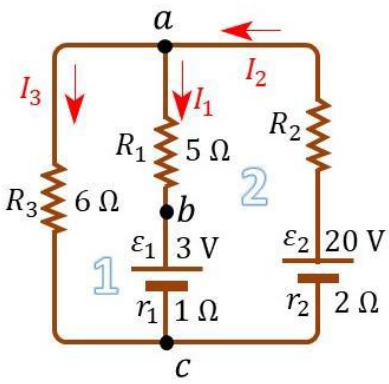
يبيّنُ الشكل دارةً كهربائيّةً مُركّبة، إذا وُصّل فولتميتر بين النقطتين (b,c) فكانت قراءته $(V_b - V_c = 4V)$ ، أحسبُ كلّ من:

1- التيّارات الفرعية في الدارة.

2- المقاومة المجهولة (R_2)

الحل

نفرض اتجاه التيارات في الدارة كما في الشكل المجاور



1) باستخدام فرق الجهد المعطى

$$V_b - \mathcal{E}_1 - I_1 r_1 = V_c$$
$$V_b - V_c = \mathcal{E}_1 + I_1 r_1$$
$$4 = 3 + I_1$$
$$I_1 = 1A$$

بتطبيق قاعدة كيرشوف الثانية على المسار رقم (1) نجد التيار الثالث

$$\sum \Delta V = 0$$
$$\mathcal{E}_1 + r_1 I_1 + I_1 R_1 - I_3 R_3 = 0$$
$$3 + 1 + 5 - 6I_3 = 0$$
$$I_3 = 1.5A$$

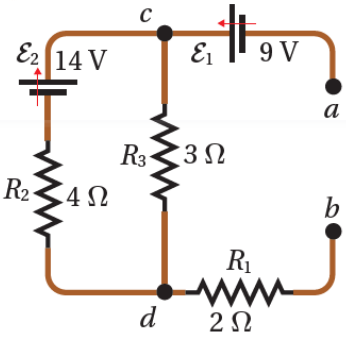
باستخدام قاعدة كيرشوف الأولى نجد التيار الثاني

$$I_2 = I_1 + I_3 = 1 + 1.5 = 2.5A$$

2) لإيجاد المقاومة المجهولة نطبق قاعدة كيرشوف الثانية على المسار رقم (2)

$$\sum \Delta V = 0$$
$$\mathcal{E}_1 + r_1 I_1 + I_1 R_1 + I_2 R_2 - \mathcal{E}_2 + I_2 r_2 = 0$$
$$3 + 1 + 5 + (2.5 \times R_2) - 20 + (2.5 \times 2) = 0$$
$$R_2 = 2.4\Omega$$

مثال (21)



بالاعتماد على بيانات الشكل المجاور، أحسبُ فرق الجُهد بين النقطتين (a) و (b)، عندما ينعدم التيّار في (R3)، ثمّ أُحدّد أيّ النقطتين أعلى جُهدًا.

تعديل: جد مقدار القوة الدافعة الكهربائية للبطارية التي يجب وضعها بين النقطتين (a) و (b)

الحل

بما أن التيار منعدم بين طرفي المقاومة (3Ω)، يكون فرق الجهد:

$$V_d - V_c = 0$$

$$V_d - I(4) + 14 = V_c \Rightarrow (V_d - V_c) - 4I + 14 = 0$$

$$I = \frac{14}{4} = 3.5A$$

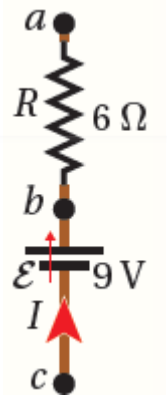
$$V_a + 9 + 3.5(4+2) - 14 = V_b$$

$$(V_a - V_b) = -16V$$

بما أن فرق الجهد سالب، يكون جهد النقطة(b) أعلى من جهد النقطة(a):

$$V_b > V_a$$

مثال (22)



يبيّن الشكل المجاور جزءًا من دارةٍ كهربائيّة، بالاعتماد على بيانات الشكل، حيث إنّ:
$(V_b - V_a = 15V), (V_c - V_a = 7V)$ أجد مقدار المقاومة الداخلية للبطارية.

الحل

أولا نجد مقادر التيار المار في المقاومة من خلال فرق الجهد بين طرفيها

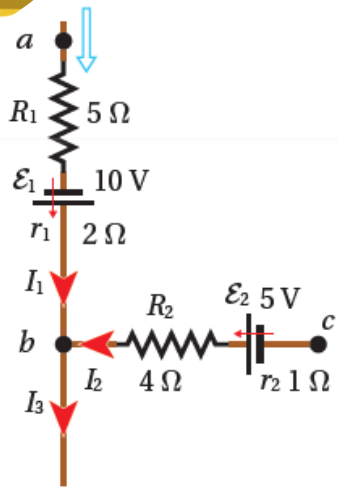
$$I = \frac{V_{ba}}{R} = \frac{15}{6} = 2.5A$$

ثم نطبق قانون فرق الجهد بين نقطتين (طرفي الدارة)

$$V_c - Ir + \varepsilon - IR = V_a$$
$$V_c - 2.5r + 9 - (2.5 \times 6) = V_a$$
$$V_c - V_a + 9 - (2.5 \times 6) = +2.5r$$
$$7 + 9 - (2.5 \times 6) = +2.5r$$
$$r = 0.4\Omega$$

مثال (23)

جزءٌ من دارةٍ كهربائيّةٍ مُركّبة، كما في الشكل المجاور فيه $(I_1 = 3.0A), (I_3 = 4.5A)$ إذا علمتَ أنّ $(V_c = 9V)$ أحسبْ جُهد النقطة (a)



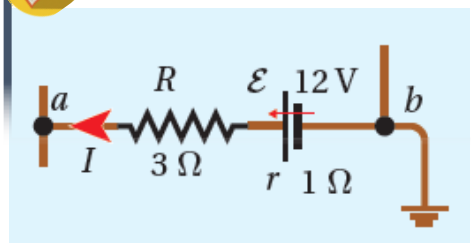
الحل

$$I_2 = I_3 - I_1$$
$$I_2 = 4.5 - 3 = 1.5A$$
$$V_a - I_1R_1 + 10 - I_1r + I_2R_2 - 5 + I_2r = V_c$$
$$V_a - (3 \times 5) + 10 - (3 \times 2) + (1.5 \times 4) - 5 + (1.5 \times 1) = 9$$
$$V_a - (15) + 10 - (6) + (6) - 5 + (1.5) = 9$$
$$V_a = 17.5V$$

مثال (24)

بالاعتماد على بيانات الشكل المجاور، حيث $(I = 2A)$ وجُهد النقطة (b) يساوي صفرًا، بسبب اتّصالها بالأرض. أجدْ جُهدَ النقطة (a)

ملاحظة: تُعدّ الأرضُ موصلًا ضخمًا يمكنه تفريغُ شحنة الأجسام المُتّصلة به؛ لذلك فإنّ أيّ جسمٍ يُوصَل بالأرض يصبح جُهده صفرًا.

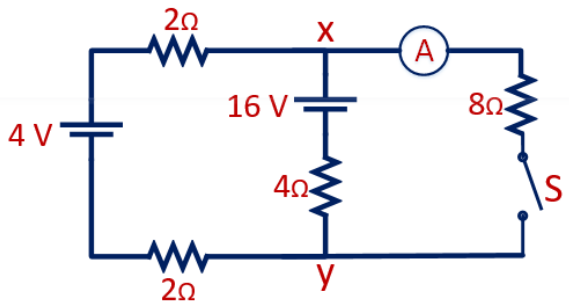


الحل

$$V_a + (3 \times I) - 12 + (1 \times I) = V_b$$
$$V_a + (3 \times 2) - 12 + (1 \times 2) = 0$$
$$V_a = 4$$

مثال (25)

معتمدا على البيانات المثبتة على عناصر الدارة الكهربائية المجاورة وبإهمال المقاومات الداخلية للبطاريات احسب :



1) فرق الجهد بين النقطتين $(x\ ,\ y)$ والمفتاح (S) مفتوح

2) قراءة الأميتر (A) بعد غلق المفتاح (S)

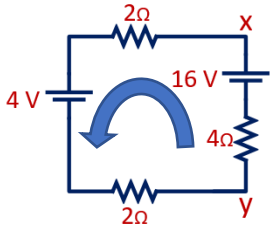
الحل

المعطيات: بيانات الشكل

1) والمفتاح (S) مفتوح ⇐ دارة بسيطة (كما في الشكل المجاور)

أولا نحتاج معرفة مقدار التيار المار في الدارة.

نفرض اتجاه التيار عكس عقارب الساعة ونطبق قاعدة كيرشوف الثانية.



$$(+16-4)-I(2+2+4)=0$$

$$12-8I=0$$

$$I=\frac{3}{2}=1.5A$$

الآن نجد فرق الجهد

نتحرك من النقطة (X) إلى النقطة (Y)

$$V_x+\sum\Delta V=V_y$$

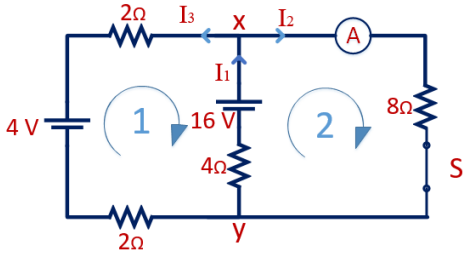
$$V_x-16+4(I)=V_y$$

$$(V_x-V_y)=16-4(1.5)=10V$$

2) عند إغلاق المفتاح تصبح الدارة مركبة (كما في الشكل المجاور)

أولاً نفرض اتجاهات للتيارات كما في الشكل المجاور

ثم نطبق قاعدة كيرشوف الأولى عند نقطة التفرع (X)



$$I_1=I_2+I_3 \quad .....(1)$$

ثم نطبق قاعدة كيرشوف الثانية على المسار (1)

$$\sum\Delta V=0$$

$$(4-16)+(2+2)(I_3)+4I_1=0$$

$$4I_1+4I_3=12 \quad .....(2)$$

ثم نطبق قاعدة كرشوف الثانية على المسار (2)

$$\sum \Delta V = 0$$
$$(+16) - (8)I_2 - 4I_1 = 0$$
$$4I_1 + 8I_2 = 16 \quad .....(3)$$

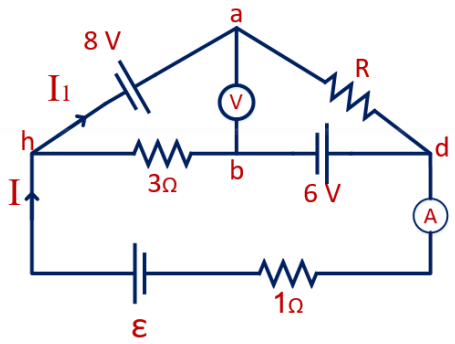
بحل المعادلات الثلاث السابقة نجد أن

$$I_1 = 2A \quad , \quad I_2 = 1A \quad , \quad I_3 = 1A$$

قراءة الأميتر تساوي $(I_2 = 1A)$

مثال (26)

يمثل الشكل المجاور رسماً تخطيطيا لدارة كهربائية، فإذا كانت قراءة الأميتر $(4A)$ ، وقراءة الفولتميتر $(14V)$ والمقاومات الداخلية للبطاريات مهملة معتمدا على الشكل وبياناته المثبتة عليه احسب:



1) مقدار المقاومة (R) 2) مقدار القوة الدافعة الكهربائية (ε)

الحل

المعطيات بيانات الشكل ، $(I = 4A \ , \ V_{ab} = 14V)$

1)

بفرض أن التيار المار في المقاومة (3) والبطارية (6) يسمى (I_2) ويتحرك من النقطة (h) إلى النقطة (d)

$$V_a + \sum \Delta V = V_b$$
$$V_a - 8 - 3I_2 = V_b$$
$$(V_a - V_b) - 8 = 3I_2$$
$$14 - 8 = 3I_2 \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad I_2 = 2A$$

لمعرفة تيار المقاومة نطبق قاعدة كيرشوف الأولى عند النقطة (h)

$$I = I_1 + I_2$$
$$4 = I_1 + 2 \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad I_1 = 2A$$

الان نطبق قانون فرق الجهد بين نقطتين عبر المقاومة

$$V_a + \sum \Delta V = V_b$$
$$V_a - I_1 R - 6 = V_b$$
$$(V_a - V_b) - 6 = I_1 R$$
$$14 - 6 = 2R \quad \Rightarrow\Rightarrow R = 4\Omega$$

2)

نطبق قاعدة كيرشوف الثانية على المسار السفلي

$$\sum \Delta V = 0$$
$$(6+\varepsilon) - 3I_2 - (1)I = 0$$
$$6+\varepsilon-6-4=0 \quad \Rightarrow\Rightarrow \varepsilon = 4\,V$$

واجبات (اختبر نفسك)

السـؤال الأول: اختر الإجابة الصحيحة لكلّ مما يأتي:

1- المقاومية خصيصة فيزيائية للمادة، ومقاوميّة موصل تتّصف بإحدى الصفات الآتية:

أ- تزدادُ بزيادة طول الموصل وبزيادة مساحة مَقطعِه.

ب- تقلُّ بزيادة طول الموصل وبزيادة مساحة مَقطعِه.

ج- تزدادُ بزيادة طول الموصل وبنقصان مساحة مقطعه.

د- تعتمدُ على نوع المادة وليس على أبعاد الموصل الهندسية.

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

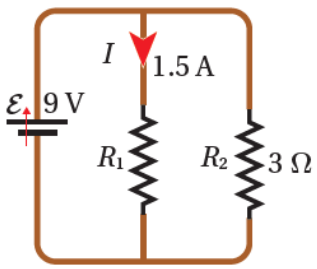
أ- (V_b) أعلى من (V_a) ، وبزيادته يزداد التيّار (I)

ب- (V_b) أعلى من (V_a) ، وبزيادته يقل التيّار (I)

ج- (V_b) أقل من (V_a) ، وبزيادته يزداد التيّار (I)

د- (V_b) أقل من (V_a) ، وبزيادته يقل التيّار (I)

3- تكون المقاومة المكافئة للمقاومتين في الدارة المجاورة:



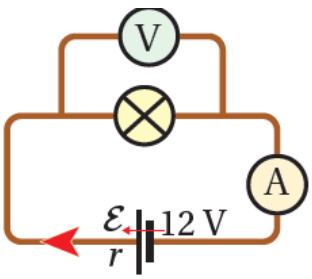
أ- 1Ω

ب- 2Ω

ج- 3Ω

د- 6Ω

4- عندما تكون قراءة الفولتميتر في الدارة المبينة في الشكل $(9V)$ وقراءة الأميتر $(1.5A)$ فإنّ المقاومة الداخلية للبطارية تساوي:



أ- 1Ω

ب- 1.5Ω

ج- 2Ω

د- 2.5Ω

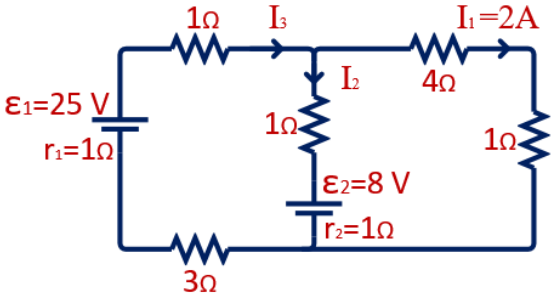
5- إذا كان التيّار الكهربائيّ في الشكل يساوي $(1.2A)$ ، فإنّ فرق الجُهد $\Delta V=(V_b-V_a)$

أ- $3.2V$ ب- $4V$

ج- $4.2V$ د- $4.8\,V$

السـؤال الثاني

في الدارة الكهربائية المجاورة احسب :



1) القدرة الكهربائية المستنفذة في المقاومة (4Ω)

2) مقدار التيار (I_3)

الحل

المعطيات: بيانات الشكل

1) $P=I^2R=(2^2)(4)=16\,W$

2)

نطبق قاعدة كيرشوف الثانية على المسار الخارجي

$$+25-I_3(1+1+3)-I_1(4+1)=0$$
$$+25-I_3(5)-(2)(5)=0$$
$$+25-10=5I_3$$
$$15=5I_3 \quad \Rightarrow\Rightarrow \quad I_3=3A$$

السـؤال الثالث

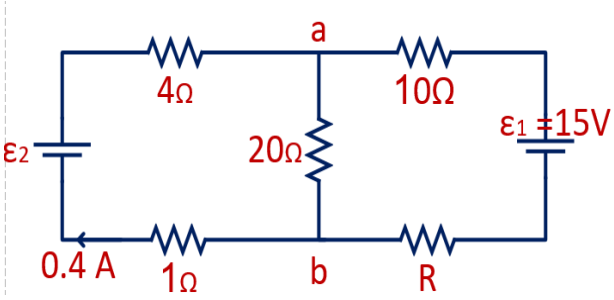
في الشكل المجاور ، إذا علمت أن $(V_{ab}=12V)$ والتيار المار في المقاومة (1Ω) يساوي $(0.4A)$ وبالاتجاه المبيّن .

بإهمال المقاومات الداخلية للبطاريات احسب :

1) القوة الدافعة الكهربائية (ε_2)

2) قيمة المقاومة (R)

3) قدرة البطارية (ε_1)



الحل

المعطيات $V_{ab}=12V\ ,\ I=0.4A$

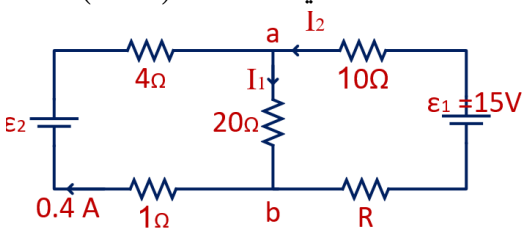
1)

نطبق قانون فرق الجهد بين نقطتين عن طريق المسار الايسر

$$V_a+\sum\Delta V=V_b$$
$$V_a+(4\times0.4)-\varepsilon_2+(1\times0.4)=V_b$$
$$\varepsilon_2=(V_{ab})+1.6+0.4$$
$$\varepsilon_2=12+2=14V$$

2)

نجد التيار المار في المقاومة (20Ω)



$$V_a-(20\times I_1)=V_b$$
$$V_{ab}=20I_1\ \Rightarrow\Rightarrow 12=20I_1\ \Rightarrow\Rightarrow\ I_1=0.6A$$

بتطبيق قاعدة كيرشوف الأولى عند النقطة (a)

$$I+I_2=I_1$$
$$0.4+I_2=0.6\ \Rightarrow\Rightarrow I_2=0.2A$$

الان بتطبيق فرق الجهد بين نقطتين عبر المسار الأيمن

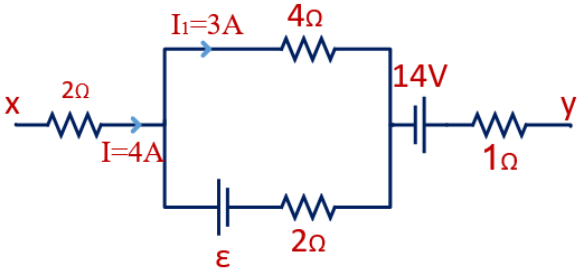
$$V_a+(10\times0.2)-15+0.2R=V_b$$
$$0.2R=13-V_{ab}\ \Rightarrow R=5\Omega$$

3)

$$P=I\times\varepsilon=0.2\times15=3W$$

السـؤال الرابع

الشكل المجاور يمثل جزءا من دارة كهربائية اعتمادا على البيانات المثبتة عليه احسب ما يلي:



1) فرق الجهد بين النقطتين $(x\ ,\ y)$

2) القوة الدافعة الكهربائية للبطارية (ε)

3) القدرة المستنفذة في المقاومة (4Ω)

الحل

1)

$$V_x + \sum \Delta V = V_y$$
$$V_x - (4\times 2) - (3\times 4) + 14 - (4\times 1) = V_y$$
$$V_x - 8 - 12 + 14 - 4 = V_y$$
$$(V_x - V_y) = 10V$$

2)

أولاً نطبق قاعدة كيرشوف الأولى لنجد التيار المار في هذه البطارية

$$I = I_1 + I_2$$
$$4 = 3 + I_2 \Rightarrow I_2 = 1A$$

نطبق قاعدة كيرشوف الثانية على المسار المغلق

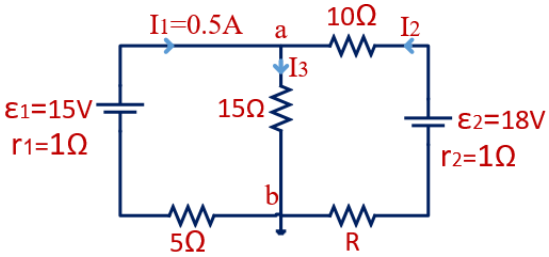
$$\sum \Delta V = 0$$
$$(+\varepsilon) - (3\times 4) + (1\times 2) = 0$$
$$\varepsilon = 10V$$

3)

$$P = I^2R = (3^2)(4) = 36W$$

السـؤال الخامس

اعتمادا على الدارة الكهربائية المرسومة جانبا والبيانات المثبتة عليها (وملتزما بتسمية التيارات واتجاهاتها) احسب ما يأتي:



1) جهد النقطة (a)
2) القدرة المستنفذة في المقاومة (15Ω)
3) المقاومة المجهولة R

الحل

1)

$$V_a + \sum \Delta V = V_b$$
$$V_a - \varepsilon_1 + I_1r_1 + I_1\times 5 = 0$$
$$V_a - 15 + (0.5\times 1) + (0.5\times 5) = 0$$
$$V_a = 15 - 0.5 - 2.5 = 12V$$

2)

الجهد على المقاومة (15Ω) هو نفسه جهد النقطة (a)

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(12^2)}{15} = \frac{144}{15} = 9.6W$$

3)

$$I_3 = \frac{V_a}{R} = \frac{12}{15} = 0.8A$$

بتطبيق قاعدة كيرشوف الأولى نجد التيار الثاني

$$I_1 + I_2 = I_3$$
$$0.5 + I_2 = 0.8 \quad \Rightarrow\Rightarrow I_2 = 0.3A$$

لإيجاد قيمة المقاومة نطبق قاعدة كيرشوف الثانية على المسار الأيمين

$$\sum \Delta V = 0$$
$$(-\varepsilon_2) + I_2(10+1+R) + I_3(15) = 0$$
$$-18 + 0.3(11+R) + 0.8(15) = 0$$
$$R = 9\Omega$$

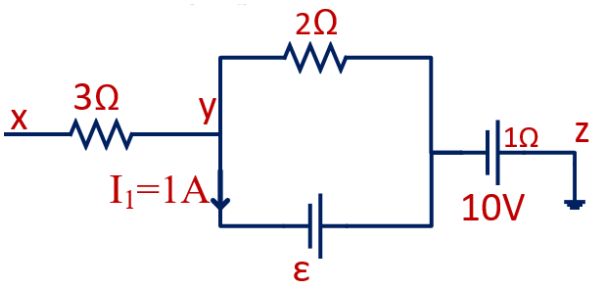
السـؤال السادس

الشكل المجاور يمثل جزءا من دارة كهربائية فرق الجهد بين النقطتين $(x\ ,\ y)$ يساوي (12) فولت اعتمادا على البيانات المثبتة عليه احسب :

1) الجهد الكهربائي للنقطة (x)

2) القوة الدافعة الكهربائية (ε)

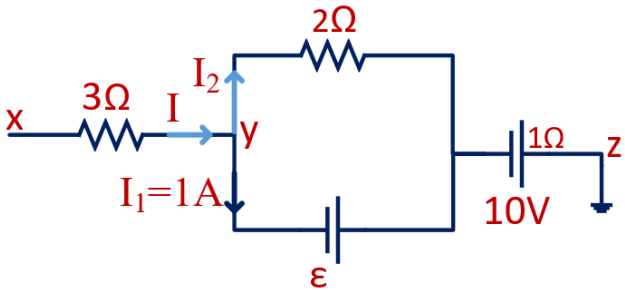
3) الهبوط في الجهد عبر البطارية $(10V)$



الحل

المعطيات $V_{xy} = 12V$

بالاعتماد على الاتجاهات المفروضة للتيارات في الشكل المجاور فإن...



1)

$$I = \frac{V_{xy}}{3} = \frac{12}{3} = 4A$$

باستخدام قاعدة كيرشوف الأولى عند التفرع (Y)

$$I = I_1 + I_2$$
$$4 = 1 + I_2 \quad \Rightarrow I_2 = 3A$$

الان يمكن حساب جهد النقطة (x) كما يلي:

$$V_x + \sum \Delta V = V_Z$$
$$V_x - 3I - 2I_2 + 10 - I = 0$$
$$V_x - 3(4) - 2(3) + 10 - 4 = 0$$
$$V_x = 12V$$

2)

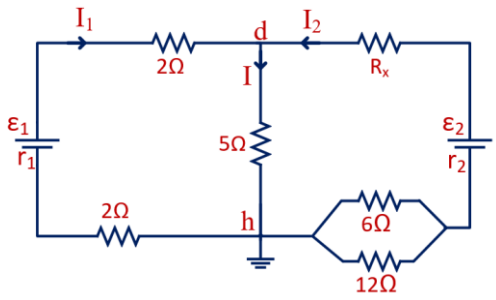
$$V_x + \sum \Delta V = V_Z$$
$$V_x - 3I + \varepsilon + 10 - I = 0$$
$$12 - 3(4) + \varepsilon + 10 - 4 = 0$$
$$\varepsilon = -6V$$

3)

$$\Delta V = I \times r = 4 \times 1 = 4V$$

السـؤال السابع

في الدارة المبينة في الشكل : إذا كانت $(\varepsilon_1 = 4V \ , \ \varepsilon_2 = 7V)$ و $(r_1 = r_2 = 1\Omega)$ وكان $(V_d = 3V)$ والنقطة (h) تتصل بالأرض ملتزما باتجاه التيارات المثبتة على الشكل احسب ما يأتي:



1) مقدار كل من $(I \ , \ I_1)$

2) المقامة المجهولة (R_x)

الحل

1)

$$V_{dh} = V_d - V_h = 3 - 0 = 3V$$
$$V_{dh} = IR$$
$$3 = I \times 5 \implies I = \frac{3}{5} = 0.6A$$

لحسب التغير في الجهد من (d) إلى (h) عبر (ε_1)

$$V_d + I_1(2+1+2) - 4 = V_h$$
$$3 + I_1(2+1+2) - 4 = 0$$
$$I_1 = \frac{1}{5} = 0.2A$$

2)

$$I_1 + I_2 = I \implies I_2 = 0.6 - 0.2 = 0.4A$$

المقاومتان (6 ، 12) توازي

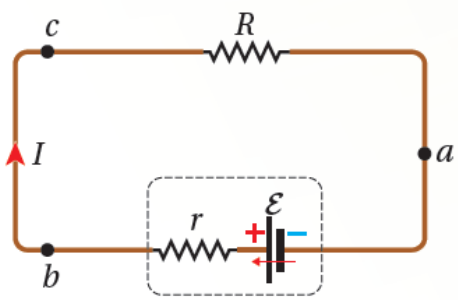
$$R_{eq} = \frac{6 \times 12}{18} = 4\Omega$$

التغير في الجهد عبر المسار من (d) إلى (h) عبر (ε_2)

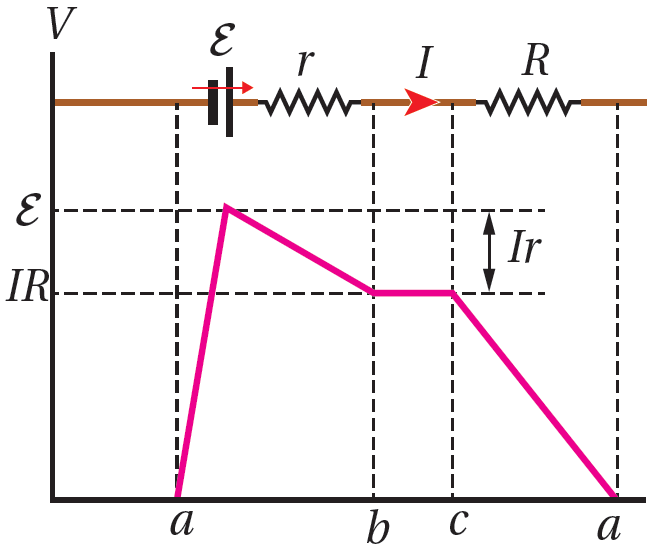
$$V_d + 0.4(R_x + 1 + 4) - 7 = V_h$$
$$3 + 0.4(R_x + 1 + 4) - 7 = 0$$
$$R_x = 5\Omega$$

القسم الخامس

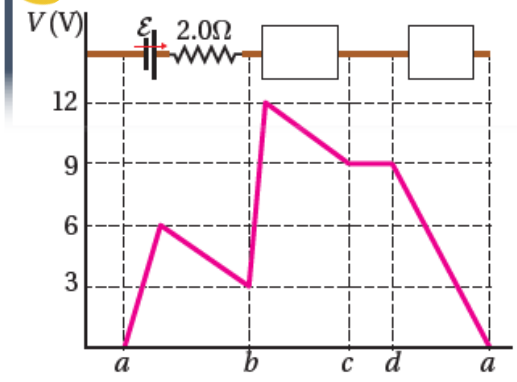
تغيرات الجهد عبر دارة بسيطة



لمعرفة تغيّرات الجهد عبر مكوّنات دارة بسيطة مثل المبيّنة في الشكل المجاور سوف أتحرّك باتّجاه دوران عقارب الساعة بدءًا من النقطة (a) التي تُمثّل قطب البطارية السالب، حتى أكمل العروة كاملةً بالعودة إلى نقطة البداية (a) يُمكنني تمثيلُ التغيُّرات في الجهد الكهربائيّ التي سأوجدها بيانيًا كما في الشكل التالي



مثال (1)



مُثّلت تغيّرات الجهد في دارة كهربائية بيانيًّا، كما في الشكل المجاور. بالاعتماد على بيانات الشكل أجد كلّ من:

1) التيّار الكهربائي في الدارة.

2) العنصر الموصول بين النقطتين (b) و (c)، وقياساته.

3) العنصر الموصول بين النقطتين (d) و (a)، وقياساته.

الحل

1) يمكن إيجاد التيار من خلال المقاومة المعلومة (2Ω)

$$I=\frac{\Delta V}{R}=\frac{(6-3)}{2}=1.5\,\text{A}$$

2) العنصر الموصول بين النقطتين (b) و (c) يعمل على رفع الجهد ثم ينخفض بشكل بسيط فهو عبارة عن بطارية تحتوي على مقاومة داخلية حيث أن:

$$\varepsilon = 12 - 3 = 9\,\text{V}$$

$$r = \frac{\Delta V}{I} = \frac{12-9}{1.5} = 2\Omega$$

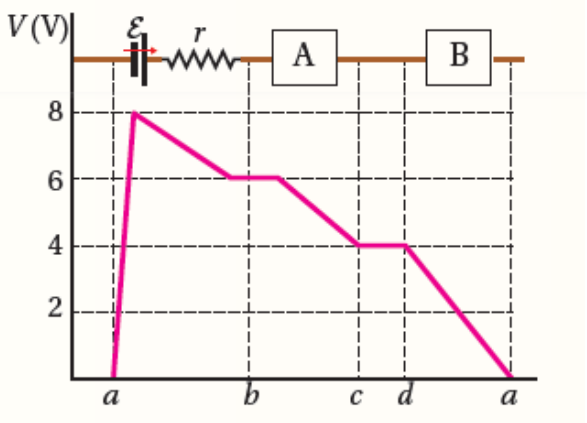
3) العنصر الموصول بين النقطتين (c) و (d) يعمل على خفض الجهد فقط إذا فهو مقاومة

$$R = \frac{V}{I} = \frac{9-0}{1.5} = 6\Omega$$

مثال (2)

تتكوّن دارةٌ كهربائية من بطارية لها مقاومة داخلية ومقاومتين خارجيتين، يمرُّ فيها تيّار كهربائي $(1.6A)$ بالاتّجاه من (a) إلى (a). مُثّلت تغيرّات الجُهد فيها بيانيًّا، كما في الشكل المجاور. أجدُ ما يأتي:

1) القوّة الدافعة الكهربائيّة للبطارية.
2) المقاومة الداخلية للبطارية.
3) المقاومة الخارجية (A)
4) المقاومة الخارجية (B)



الحل

1)

$$\varepsilon = 8V$$

2)

$$r = \frac{\Delta V}{I} = \frac{8-6}{1.6} = 1.25\Omega$$

3)

$$R_A = \frac{\Delta V}{I} = \frac{6-4}{1.6} = 1.25\Omega$$

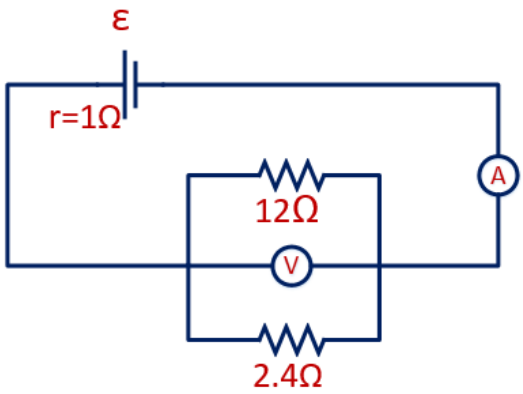
4)

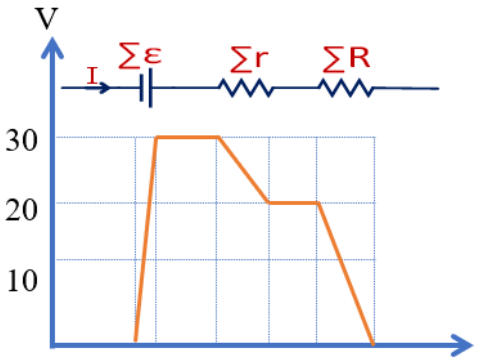
$$R_B = \frac{\Delta V}{I} = \frac{4-0}{1.6} = 2.5\Omega$$

مثال (3)

إذا مثلت التغيرات في الجهد عبر الدارة الكهربائية البسيطة المبينة في الشكل بالرسم البياني المجاور لها بالاعتماد على المعلومات المثبتة على كل منها احسب مقدار كل من:

1) القوة الدافعة الكهربائية
2) قراءة الأميتر
3) قراءة الفولتميتر





الحل

1) من الرسم البياني $\varepsilon = 30V$

2)

$$\Delta V = I\sum r$$
$$(30-20) = I(1)$$
$$I = 10A$$

3)

قراءة الفولتميتر تساوي التغير في الجهد عند عبور المقاومة الخارجية المكافئة ويساوي $(20-0=20V)$

أو

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{12} + \frac{1}{2.4} \Rightarrow\Rightarrow R_{eq} = 2\Omega$$
$$V = IR_{eq} = (10)(2) = 20V$$