١٢

بسم الله الرحمن الرحيم

دولة فلسطين
وزارة التربية والتعليم

الفيزياء

الفترة المتمازجة الثانية

جميع حقوق الطبع محفوظة ©

دولة فلسطين
وزارة التربية والتعليم

مركز المناهج

حي الماصيون، شارع المعاهد
ص. ب 719 – رام الله – فلسطين
pcdc.edu.ps | pcdc.mohe@gmail.com

mohe.ps | mohe.pna.ps | moehe.gov.ps
.com/MinistryOfEducationWzartAltrbytWaltlym
فاكس 2983250-2-970+ | هاتف 2983280-2-970+

الوحدة الثانية: الكهرباء المتحركة

المحتويات

الوحدة الثانية	الكهرباء المتحركة	
الفصل الرابع	التيار الكهربائي والمقاومة	3
الفصل الخامس	دارات التيار المستمر	13
	الاختبارات	30

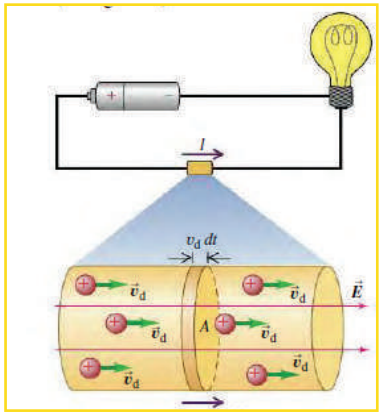
الكهرباء المتحركة Electricity

يتوقع من الطلبة بعد دراستهم هذه الوحدة والتفاعل مع أنشطتها أن يكونوا قادرين على تطبيق مفاهيم الكهرباء المتحركة و حل مسائل تتعلق بمفهوم التيار الكهربائي والجهد والدارات البسيطة من خلال تحقيق الآتي:

1. اكتساب مهارة التحليل الفيزيائي للمسائل التي لها علاقة بالكهرباء.
2. توظيف معرفتهم بالقوانين والعلاقات الرياضية التي تربط بين مفاهيم الكهرباء في حياتهم اليومية.
3. تفسير العديد من الظواهر الطبيعية المتعلقة بالكهرباء.
4. تصميم مشروع لسيارة تعمل بالكهرباء باستخدام الخلايا الشمسية.

1-4 التيار الكهربائي Electric Current

يسري الماء في الأنابيب من مكان إلى آخر بفعل فرق الضغط بين المكانين، أو يمكن القول بسبب فرق الارتفاع، وتسمى هذه العملية بالتيار المائي. وفي المقابل هناك عملية مشابهة تتم داخل الأسلاك الكهربائية، ولكننا لا نستطيع رؤيتها مباشرة. حيث تتحرك مجموعة من الشحنات التي تعرفنا عليها في الكهرباء الساكنة، وبشكل مستمر من طرف السلك إلى طرفه الآخر. ولما كان التيار المائي يسري في الأنابيب بفعل وجود فرق في الضغط، فإن التيار الكهربائي (حركة الشحنات الكهربائية في الموصل بإتجاه معين) تتم بفعل وجود فرق في الجهد الكهربائي.



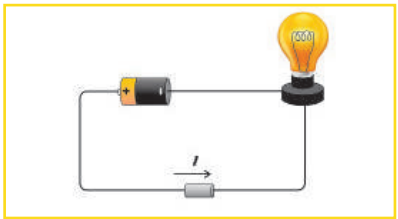
الشكل (4-1)

تعرفت سابقاً أنه عند وصل موصل كروي مشحون بآخر غير مشحون، تنتقل الشحنات الكهربائية من الموصل المشحون إلى الموصل الآخر حتى يتساوى جهداهما، وعند تفريغ شحنة المواسع تنتقل الإلكترونات السالبة من اللوح السالب إلى اللوح الموجب. إن تدفق الشحنات الكهربائية ينتج تياراً كهربائياً، ويستمر تدفق الشحنات الكهربائية بوجود فرق في الجهد توفره البطارية، الذي أدى إلى إضاءة المصباح في النشاط السابق.

ولتتوصل إلى تعريف شدة التيار الكهربائي، تصوّر مقطعاً عرضياً مساحته (A) تعبر منه الشحنات الكهربائية على نحوٍ عمودي، كما في الشكل (4-1). فإذا كانت كمية الشحنة الكلية(ΔQ) التي تعبر المقطع في فترة زمنية (Δt)، فإن شدة التيار الكهربائي(I):

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \qquad (4\text{-}1)$$

شدة التيار الكهربائي: معدل تدفق الشحنة الكهربائية بالنسبة للزمن.



إن شدة التيار الكهربائي كمية قياسية؛ لأن كلاً من الشحنة والزمن كميتان قياسيتان. وتقاس شدة التيار الكهربائي بوحدة كولوم/ثانية (C/s)، وتسمى أمبيراً (A).

وقد تكون الشحنات المتحركة موجبة أو سالبة، أو كلتيهما. وقد اصطلح على أن يكون اتجاه التيار الكهربائي في الدارات الكهربائية هو اتجاه حركة الشحنات الكهربائية الموجبة من منطقة الجهد المرتفع إلى منطقة الجهد المنخفض في الدارة الكهربائية، ومن القطب الموجب للبطارية إلى قطبها السالب خلال السلك، ويطلق على هذا التيار: **التيار الاصطلاحي**. وتقاس شدة التيار الكهربائي بوساطة جهاز يُسمى (الأميتر).

وإذا وجدت شحنات موجبة وأخرى سالبة حرة في مجال كهربائي، فإن الشحنات الموجبة تتحرك باتجاه المجال، بينما تتحرك الشحنات السالبة بعكس اتجاه المجال كما في المحاليل الكهرلية، أي أن الشحنة الكلية تساوي المجموع الجبري للشحنات الموجبة والسالبة دون تعويض الإشارة.

مثال (1):

إذا كانت شدة التيار المار في جهاز الراديو (0.22 A)، ما عدد الإلكترونات التي تمر فيه خلال (4.5 s)؟

الحل:

$I = \Delta Q/\Delta t \rightarrow \Delta Q = I\,\Delta t = 0.22 \times 4.5 = 0.99C.$

$N_e = \Delta Q/q_e$ (عدد الإلكترونات)

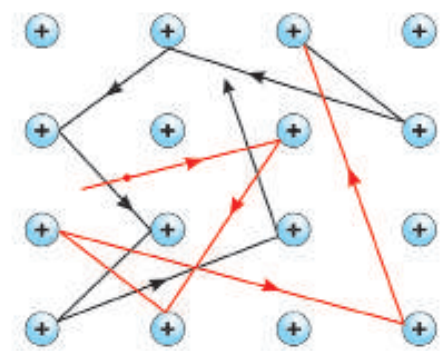
$= 0.99/(1.6 \times 10^{-19}) = 6.2 \times 10^{18}$ electron

سؤال: يبين الشكل المجاور شحنات كهربائية متساوية المقدار وحرة الحركة تتحرك في مجال كهربائي منتظم:

- رتب المقاطع الأربعة من حيث مقدار شدة التيار الكهربائي من الأقل إلى الأكثر.
- حدد اتجاه التيار الكهربائي الاصطلاحي في كل شكل.

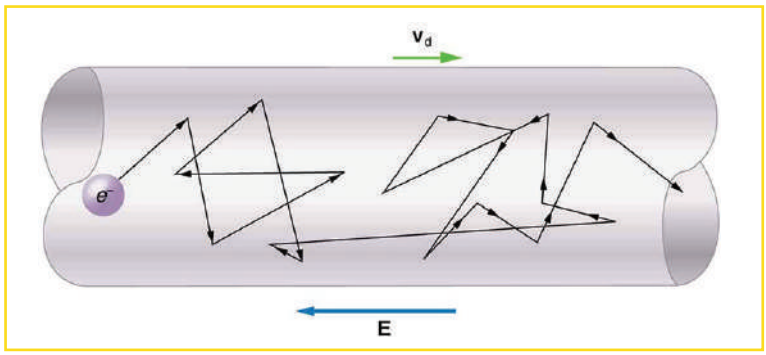
السرعة الانسياقية (Drift Velocity):

لتتعرف إلى مفهوم السرعة الانسياقية، لنفترض وجود موصل فلزي معزولٍ عن المجالات الكهربائية، وتحتوي الموصلات الفلزية على الإلكترونات الحرة، وتتحرك الإلكترونات الحرة كالسائل بين ذرات المادة الفلزية، وحركتها في الموصل تشبة حركة جزيئات الغاز المحصور، تتحرك حركة عشوائية في جميع الاتجاهات بسرعة (1×10^6m/s)، دون أن يحصل لها إزاحة محددة باتجاه ما، كما في الشكل (4-2-a). ويمكن تحريك الإلكترونات في الموصل عندما تؤثر فيها قوة من مجال كهربائي، كما هو الحال، عندما تدفع بقوة غازا (أو سائلا) في أنبوب، فتتحرك جزيئات الغاز (أو السائل) في الأنبوب بسرعة انسياقية، تتغلب فيها على الحركة العشوائية لجزيئات الغاز بفعل درجة حرارة الغاز، فعند وصل طرفي الموصل بمصدر فرق جهد (مثل البطارية)، ينشأ مجال كهربائي داخل السلك وبموازاته، وهذا بدوره يؤثر بقوة في الإلكترونات الحرة في الموصل باتجاه معاكس لاتجاه المجال، فيتولد عن حركة الإلكترونات بعكس اتجاه المجال تيار كهربائي مستمر يسمى بالتيار الإلكتروني.



الشكل (4-2-a).

في الواقع، لا تتحرك الإلكترونات في اتجاه واحد (خط مستقيم) في الموصل، وانما تتعرض لتصادمات عديدة ومتكررة بذرات مادة الموصل، تكون نتيجتها حركة متعرجة للإلكترونات الحرة بمتوسط سرعة انسياقية صغيرة باتجاه طول الموصل، كما في الشكل (b-2-4). وتعرف السرعة الانسياقية: بمتوسط سرعة الشحنات الحرة التي تشكل التيار الكهربائي في موصل.



الشكل (b-2-4).

ولمعرفة العلاقة بين شدة التيار المار في موصل والسرعة الانسياقية للإلكترونات الحرة فيه؛ تصور موصلاً فلزياً مساحة مقطعه العرضي (A)، ويتصل طرفاه بقطبي بطارية، فيتولد مجالٌ كهربائيٌ داخل الموصل، يسبب حركة انسياقية للشحنات الحرة فيه بسرعة (V_d). وعلى اعتبار عدد الشحنات الكهربائية الحرة في وحدة الحجم من الموصل تساوي (n_e)، ومقدار الشحنة الحرة (q_e)، فإن حجم جزء من الموصل طوله ((Δx)يساوي ($A\ \Delta x$)، حيث ($\Delta x = V_d\ \Delta t$) وعدد الشحنات الكهربائية الحرة (N) في هذا الحجم يساوي ($n_e\ A\Delta x$)، فإن الشحنة الكلية التي تعبر المساحة بزمن Δt تكون:

ΔQ = عدد الشحنات × مقدار شحنة كل منها.

= الحجم × عدد الشحنات الحرة في وحدة الحجم × مقدار الشحنة.

$$\Delta Q = n_e\ A\Delta x\ q_e\ = A\ v_d\ \Delta t\ n_e\ q_e$$

وبذلك فإن مقدار شدة التيار الكهربائي المار في السلك يساوي :

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = A\ v_d\ \Delta t\ n_e\ \frac{q_e}{\Delta t} = n_e\ A\ v_d\ q_e \qquad (4\text{-}2)$$

مثال (2):

احسب السرعة الانسياقية للإلكترونات الحرة في سلك من النحاس نصف قطره (1cm)، عندما يمر فيه تيارٌ شدته (200 A)، علماً بأن الكثافة الحجمية للإلكترونات الحرة في سلك النحاس تساوي ($8.5 \times 10^{28}\ e/m^3$).

الحل:

$A = \pi r^2 = 3.14 \times 10^{-4}\ m^2$

$I = n_e\ A\ v_d\ q_e$

$200 = 8.5\times10^{28} \times 1.6\times10^{-19} \times 3.14 \times10^{-4}\ v_d$

$v_d = 0.46 \times10^{-4}\ m/s$

2-4 المقاومة الكهربائية وقانون أوم (Resistance and Ohm's Law)

لقد تعرفت سابقاً أن المقاومة هي مقياس لإعاقة الموصل لمرور التيار الكهربائي، ومقدار مقاومة موصل طوله (L)، ومساحة مقطعه (A) ومقاوميته ρ يساوي (ρL/A) ومن هذه العلاقة يمكن تعريف **المقاومية** بأنها: (مقاومة موصل منتظم المقطع، طوله متر واحد، ومساحة مقطعه العرضي 1 متر مربع)، وأن: التيار الكهربائي المار في موصل فلزي يتناسب طردياً مع فرق الجهد بين طرفيه عند ثبوت درجة حرارته، وتُعرف هذه النتيجة بقانون أوم التجريبي، أي أن:

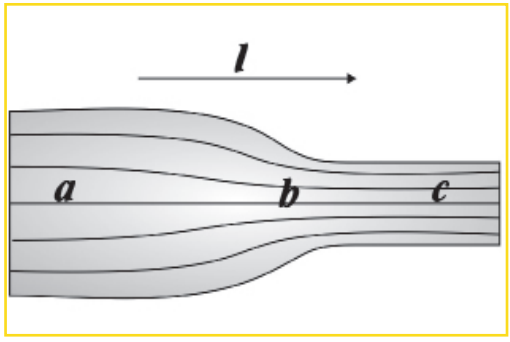
$$V = RI \qquad (4\text{-}3)$$

إن وحدة قياس المقاومة في النظام الدولي هي (V/A)، ويطلق عليها اسم أوم، ورمزها(Ω) نسبة إلى العالم جورج سيمون أوم. ويمكن باستخدام قانون أوم إيجاد مقاومة الموصل عملياً، بوصله بين نقطتين فرق الجهد بينهما معلوم ΔV، وبقياس شدة التيار الكهربائي المار فيها (I)، وبقسمة فرق الجهد على شدة التيار، نحصل على مقدار مقاومة الموصل. أي أن: $R = \frac{V}{I}$

والسؤال الآن: ما أثر اختلاف مساحة مقطع الموصلات الفلزية على السرعة الانسياقية للشحنات الحرة عند مرور تيار كهربائي فيها؟

نشاط (4-1): كثافة التيار

تأمل الشكل المجاور، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:



- عند أية نقطة تكون شدة التيار الكهربائي أكبر؟
- ما اتجاه المجال الكهربائي عبر الموصل؟
- عند أية نقطة تكون السرعة الانسياقية للشحنات أكبر؟
- عند أية نقطة تكون شدة التيار الكهربائي لوحدة المساحة أكبر؟ فسر إجابتك.

لعلك لاحظت اختلاف السرعة الانسياقية للشحنات الحرة باختلاف مساحة مقطع الموصل، وأن شدة التيار الكهربائي لوحدة المساحة تزداد بنقصان مساحة الموصل. ولوصف حركة الشحنات عند نقاط مختلفة في الموصل، يُستخدم مفهوم كثافة التيار الكهربائي: شدة التيار الكهربائي لكل وحدة مساحة، وهو كمية متجهه **J**. ويُعرف رياضياً بالعلاقة:

$$\mathbf{J} = \frac{I}{A} \qquad (4\text{-}4)$$

حيث:

A: مساحة مقطع الموصل.

I: شدة التيار الكهربائي المار في الموصل.

إن اتجاه كثافة شدة التيار الكهربائي هو نحو المجال الكهربائي (نحو حركة الشحنات الموجبة في الموصل)، ومن العلاقة (4-4) نستنتج أن كثافة التيار تعتمد على مساحة مقطع الموصل، وتكون ثابتة في الموصلات منتظمة المقطع، ومتغيرة في الموصلات غير منتظمة المقطع، ويعود ذلك لاختلاف السرعة الانسياقية للشحنات الحرة في الموصل.
وبتعويض قيمة I من المعادلة (4-2) في المعادلة (4-4) نجد أن:

$$J = \frac{I}{A} = n_e A v_d \frac{q_e}{A}$$

$$J = n_e v_d q_e \qquad (4\text{-}5)$$

مثال (3):

تم وصل نهاية سلك من الألمنيوم قطره (2.5 mm) مع نهاية سلك آخر من النحاس قطره (1.8 mm). إذا كان مقدار التيار المستمر المار خلال هذه المجموعة يساوي (1.3 A). ما مقدار كثافة التيار في كل من السلكين؟

الحل:

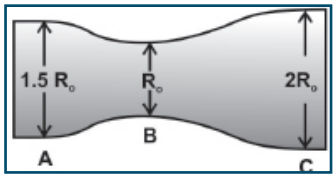
المنيوم $A = \pi r^2 = 3.14 \times (1.25 \times 10^{-3})^2 = 4.9 \times 10^{-6}\ m^2$

المنيوم $J = \frac{I}{A} = \frac{1.3}{4.9 \times 10^{-6}} = 2.6 \times 10^5\ A/m^2$

وتقاس J بوحدة A/m^2

نحاس $A = \pi r^2 = 3.14 \times (0.9 \times 10^{-3})^2 = 2.54 \times 10^{-6}\ m^2$

نحاس $J = \frac{I}{A} = \frac{1.3}{2.54 \times 10^{-6}} = 5.1 \times 10^5\ A/m^2$



سؤال: يبين الشكل المجاور موصل مساحة مقطعه غير منتظمة. رتب المقاطع (A، B، C) تصاعدياً من حيث:

- شدة التيار المار في كل مقطع.
- كثافة شدة التيار المار في كل مقطع.

والسؤال الآن، هل توجد علاقة بين كثافة التيار في موصل وفرق الجهد بين طرفيه وشدة المجال الكهربائي؟

وبما أن:

$$V = RI = \frac{\rho L}{A}(JA) = \rho LJ \ldots (1)$$

$$V = E\,L \ldots (2)$$

ومن المعادلتين (1) (2) ينتج أن:

$$J = \sigma E \qquad (4\text{-}6)$$

وهذه العلاقة هي صيغة أخرى لقانون أوم: (كثافة شدة التيار الكهربائي تتناسب تناسباً طردياً مع شدة المجال الكهربائي المؤثر داخل الموصلات الفلزية). وتختلف الفلزات بعضها عن بعض بقيمة كثافة التيار بسبب مجال كهربائي معين. وتدعى النسبة بين كثافة التيار والمجال الكهربائي بثابت الموصلية الكهربائية للفلز، وهي خاصية فيزيائية للفلز تعتمد على نوع مادة الفلز وعلى درجة حرارته، ويُشار إليها بالحرف(σ) حيث: $\sigma = 1/\rho$.

مثال (4):

موصل من الفضة مساحة مقطعه ($0.785\ mm^2$)، ويحمل تياراً كهربائياً شدته (1A). إذا كانت كثافة الإلكترونات الحرة للفضة ($5.86 \times 10^{28}\ e/m^3$). احسب:

أ. كثافة شدة التيار في الموصل.

ب. السرعة الانسياقية للإلكترونات الحرة فيه.

الحل:

أ.
$$J = \frac{I}{A} = \frac{1}{0.785 \times 10^{-6}} = 1.274 \times 10^{6}\ A/m^2$$

ب.
$$J = n_e q_e v_d \longrightarrow 1.274 \times 10^{6} = 5.86 \times 10^{28} \times 1.6 \times 10^{-19} v_d$$

$$v_d = 1.359 \times 10^{-4}\ m/s$$

مثال (5):

سلك نحاسي طوله (100 m)، ومساحة مقطعه العرضي ($1mm^2$)، ويحمل تياراً كهربائياً شدته (20 A). إذا كانت مقاومية النحاس ($1.72 \times 10^{-8}\ \Omega.m$)، احسب:

أ. شدة المجال الكهربائي المؤثر في السلك.

ب. فرق الجهد بين طرفي السلك.

ج. مقاومة السلك.

الحل:

أ.
$$E = \rho J = \rho \frac{I}{A} = \frac{1.72 \times 10^{-8} \times 20}{1 \times 10^{-6}} = 0.344\ V/m$$

ب.
$$V = EL = 0.344 \times 100 = 34.4\ V$$

ج.
$$R = \frac{V}{I} = \frac{34.4}{20} = 1.72\ \Omega$$

طُرق توصيل المقاومات

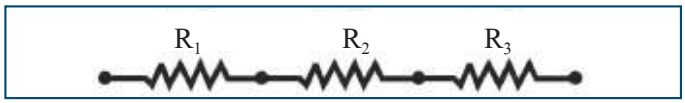
في كثير من الأحيان يتطلب توصيل عدة مقاومات في الدارة الكهربية، لتثبيت مقدار التيار، أو لتجزئة التيار بين عدة مقاومات، أو لتقليل الجهد، أو لتوزيعه. ويتم توصيل المقاومات في الدارات الكهربائية على التوالي أو التوازي أو كليهما معا.

نشاط (4-2) توصيل المقاومات الكهربائية

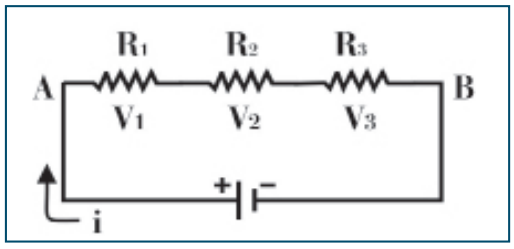
المواد والأدوات: مقاومات كربونية، وبطارية، وأسلاك توصيل، وملتيميتر.

خطوات العمل:

- قم بقياس ثلاث مقاومات مختلفة باستخدام الملتيميتر.
- صل مقاومتين منهما على التوالي، وقم بقياس المقاومة بين طرفيهما باستخدام الملتيميتر.
- أعد الخطوة الثانية لثلاث مقاومات على التوالي. ماذا تلاحظ؟

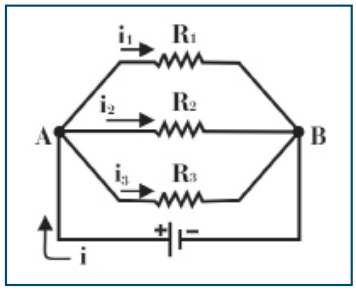


- اربط المقاومات الثلاث مع بطارية كما في الشكل(4-4) واستخدم الملتيميتر لقياس تيار كل منها. ماذا تلاحظ؟
- استخدم الملتيميتر لقياس فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة على حدة وطرفي المقاومات الموصولة.
- ماذا تلاحظ؟
- تحقق أن المقاومة المكافئة $(R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3)$



الشكل(4-4)

- أعد تنفيذ الخطوات السابقة بتوصيل المقاومات السابقة على التوازي. ماذا تلاحظ؟
- تحقق أن مقلوب المقاومة المكافئة: $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$



سؤال: وازن بين توصيل المقاومات على التوالي، وتوصيلها على التوازي من حيث:

أ- شدة التيار المار في كل مقاومة.

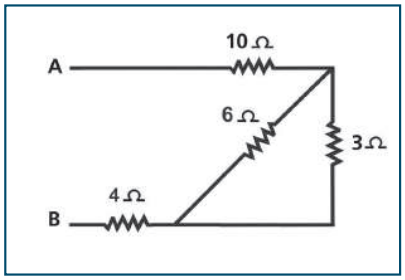
ب - فرق الجهد الكهربائي بين طرفي كل مقاومة.

القدرة الكهربائية الكلية المستنفدة في المقاومات الموصولة على التوالي أو التوازي، تساوي مجموع القدرة المستهلكة في كل مقاومة على حدة، وذلك لأن مصدر الطاقة هو المسؤول عن بذل الشغل، لدفع التيار الكهربائي في جميع المقاومات في الدارة، وأن طريقة توصيل المقاومات في الدارة تؤثر في توزيع الجهد أو التيار الكهربائي بين المقاومات في الدارة.

مثال (6):

احسب المقاومة المكافئة بين النقطتين (A, B) لمجموعة المقاومات المبينة في الشكل المجاور.

الحل:



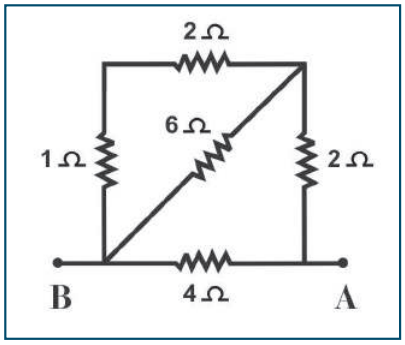
موصولتان على التوازي (3 Ω ، 6 Ω)

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}=\frac{1}{3}+\frac{1}{6}=\frac{3}{6}=\frac{1}{2}\rightarrow R=2\ \Omega$$

موصولات على التوالي (2 Ω ، 4 Ω، 10 Ω)

$R = R_1 + R_2 + R_3$

$R = 2 + 4 + 10 = 16\ \Omega$



سؤال: احسب المقاومة المكافئة بين النقطتين (A، B) لمجموعة المقاومات المبينة في الشكل المجاور.

أسئلة الفصل

س1: اختر الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

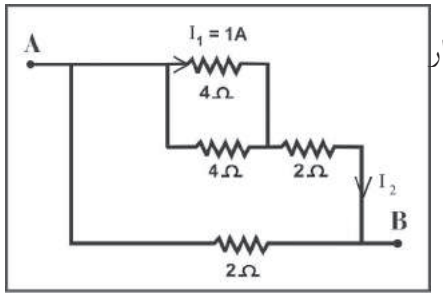
1. تعتمد مقاومية السلك على:

أ- مقاومته ب- طوله جـ- مساحة مقطعه العرضي د- نوع مادته

2. ما عدد الإلكترونات التي تعبر مقطع موصل يمر به تيار شدته 2 أمبير خلال ثانيتين؟

أ- 2.5×10^{19} ب) 25×10^{19} جـ- 6.25×10^{18} د- 1.25×10^{18}

3. يمثل الشكل المجاور جزءاً من دارة كهربائية، إذا كانت شدة التيار المار في المقاومة (4Ω) تساوي (1A)، فما شدة التيار I_2 بوحدة A؟



أ- 1 ب- 2 جـ- 3 د- 4

4. عند زيادة فرق الجهد بين طرفي سلك فلزي (مقاومة أومية)، فإن:

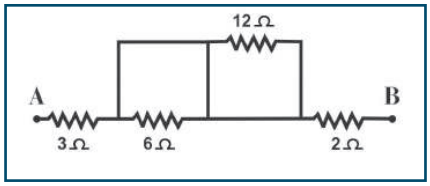
أ- شدة التيار الكهربائي المار فيه تقل ب- مقاومية مادة السلك تزداد

جـ- مقاومة السلك تبقى ثابتة د- شدة المجال الكهربائي فيه تبقى ثابتة

5. سلك فلزي مقاوميته ρ، أعيد تشكيله إلى مثلي طوله الأصلي، فإن مقاوميته بعد التشكيل وبفرض ثبوت درجة حرارته تساوي

أ) $\rho \frac{1}{2}$ ب) $\rho \frac{1}{4}$ جـ) ρ د) 4ρ

6. في الشكل المجاور، ما مقدار المقاومة المكافئة بين (A، B) بوحدة Ω ؟



أ- 5 ب- 6 جـ- 2 د- 3

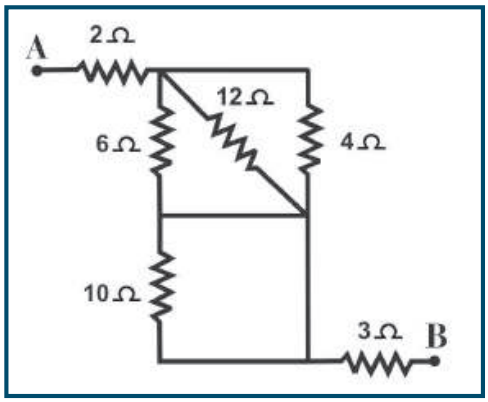
س2: وضح المقصود بالمصطلحات الآتية: السرعة الانسياقية، وكثافة التيار، والموصلية.

س3: علل ما يأتي:

أ- تكون السرعة الإنسياقية للإلكترونات في الموصلات صغيرة جداً.

ب- تضيء المصابيح الكهربائية بشكل سريع لحظة غلق الدارة الكهربائية رغم بعدها عن مصدر فرق الجهد.

س4: أوجد مقدار المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات الموصولة بين النقطتين (A ،B) في الشكل المجاور.



س5: وصلت مقاومتان على التوالي، فكانت مقاومتهما المكافئة (25 Ω)، وعندما وصلتا معاً على التوازي، أصبحت المقاومة المكافئة لهما (4 Ω). احسب مقدار كلتا المقاومتين.

س6: سلك نحاس طوله (100 m) ومساحته مقطعة العرضي ($1\ mm^2$)، ويحمل تياراً كهربائياً شدته (20 A) إذا كانت مقاومية النحاس ($1.72 \times 10^{-8} \Omega.m$) ، والكثافة الحجمية للإلكترونات الحرة في ($8.4 \times 10^{28}\ e/m^3$)، فإحسب:

أ) كثافة شدة التيار في الموصل.

ب) السرعة الإنسياقية

جـ) شدة المجال الكهربائي

دارات التيار المستمر Direct Current (DC) Circuits

1-5 القوة الدافعة الكهربائية:

تعرفت سابقاً أنه للحصول على تيار كهربائي في دارة كهربائية، يلزمنا مصدر لفرق الجهد الكهربائي: كالبطارية، أو المولد الكهربائي، أو الخلية الشمسية، وتكمن أهمية هذه المصادر في أنها تعمل على تحريك الشحنات الحرة وإدامة التيار في دارة مغلقة.

ويُعرف مقدار الشغل الذي تبذله البطارية في نقل وحدة الشحنات الموجبة من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل البطارية بالقوة الدافعة الكهربائية، ويرمز لها بالرمز (ε)؛ أي أن:

القوة الدافعة الكهربائية = الشغل الذي تبذله البطارية/ كمية الشحنة المنقولة

$$\varepsilon = \frac{\Delta W}{\Delta Q} \qquad (5\text{-}1)$$

وتقاس القوة الدافعة الكهربائية بوحدة (J/C)، أي الفولت (V).

$$\Delta W = \Delta Q\, \varepsilon$$

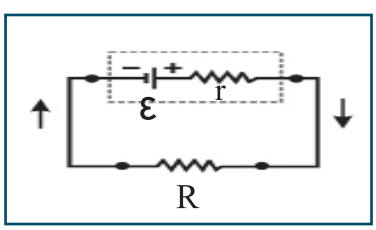
وبافتراض أن الشغل (ΔW) يبذل خلال زمن (Δt)، فبقسمة طرفي المعادلة السابقة على (Δt)، نجد أن:

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

وحيث أن القدرة $P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$ ، وشدة التيار $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$، فإن المعادلة السابقة تصبح:

$$P = \varepsilon\, I \qquad (5\text{-}2)$$

2-5 معادلة الدارة الكهربائية البسيطة:



تعلمت سابقاً أن البطارية تبذل شغلاً أثناء تحريك الشحنات الكهربائية في دارة مغلقة. وهذا الشغل يستنفد في مقاومات الدارة الداخلية (r) والخارجية (R). وعند غلق المفتاح في الدارة البسيطة المجاورة يسري تيار في الدارة، وحسب قانون حفظ الطاقة فإن قدرة البطارية (القدرة الداخلة) تستنفد (أو تستهلك) على شكل طاقة حرارية في المقاومات الداخلية والخارجية. أي أن:

$$\varepsilon\, I = I^2\, r + I^2\, R = I^2\,(r + R)$$

ومنها يمكن التوصل إلى المعادلة التي تعطي شدة التيار في الدارة البسيطة: $I = \frac{\varepsilon}{r+R}$

أما إذا احتوت الدارة على عدد من البطاريات والمقاومات الخارجية الموصولة على التوالي، فإن القدرة الداخلة في الدارة من البطاريات التي يكون فيها اتجاه التيار نحو سهم القوة الدافعة للبطارية تساوي القدرة المستنفدة في المقاومات وفي البطاريات التي يكون فيها سهم القوة الدافعة للبطارية بعكس اتجاه التيار في الدارة، أي أن:

$$I\sum\varepsilon \text{ مع التيار} = I\sum\varepsilon \text{ عكس التيار} + I^2 \sum R$$

$$I\sum\varepsilon \text{ عكس التيار} - I\sum\varepsilon \text{ مع التيار} = I^2 \sum R$$

$$I(\sum\varepsilon \text{ عكس التيار} - \sum\varepsilon \text{ مع التيار}) = I^2 \sum R$$

$$\sum\varepsilon \text{ عكس التيار} - \sum\varepsilon \text{ مع التيار} = I\sum R$$

$$I = \frac{(\sum\varepsilon \text{ عكس التيار} - \sum\varepsilon \text{ مع التيار})}{\sum R} = \frac{\sum\varepsilon}{\sum R} \qquad (5\text{-}3)$$

حيث،

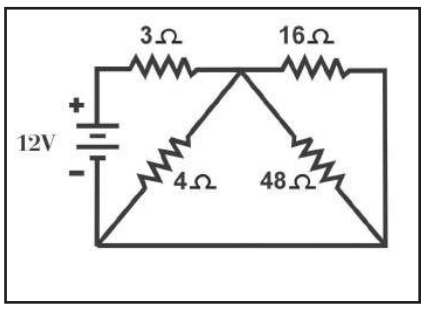
$\sum\varepsilon$: مجموع القوى الدافعة للبطاريات في الدارة.

$\sum R$: مجموع المقاومات الخارجية والمقاومات الداخلية للبطاريات في الدارة.

مما سبق نستنتج أنه إذا كان اتجاه التيار في الدارة بعكس اتجاه سهم القوة الدافعة للبطارية، فإن البطارية تستنفد طاقة بمعدل ($I\varepsilon$) (تختزن الطاقة على شكل طاقة كيميائية في البطارية) بالإضافة للطاقة المستنفدة في مقاومتها الداخلية. وهذه الحالة تشبه عملية شحن البطارية عند وصلها في دارة كهربائية.

ولتطبيق هذه المعادلة نفترض اتجاهاً معيناً للتيار في الدارة، وتعد البطارية ذات قوة دافعة موجبة إذا كان سهم القوة الدافعة بنفس اتجاه التيار الافتراضي، وسالبة إذا كانت بعكس اتجاه التيار الافتراضي.

مثال (1):



في الدارة الكهربائية المبينة في الشكل المجاور، احسب شدة التيار المار في كل مقاومة.

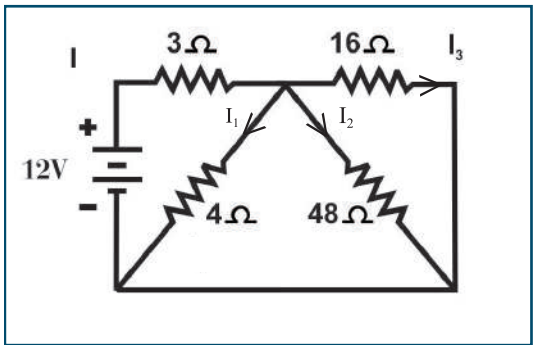
الحل:

المقاومات (4 Ω، 48 Ω، 16 Ω) موصولة على التوازي:

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

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{4}+\frac{1}{48}+\frac{1}{16}=\frac{12+1+3}{48}=\frac{16}{48}\rightarrow R=\frac{48}{16}=3\ \Omega$$

المقاومات (R، 3 Ω) موصولة على التوالي:



$$\sum R = R_1 + R_2 \rightarrow \sum R = 3 + 3 = 6\ \Omega$$

$$I = \frac{\sum \varepsilon}{\sum R} = \frac{12}{6} = 2A$$

ويساوي تيار المقاومة (3Ω)

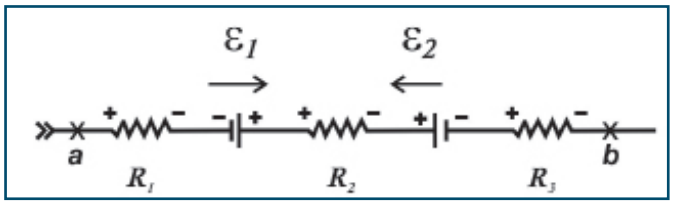
$$V_T = V_4 = V_{48} = V_{16}$$

$$2 \times 3 = 4 \times I_1 = 48 \times I_2 = 16 \times I_3$$

$$I_1 = 1.5A\ ,\ I_2 = \frac{1}{8}\ A,\ I_3 = \frac{3}{8}\ A$$

3-5 فرق الجهد بين نقطتين في دارة كهربائية

يبين الشكل المجاور جزءاً من دارة كهربائية. إن معدل الطاقة (القدرة) التي تعطيها (تفقدها) الشحنات الحرة للجزء المحصور بين النقطتين (a,b) يساوي ($I\ V_{ab}$)، بالإضافة للقدرة الداخلة لهذا الجزء من الدارة من قبل البطاريات (مع التيار ε) التي يكون اتجاه سهمها بنفس اتجاه التيار بين النقطتين. وهذه القدرة تُستنفد (أو تستهلك) على شكل حرارة في المقاومات الداخلية والخارجية ($\sum I^2 R_{ab}$)، ويستخدم الجزء (عكس التيار $I\varepsilon$) ليعكس الفعل الكيميائي (أي شحن البطارية) في البطاريات (عكس التيار ε) التي يكون اتجاه سهمها بعكس اتجاه التيار بين النقطتين. أي أن:



القدرة الداخلة بين نقطتين في الدارة = $I\ V_{ab} + I \sum (\varepsilon$ مع التيار$)_{ab}$

مع العلم أن حساب الجهد بين طرفي الفرع يكون بنفس اتجاه التيار.

القدرة المستنفدة (أو المستهلكة) بين نقطتين في الدارة = $\sum I^2 R_{ab} + I \sum (\varepsilon$ عكس التيار$)_{ab}$

ومن مبدأ حفظ الطاقة، فإن:

القدرة الداخلة = القدرة المستنفدة (أو المستهلكة)

ومنه فإن فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين (V_{ab}) يعطى بالعلاقة:

$$V_a + \sum \Delta V_{ab} = V_b$$

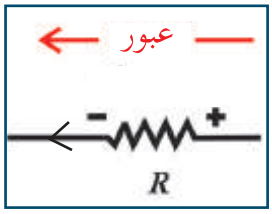
$$V_{ab} + \sum \Delta V_{ab} = 0 \qquad (5\text{-}4)$$

حيث:

$\sum \Delta V_{ab}$: تعني مجموع التغيرات في الجهد ضمن المسار بين النقطتين (a ,b).

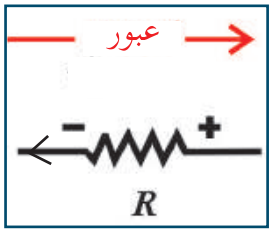
V_a: جهد النقطة (a).

V_b: جهد النقطة (b).

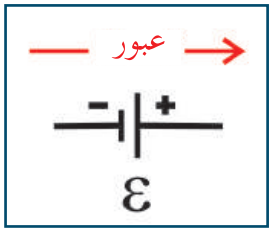


ولحساب التغير في الجهد عبر المقاومات أو البطاريات بين نقطتين في دارة يجب مراعاة إشارة التغير في الجهد مع اتجاه عبورها كما يأتي:

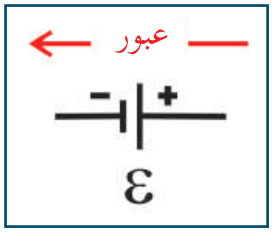
1. إذا كان اتجاه العبور في المقاومة باتجاه التيار، أي من نقطة جهدها عال (+) إلى نقطة أخرى جهدها منخفض (-)، فإن التغير في الجهد يكون سالباً ويساوي (-I R).



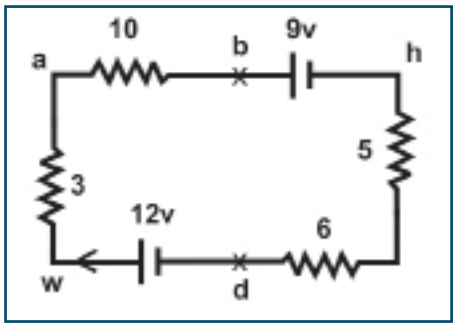
2. إذا كان اتجاه العبور في المقاومة بعكس اتجاه التيار، أي من نقطة جهدها منخفض (-) إلى نقطة أخرى جهدها عال (+)، فإن التغير في الجهد يكون موجباً، ويساوي (+I R).



3. إذا كان اتجاه العبور في البطارية من القطب السالب إلى القطب الموجب، أي من نقطة جهدها منخفض (-) إلى نقطة أخرى جهدها عالٍ (+)، فإن التغير في الجهد يكون موجباً، ويساوي (+ε).



4. إذا كان اتجاه العبور في البطارية من القطب الموجب إلى القطب السالب، أي من نقطة جهدها عالٍ (+) إلى نقطة أخرى جهدها منخفض (-)، فإن التغير في الجهد يكون سالباً، ويساوي (-ε).



مثال (2):

معتمداً على القيم المبينة في الشكل المجاور جد:

A- شدة التيار المار في الدارة.

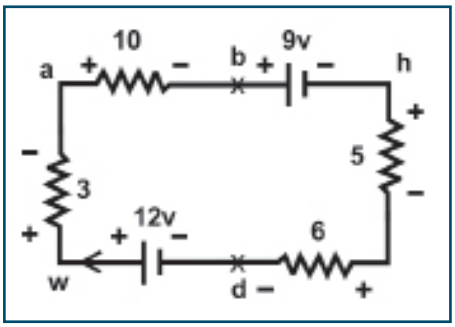
B- التغيرات في الجهد بين النقاط (a,b)، (b,h)، (h,d)، (d,w)، (w,a).

C- مجموع التغيرات في الجهد للمسار المغلق.

الحل:

A) $\sum R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 10 + 5 + 6 + 3 = 24\Omega$

$$I = \frac{\sum \varepsilon}{\sum R} = \frac{12 - 9}{24} = \frac{3}{24} = \frac{1}{8} = 0.125 \text{ A}$$



B) $\Delta V_{a-b} = V_b - V_a = -I R = -0.125 \times 10 = -1.25$ V

$\Delta V_{b-h} = V_h - V_b = -\varepsilon = -9$ V

$\Delta V_{h-d} = V_d - V_h = -0.125 \times 11 = -1.375$ V

$\Delta V_{d-w} = V_W - V_d = +\varepsilon = +12$ V

$\Delta V_{w-a} = V_a - V_W = -I R = -0.125 \times 3 = -0.375$ V

C) $\sum \Delta V = -1.25 + (-9) + (-1.375) + 12 + (-0.375) = 0$

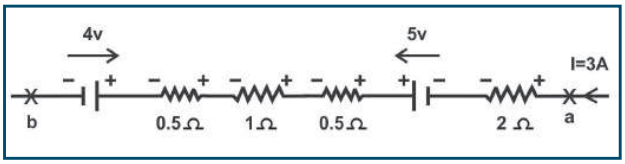
مثال (3):

يمثل الشكل الآتي جزءاً من دارة كهربائية شدة التيار المار فيها (3A). احسب:

A- فرق الجهد بين النقطتين (a ,b).

B- القدرة المستنفدة بين النقطتين (a ,b).

C- القدرة الداخلة بين النقطتين (a ,b).



الحل:

A) $V_a + \sum \Delta V_{ab} = V_b$

$V_a - 3 \times 2 + 5 - 3 \times 0.5 - 3 \times 1 - 3 \times 0.5 - 4 = V_b$

$V_a - 12 + 5 - 4 = V_b \rightarrow V_a - 11 = V_b$

$V_a - V_b = 11 \rightarrow V_{ab} = 11$ V

القدرة المستنفدة بين النقطتين (a ,b) = B) $\sum I^2 R_{ab} + I \sum (\varepsilon \text{ عكس التيار})_{ab}$

$3^2 \times 4 + 3 \times 4 = 9 \times 4 + 12 = 36 + 12 = 48$ W

القدرة الداخلة بين النقطتين (a ,b) = C) $I\ V_{ab} + I \sum (\varepsilon \text{ مع التيار})_{ab}$

$3 \times 11 + 3 \times 5 = 33 + 15 = 48$ W

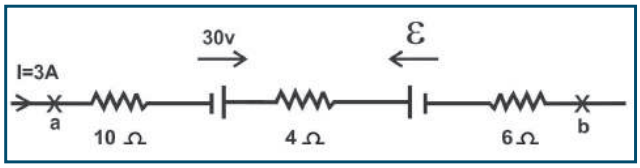
مثال (4):

يبين الشكل المجاور جزءاً من دارة كهربائية، إذا علمت أن القدرة المستنفدة في الفرع (a , b) تساوي (210 W) وبإهمال المقاومات الداخلية للبطاريات، احسب:

A- القوة الدافعة المجهولة (ε).

B- فرق الجهد بين النقطتين (a , b).

C- القدرة الداخلة بين النقطتين (a , b).



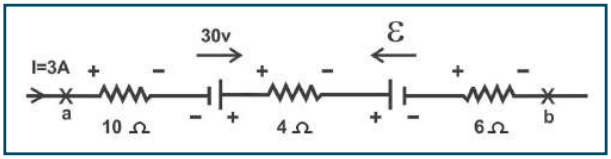
الحل:

A) القدرة المستنفدة بين النقطتين (a , b)

$\sum I^2 R_{ab} + I \sum (\varepsilon \text{ عكس التيار})_{ab} =$

$210 = 3^2 \times 20 + 3\ \varepsilon \rightarrow 210 = 180 + 3\ \varepsilon$

$3\ \varepsilon = 210 - 180 = 30 \rightarrow \varepsilon = 10$ V



B) فرق الجهد بين النقطتين (a , b)

$V_a + \sum\Delta V_{ab} = V_b$

$V_a - 3 \times 20 + 30 - 10 = V_b$

$V_a - 60 + 20 = V_b \longrightarrow V_a - 40 = V_b$

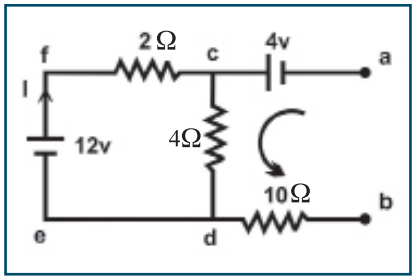
$V_a - V_b = 40 \longrightarrow V_{ab} = 40$ V

C) القدرة الداخلة بين النقطتين (a ,b) =

$I\ V_{ab} + I \sum (\varepsilon \text{ مع التيار})_{ab}$

$3 \times 40 + 3 \times 30 = 120 + 90 = 210$ W

مثال (5):



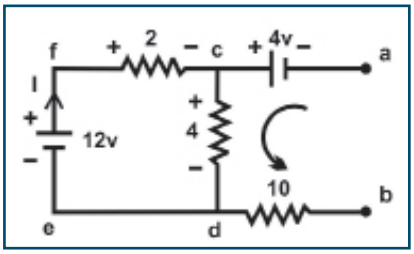
في الدارة الكهربائية المبينة في الشكل المجاور، احسب فرق الجهد بين النقطتين (a ,b)، ثم بين أيهما أعلى جهداً.

الحل:

نجد أولا شدة التيار الكهربائي المار في الحلقة، ونفرض أن اتجاه التيار في الحلقة من (f c d e f):

$$I = \frac{\sum\varepsilon}{\sum R} = \frac{12}{2+4} = \frac{12}{6} = 2 \text{ A}$$

لإيجاد فرق الجهد بين النقطتين نختار المسار(a c d b):



$V_a + \sum\Delta V_{ab} = V_b$

$V_a + 4 - 2 \times 4 + 0 \times 10 = V_b$

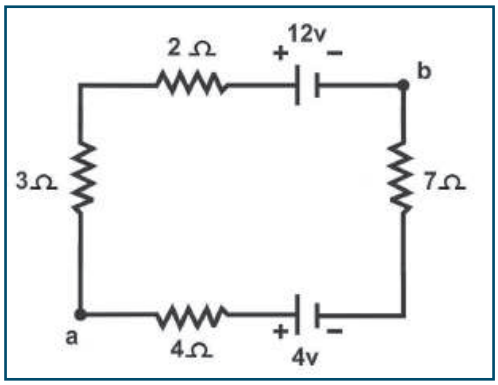
$V_a + 4 - 8 - 0 = V_b \longrightarrow V_a - 4 = V_b$

$V_a - V_b = 4 \longrightarrow V_{ab} = 4$ V $\longrightarrow V_a > V_b$

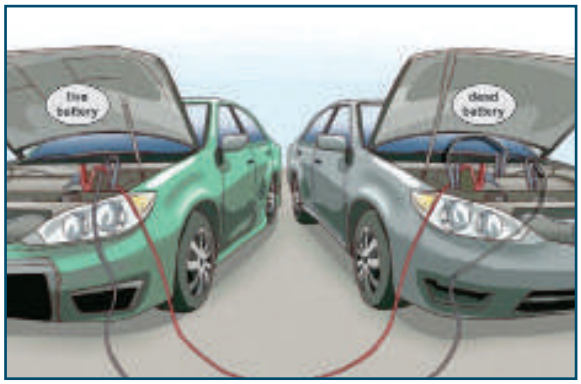
سؤال: احسب فرق الجهد بين النقطتين a ,b من خلال المسار الثاني (a c f e d b).

4-5 فرق الجهد بين قطبي مصدر كهربائي في دارة كهربائية:

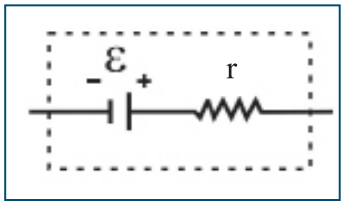
أناقش: يبين الشكل المجاور، دارة شحن بطارية، تتكون من بطاريتين متعاكستين وأربع مقاومات موصولتين على التوالي في دارة بسيطة. أجب عما يأتي:



- ما مقدار شدة التيار في الدارة؟
- ما فرق الجهد بين طرفي كل بطارية؟
- ما القدرة الكهربائية في كل من البطاريات؟
- ما القدرة الكهربائية المستنفدة في المقاومات؟
- ماذا تستنتج؟

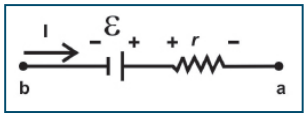


البطارية ليست مصدراً للتيار الكهربائي الثابت في المقدار، بل يتغير مقداره بتغيير المقاومات في الدارة. وتعد البطاريات مصدر جهد ثابت تقريباً، ولكن عند غلق الدارة الكهربائية، يقل فرق الجهد بين طرفي البطارية عنه عندما كانت الدارة مفتوحة، وهذا يسمى بالهبوط في الجهد. ويعزى ذلك إلى أن المقاومة الداخلية للبطارية تعيق حركة الإلكترونات. وتمثل البطاريات بحيث تحتوي على مصدر قوة دافعة موصول على التوالي بمقاومة تسمى المقاومة الداخلية للبطارية، كما في الشكل المجاور.



يمكن استخدام معادلة فرق الجهد بين نقطتين لإيجاد فرق الجهد بين قطبي مصدر كهربائي. إن هناك احتمالين لاتجاه التيار واتجاه القوة الدافعة، هما:

- إذا كان اتجاه التيار في المصدر بنفس اتجاه سهم القوة الدافعة للمصدر (في حالة التفريغ)، فإن:



$$V_a + \sum \Delta V_{ab} = V_b$$

$$V_a - \varepsilon + I \times r = V_b$$

$$V_a - V_b = \varepsilon - I \times r$$

$$\rightarrow V_{ab} = \varepsilon - I \times r$$

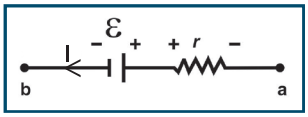
نستنتج من العلاقة السابقة أن فرق الجهد بين النقطتين (a ,b) أقل من القوة الدافعة الكهربائية للمصدر، وذلك لأن جزءاً من القوة الدافعة الكهربائية يُستنفد على شكل حرارة في المقاومة الداخلية للمصدر. ويُسمى المقدار ($I \times r$) الهبوط في الجهد.

- إذا كان اتجاه التيار بعكس اتجاه سهم القوة الدافعة الكهربائية للمصدر (في حالة الشحن)، فإن:

$$V_a - \mathcal{E} - I \times r = V_b$$

$$V_a - V_b = \mathcal{E} + I \times r$$

$$\rightarrow V_{ab} = \mathcal{E} + I \times r$$



في هذه الحالة يكون فرق الجهد بين قطبي المصدر أكبر من القوة الدافعة الكهربائية.

وتكون $V_{ab} = \mathcal{E}$ عندما تكون المقاومة الخارجية كبيرة جداً، حيث يؤول التيار إلى الصفر، كما في حالة توصيل الفولتميتر بطرفي بطارية، وبذلك تتناقص قيمة $I \times r$ بينما تزداد قيمة V_{ab} لتقترب من نهايتها القصوى ($\mathcal{E}$). وفي هذه الحالة لا تزود البطارية الدارة الكهربائية بالتيار الكهربائي (أي تبدو الدارة مفتوحة). وعليه فإن القوة الدافعة الكهربائية لأي مصدر (أو بطارية) هي فرق الجهد بين طرفيه عندما تكون الدارة مفتوحة.

مثال (7):

بطارية تخزين قوتها الدافعة الكهربائية $\mathcal{E} = 25$ V ومقاومتها الداخلية ($r = 0.2\ \Omega$). احسب فرق الجهد بين طرفيها:

A) عندما تُعطي تياراً قدره (8 A).

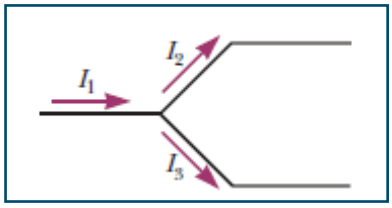
B) عندما تُشحن بتيار قدره (8 A).

الحل:

A) $V_{ab} = \mathcal{E} - I \times r = 25 - 8 \times 0.2 = 25 - 1.6 = 23.4$ V

B) $V_{ab} = \mathcal{E} + I \times r = 25 + 8 \times 0.2 = 25 + 1.6 = 26.6$ V

5-5 قانونا كيرتشوف



إن كثيراً من الدارات الكهربائية لا يمكن تبسيطها، بحيث يمكن استخدام معادلة الدارة الكهربائية لإيجاد شدة التيار الكهربائي المار فيها. ولدراسة هذه الدارات التي تتكون من أكثر من حلقة واحدة؛ يوجد طرق عدة لحلها، وإحدى هذه الطرق باستخدام قانوني كيرتشوف، وهما:

القانون الأول لكيرتشوف:

يمثل الشكل المجاور جزءاً من دارة كهربائية، إن التيار الكهربائي (I_1) عندما يصل إلى نقطة التفرع، فإنه سينقسم إلى جزأين (I_2, I_3). وبما أن الشحنة الكهربائية محفوظة، فإن مجموع الشحنات الكهربائية الداخلة إلى نقطة تفرع ما في وحدة الزمن يجب أن يساوي مجموع الشحنات الكهربائية الخارجة منها في

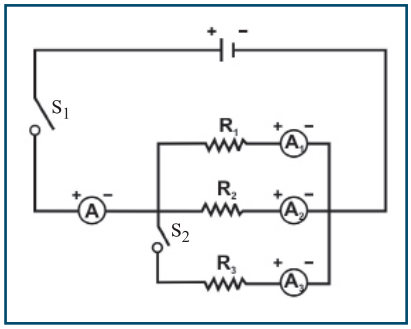
وحدة الزمن. وتُعرف هذه النتيجة بالقانون الأول لكيرتشوف، الذي ينص على أن: **(مجموع التيارات التي تدخل أية نقطة تفرع يساوي مجموع التيارات التي تخرج من نقطة التفرع)**. والصيغة الرياضية لقانون الأول لكيرتشوف هي:

$$\sum I \text{ داخلة} = \sum I \text{ خارجة} \qquad (5\text{-}6)$$

نشاط (5-1): القانون الأول لكيرتشوف

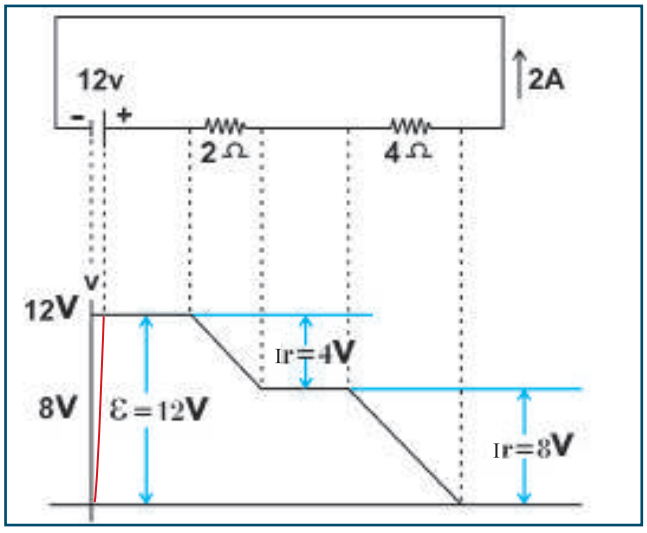
المواد والأدوات: مكونات الدارة في الشكل المجاور.

الخطوات:



- صل الدارة الكهربائية كما في الشكل المجاور.
- أغلق المفتاح (S_1)، ثم سجل قراءة كل من (A_1, A_2, A). ماذا تلاحظ؟
- أغلق المفتاحين (S_1، S_2) معا، ثم سجل قراءة كل من (A_1, A_2, A_3, A). ماذا تلاحظ؟ وهل تغيرت قيم (A_1, A_2)؟
- ماذا تستنتج؟
- كرر الخطوات السابقة باستخدام قيم جديدة للمقاومات (R_1, R_2, R_3). ماذا تلاحظ؟
- ماذا تستنتج؟

القانون الثاني لكيرتشوف:



يبين الشكل المجاور رسماً تخطيطياً يوضح التغيرات في الجهد عبر دارة كهربائية بسيطة، عند الحركة عبر الدارة باتجاه عكس عقارب الساعة. ومن هذا الشكل يتضح لنا أن مجموع التغيرات في الجهد عبر أجزاء الدارة جميعها (مسار مغلق) يساوي صفراً. وتُعرف هذه النتيجة بالقانون الثاني لكيرتشوف.

هذا ويمكن التوصل للقانون الثاني لكيرتشوف من العلاقة التي تعطي فرق الجهد بين نقطتين في دارة كهربائية كالتالي:

$$V_a + \sum \Delta V_{ab} = V_b$$

وعند تطبيق هذه العلاقة بين نقطتين منطبقتين بعضهما على بعض، فإن:

$$V_a + \sum \Delta V_{aa} = V_a \rightarrow \sum \Delta V_{aa} = V_a - V_a = 0$$

أي أن:

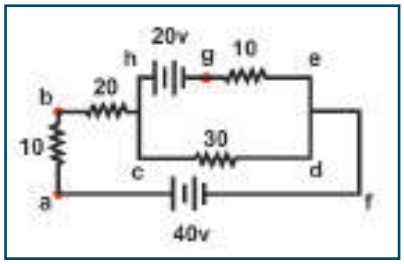
$$\sum \Delta V \text{ حلقة} = 0 \qquad (5\text{-}7)$$

وتُعرف هذه النتيجة بالقانون الثاني لكيرتشوف الذي نصه: «مجموع تغيرات الجهد عبر حلقة مقفلة في الدارة الكهربائية يساوي صفراً». وهو يعبر عن قانون حفظ الطاقة.

لاستخدام قانوني كيرتشوف في حل المسائل، تتبع الخطوات الآتية:

- افترض قيماً للتيار المار في أقل عدد ممكن من الموصلات، ثم حدّد قطبية البطاريات وقطبية أطراف المقاومات بناءً على اتجاهات التيارات المفترضة في الدارة.
- أوجد العلاقة بين التيارات الداخلة إلى نقطة تفرع والتيارات الخارجة منها باستخدام القانون الأول لكيرتشوف.
- طبق القانون الثاني لكيرتشوف على عدد من المسارات المغلقة .
- حل المعادلات التي حصلت عليها، التي تساوي عدد التيارات المفروضة.

مثال (6):

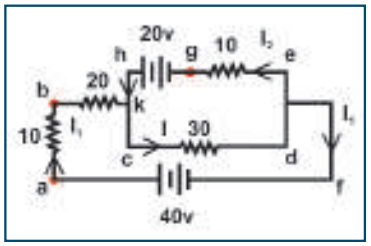


يمثل الشكل المجاور دارة كهربائية مغلقةعلماً بأن المقاومات بوحدة أوما، جد:

A) شدة التيار الكهربائي المار في كل بطارية.

B) فرق الجهد بين النقطتين(a, g) (V_{ag}).

الحل:



A) نفترض اتجاهات للتيارات في الدارة، كما هو مبين في الشكل المجاور، ثم نطبق القانون الأول لكيرتشوف عند نقطة التفرع (k):

$$\sum I \text{ خارجة} = \sum I \text{ داخلة}$$

$$I_1 + I_2 = I \ldots (1)$$

بتطبيق القانون الثاني لكيرتشوف في الحلقة (1) متبعين المسار المغلق (c d e h c):

$$\sum \Delta V \text{ حلقة} = 0$$

$$-30\,I - 10\,I_2 + 20 = 0$$

$$30\,I + 10\,I_2 = 20 \ldots (2)$$

بتطبيق القانون الثاني لكيرتشوف في الحلقة (2) متبعين المسار المغلق(a f d c b a) :

$$\sum \Delta V \text{ حلقة} = 0$$

$$-40 + 30\,I + I_1\,(20 + 10) = 0$$

$$30\,I + 30\,I_1 = 40 \ldots (3)$$

بتعويض قيمة (I_1) من المعادلة (1) في المعادلة (3) ينتج:

$$\sum \Delta V \text{ حلقة} = 0$$

$$30\,I + 30\,(I - I_2) = 40$$

$$30\,I + 30\,I - 30\,I_2 = 40$$

$$60\,I - 30\,I_2 = 40 \ldots (4)$$

بضرب طرفي المعادلة الثانية في (3) وجمع المعادلة الناتجة مع المعادلة (4):

$$90\ I + 30\ I_2 = 60$$

$$60\ I - 30\ I_2 = 40$$

$$150\ I = 100,\ I = \frac{2}{3}\ A$$

بتعويض قيمة (I) في المعادلة (3)، فإن:

$$30 \times \frac{2}{3} + 30\ I_1 = 40\ ,I_1 = \frac{2}{3}\ A$$

وبتعويض قيم (I_1, I) في المعادلة (1)، فإن: $I_2 = 0$.

B) نتبع المسار(a b h g)، لإيجاد فرق الجهد بين النقطتين (a , g) كما يأتي:

$$V_a + \sum \Delta\ V_{ag} = V_g$$

$$V_a - I_1\ (\ 20 + 10) - 20 = V_g$$

$$V_a - \frac{2}{3} \times 30 - 20 = V_g \rightarrow V_a - V_g = 40 \rightarrow V_{ag} = 40\ V$$

مثال (7):

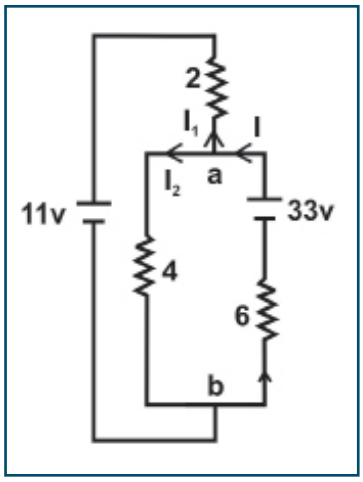
استخدم قانوني كيرتشوف لإثبات قانون حفظ الطاقة في الدارة الكهربائية المبينة في الشكل الآتي:

الحل:

بتطبيق القانون الأول لكيرتشوف عند نقطة التفرع

$$\sum I \text{ خارجة} = \sum I \text{ داخلة}$$

$$I = I_1 + I_2 \ldots (1)$$



بتطبيق القانون الثاني لكيرتشوف في الحلقة الأولى:

$$\sum \Delta V \text{ حلقة} = 0$$

$$-2 I_1 - 11 + 4 I_2 = 0$$

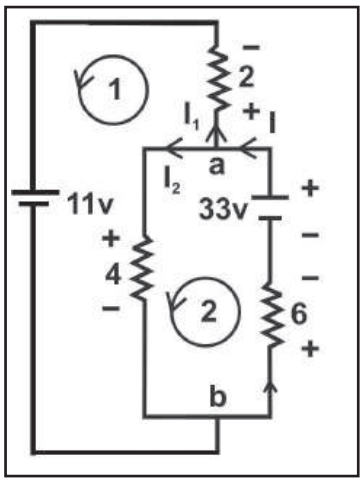
$$4 I_2 - 2 I_1 = 11 \ldots (2)$$

بتطبيق القانون الثاني لكيرتشوف في الحلقة الثانية:

$$\sum \Delta V \text{ حلقة} = 0$$

$$-4 I_2 - 6 I + 33 = 0$$

$$4 I_2 + 6 I = 33 \ldots (3)$$



بتعويض قيمة (I) من المعادلة الأولى في المعادلة الثالثة:

$$4 I_2 + 6 (I_1 + I_2) = 33$$

$$4 I_2 + 6 I_1 + 6 I_2 = 33$$

$$10 I_2 + 6 I_1 = 33 \ldots (4)$$

بضرب طرفي المعادلة (2) في (3) وجمع الناتجة مع المعادلة (4):

$$12 I_2 - 6 I_1 = 33$$

$$10 I_2 + 6 I_1 = 33$$

$$22 I_2 = 66 \text{ , } I_2 = 3 \text{ A , } \quad I_1 = 0.5 \text{ A, } \quad I = 3.5 \text{ A}$$

القدرة الداخلة في الدارة: $\sum I (\varepsilon_{\text{مع التيار}}) = I \times 33 = 3.5 \times 33 = 115.5 \text{ W}$

القدرة المستنفدة في الدارة:

$$\sum I^2 R + \sum I (\varepsilon_{\text{عكس التيار}}) = I_1 \times 11 + I_1^2 \times 2 + I_2^2 \times 4 + I^2 \times 6$$

$$= 0.5 \times 11 + 0.5^2 \times 2 + 3^2 \times 4 + 3.5^2 \times 6$$

$$= 5.5 + 0.5 + 36 + 73.5 = 115.5 \text{ W}$$

أسئلة الفصل

س1: اختر الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

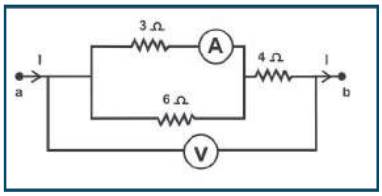
1. عند غلق دارة المصباح الكهربائي في المنزل، فإن الزمن اللازم لإضاءة المصباح يُحدّد:

أ- بعدد التصادمات بين الإلكترونات في الثانية الواحدة في أسلاك التوصيل.

ب- بالسرعة الانسياقية للإلكترونات الحرة في أسلاك التوصيل.

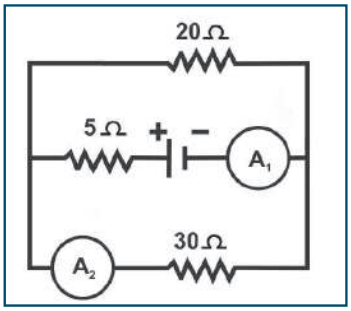
جـ- بسرعة انتشار خطوط المجال الكهربائي في أسلاك التوصيل.

د- بالإضاءة اللحظية للمصباح الكهربائي.



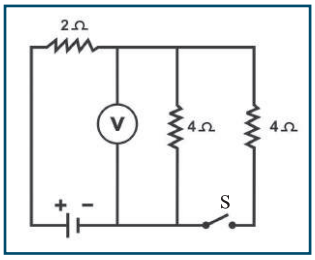
2. يمثل الشكل المجاور جزءاً من دارة كهربائية، إذا كانت قراءة الأميتر 2 A ، فما قراءة الفولتميتر؟

أ- 9 V ب- 12 V جـ- 18 V د- 24 V



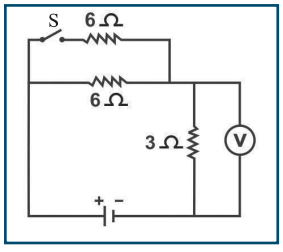
3. الدارة الكهربائية المجاورة، إذا كانت قراءة الأميتر (A_1) تساوي (5A)، فما قراءة الأميتر (A_2)؟

أ- 1.5 A ب- 2 A جـ- 2.5 A د- 3 A



4. في الدارة الكهربائية المجاورة، إذا كانت قراءة الفولتميتر (16 V) والمفتاح (S) مفتوحاً، فكم تصبح قراءته عند غلق المفتاح؟

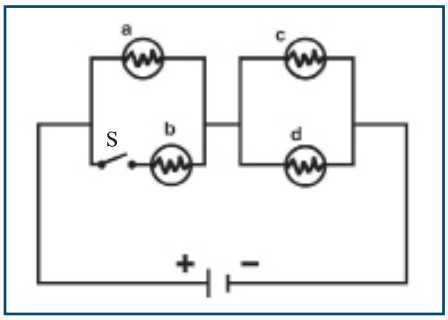
أ- 12 V ب- 14 V جـ- 16 V د- 18 V



5. في الدارة الكهربائية المجاورة، إذا كانت قراءة الفولتميتر (30 V) والمفتاح (S) مفتوحاً، فكم تصبح قراءته عند غلق المفتاح؟

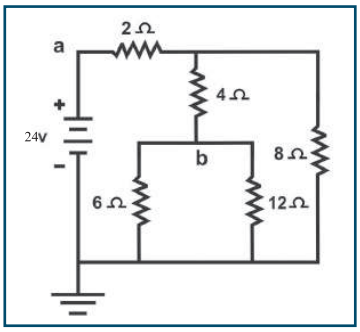
أ- 30 V ب- 35 V جـ- 40 V د- 45 V

6. في الدارة الكهربائية المبينة في الشكل المجاور، إذا علمت أن المصابيح متماثلة، والمصابيح (a, c, d) مضاءة والمفتاح (s) مفتوح، إذا أغلق المفتاح (s)، فأي منها تزداد شدة إضاءته؟



أ- (c)　　ب- (c ,a)　　جـ- (d ,c)　　د- (d ,c ,a)

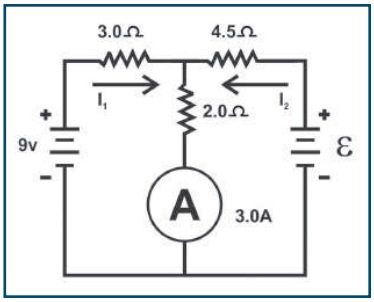
س2: في الدارة الكهربائية المجاورة، جد:



أ- فرق الجهد بين النقطتين (a , b).

ب- جهد النقطة (b).

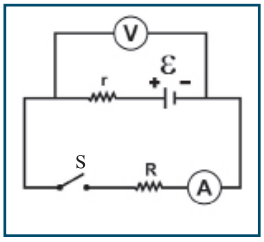
س3: في الدارة الكهربائية المجاورة، إذا كانت قراءة الأميتر (A) تساوي (3 A). جد:



أ- شدة كل من التيارين (I_1, I_2).

ب- مقدار القوة الدافعة الكهربائية (ε).

س4: في الدارة الكهربائية المجاورة، إذا كانت قراءة الفولتميتر والمفتاح (s) مفتوح تساوي (3.08 V)، وعند غلق المفتاح تصبح قراءته (2.97 V)، وقراءة الأميتر (1.65 A)، فاحسب:

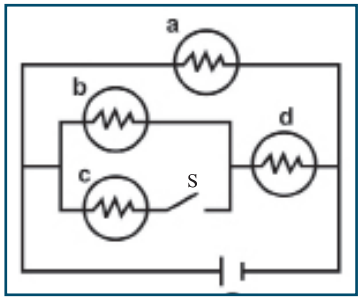


أ- مقدار القوة الدافعة الكهربائية للبطارية (ε).

ب- مقدار المقاومة الداخلية للبطارية (r).

ج- مقدار المقاومة الخارجية (R).

س 5: يبين الشكل المجاور دارة كهربائية تحوي مصابيح متماثلة. أجب عما يأتي:



أ- هل يتغير جهد المصباح (a) عند إغلاق المفتاح؟ فسر إجابتك.

ب- هل يتغير جهد المصباح (d) عند إغلاق المفتاح؟ فسر إجابتك.

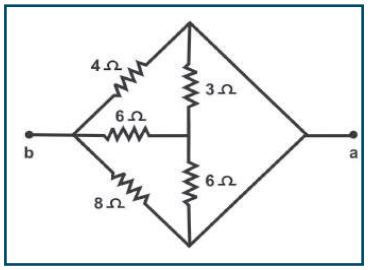
ج- ماذا يحدث لإضاءة المصباح (b) عند إغلاق المفتاح؟ فسر إجابتك.

أسئلة الوحدة

س1: اختر الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

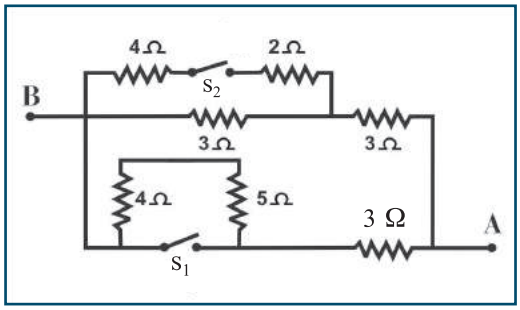
1. سلك فلزي مقاومته (R) ومساحة مقطعه العرضي (A) موصول بين نقطتين، فرق الجهد بينهما (V). إذا أعيد تشكيله ليزداد طوله إلى الضعف، فإن السرعة الانسياقية للإلكترونات الحرة فيه في هذه الحالة:

أ- تبقى ثابتة ب- تزداد إلى الضعف جـ- تقل إلى النصف د- تقل إلى الربع



2. في الشكل المجاور، ما مقدار المقاومة المكافئة بين النقطتين (a ,b)؟

أ- 2 Ω ب- 3 Ω جـ- 4 Ω د- 6 Ω

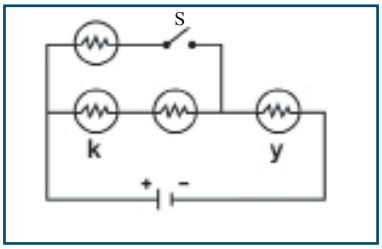


3. في الشكل المجاور، احسب المقاومة المكافئة بين النقطتين (A ،B)، وذلك عندما يكون s_1 مغلقاً فقط:

أ- 1.88 ب- 2

جـ- 3.75 د- 4.4

4. في الدارة الكهربائية المبينة في الشكل المجاور، إذا علمت أن المصابيح متماثلة، فماذا يحصل لشدة إضاءة المصباحين (y ,k) عند غلق المفتاح (s)؟

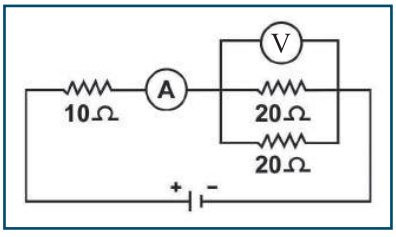


أ- تقل شدة إضاءة المصباح (y)، بينما تزداد شدة إضاءة المصباح (k).

ب- تقل شدة إضاءة المصباحين (y، k).

جـ- تزداد شدة إضاءة المصباح (y)، بينما لا تتغير شدة إضاءة المصباح (k).

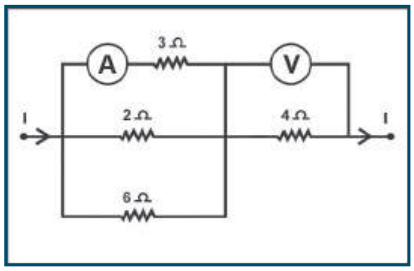
د- تزداد شدة إضاءة المصباح (y)، بينما تقل شدة إضاءة المصباح (k).



5. في الدارة الكهربائية المجاورة، إذا كانت قراءة الأميتر (A) تساوي (2) أمبير، فما قراءة الفولتميتر (V)؟

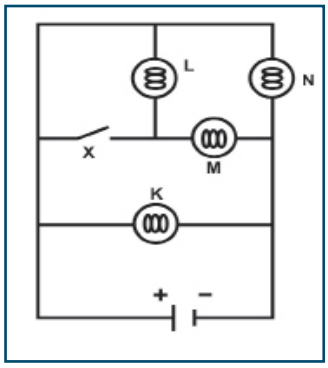
أ- 10 V ب- 20 V جـ- 30 V د- 40 V

6.) يبين الشكل المجاور جزءاً من دارة كهربائية يسري فيها تيار كهربائي شدته (I). إذا كانت قراءة الفولتميتر (V) تساوي (36 V)، ما مقدار قراءة الأميتر (A) ؟



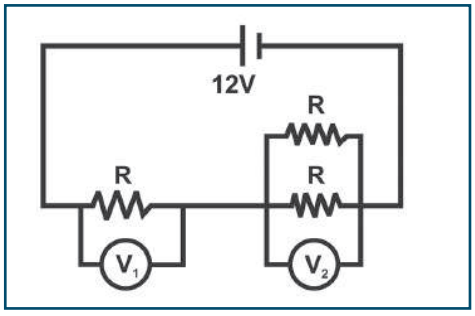
أ- 2A ب- 3 A جـ- 3.5 A د- 4.5 A

7. في الشكل المجاور دارة كهربائية تتكون من أربعة مصابيح L, N, M, K متماثلة وبطارية ومفتاح، والمصابيح الأربعة تشع ضوءاً. أي من المصابيح تزداد شدة إضاءته عند غلق المفتاح s؟



أ- L,M ب- M,N جـ- K,M د- M

8. وصل طالب ثلاث مقاومات متماثلة كما في الشكل المجاور. إذا كان فرق الجهد بين قطبي البطارية 12 V، ما قراءة كل من V_1, V_2؟



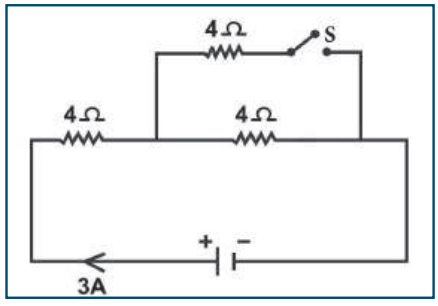
أ- $V_1 = 4\ V$ ، $V_2 = 8\ V$

ب- $V_1 = 6\ V$ ، $V_2 = 6\ V$

جـ- $V_1 = 8\ V$ ، $V_2 = 4\ V$

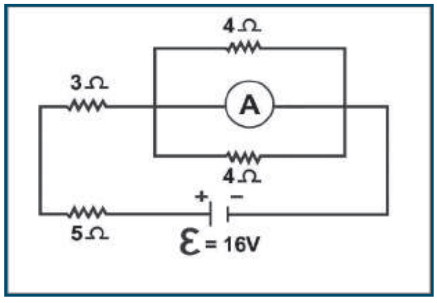
د- $V_1 = 9\ V$ ، $V_2 = 3\ V$

9. يبين الشكل المجاور دارة كهربائية مغلقة يسري فيها تيار كهربائي شدته (3A) والمفتاح (S) مفتوح. كم تصبح شدة التيار الكلي عند غلق المفتاح؟



أ- 2 A ب- 3 A جـ- 4 A د- 5 A

10. في الدارة الكهربائية المجاورة، ما قراءة الأميتر (A)؟



أ- 1 A ب- 1.2 A جـ- 1.6 A د- 2 A

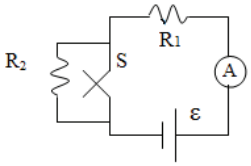
اختبار

س1: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة للفقرات الآتية:

1. **إذا وصلت 5 مقاومات مقدار كل منها 1 أوم على التوازي إلى فرق جهد مقداره 5 فولت، فإن شدة التيار الكهربائي المار في كل مقاومة بوحدة الأمبير يساوي:**

أ . 0.25 ب . 1 ج . 5 د . 25

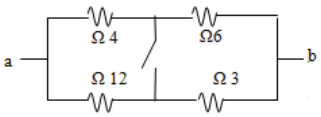
2. **في الشكل المجاور المفتاح (S) مغلق، ماذا يحدث عند فتح المفتاح (S)**



أ . تزداد قراءة الأميتر (A) ب. تقل قراءة الأميتر (A)

ج. تبقى قراءة الأميتر (A) ثابتة د. تصبح قراءة الأميتر (A) صفر

3. **في الشكل المجاور قيمة المقاومة المكافئة بين a ، b والمفتاح (S) مغلق تساوي:**



أ. 1.2Ω ب. 5Ω ج. 6Ω د. 9Ω

5. **جميع ما يلي من وحدات كثافة شدة التيار الكهربائي ما عدا:**

أ. A^2/m ب. C/m^2s ج. $V/m^2\Omega$ د. A/m^2

4. **ما مقدار نصف قطر مقطع سلك طوله L بحيث مقاومته تكافئ مقاومة أربع أسلاك نصف قطر كل منها r وطول كل منها L موصولة عل التوالي وكلها من نفس النوع.**

أ) 0.25 r ب) 0.5 r ج) 2 r د) 4 r

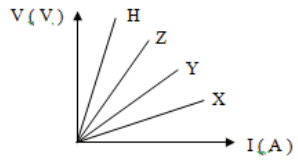
5. **أي الكميات الآتية تقاس بوحدة A/Vm:**

أ) كثافة شدة التيار ب) المقاومية ج) ثابت الموصلية د) الكثافة الحجمية للشحنة

6. **سلك فلزي مقاومته R ومساحة مقطعه العرضي A موصل بين نقطتين فرق الجهد بينهما V إذا أعيد تشكيله ليزداد طوله إلى الضعف فإن السرعة الإنسياقية للإلكترونات الحرة فيه في هذه الحالة:**

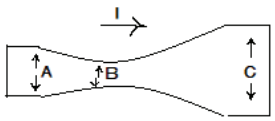
أ) تبقى ثابته ب) تزداد إلى الضعف ج) تقل إلى النصف د) تقل إلى الربع

7. **رسمت العلاقة بيانياً لأربعة موصلات مختلفة بين التيار فيها وفرق الجهد الكهربائي بين طرفيها كما في الشكل المجاور ، أي من هذه الموصلات لها أكبر مقاومة .**



أ) X ب) Z ج) H د) Y

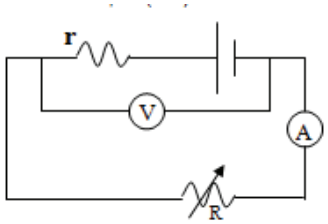
8. **الشكل المجاور يبين موصل مساحة مقطعة غير منتظمة يسري فيه تيار كهربائي بالاتجاه المبين اعتمادا على الشكل أي العبارات الآتية صحيحة:**

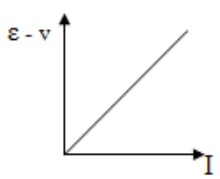


أ. السرعة الإنسياقية أكبر ما يمكن عند النقطة (B) ب. شدة المجال الكهربائي أكبر ما يمكن عند النقطة (A)

ج. شدة التيار الكهربائي أقل ما يمكن عند النقطة (C) د. شدة التيار الكهربائي لوحدة المساحة أقل ما يمكن عند النقطة

9. **تم استخدام الدارة التالية حيث أخذت عدة قراءات للفولتميتر والأميتر من خلال تغير المقاومة (R) فتم الحصول على العلاقة الخطية الآتية، إن ميل الخط المستقيم يمثل:**



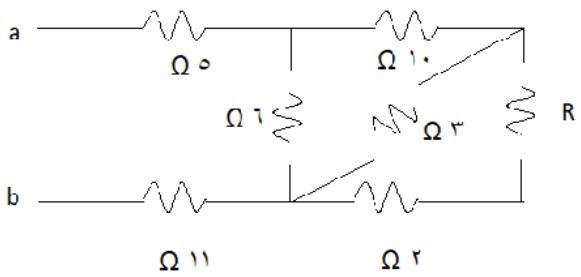


أ. R ب. r

ج. r + R د. R – r

السؤال الثاني: في الشكل المجاور احسب مقدار المقاومة (R)

إذا علمت ان المقاومة المكافئة تساوي 20 أوم .



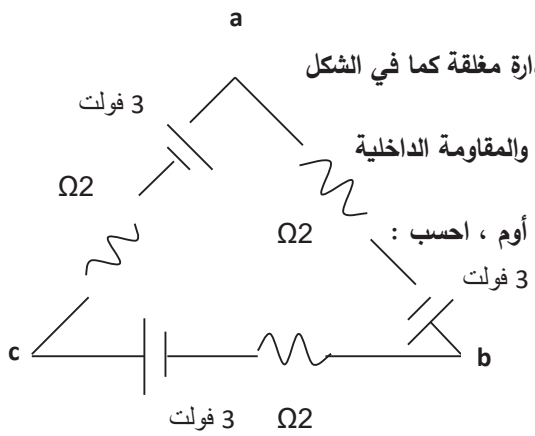
السؤال الثالث: موصل فلزي طوله 2π m ونصف قطر مقطعه 1×10^{-3} m ومقاوميته 1×10^{-8} Ω . m

وكثافة الشحنة $\frac{1}{1.6} x10^{25} e/m^3$ عند وصل طرفي هذا الموصل بمصدر للجهد عبر مقطع الموصل شحنة مقدارها 2π C في زمن مقداره 0.5 S ، احسب :-

1. مقاومة الموصل
2. السرعة الانساقية

السؤال الرابع: سلك مقاومته 40 Ω ، احسب مقاومة سلك أخر من نفس المعدن طوله ضعفي طول السلك الأول ونصف قطره أربعة أمثال نصف قطر السلك الأول .

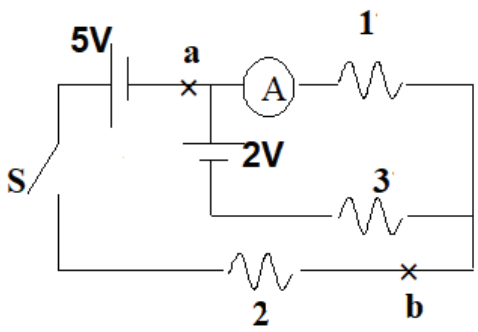
السؤال الخامس: وصلت ثلاث أعمدة كهربائية على التوالي في دارة مغلقة كما في الشكل المجاور إذا علمت أن القوة الدافعة الكهربائية لكل منها 3 فولت والمقاومة الداخلية للأعمدة مهملة والمقاومات الخارجية متساوية وقيمة كل منها 2 أوم ، احسب :



1 . شدة التيار المار في كل من الأعمدة الثلاث .

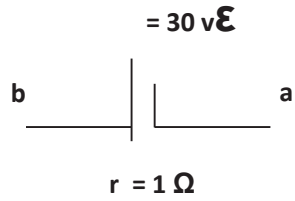
2 . أثبت أن جهود النقاط a ، b ، c متساوية .

السؤال السادس: اعتماداً على الدارة المجاورة، احسب:



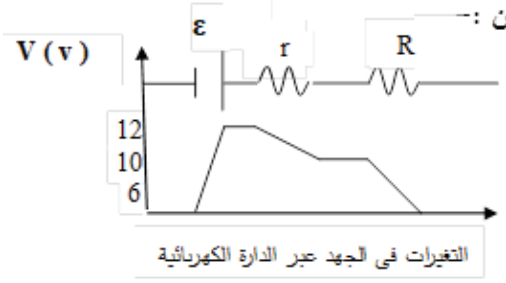
1. قراءة الأميتر والمفتاح (S) مفتوحاً .
2. قراءة الأميتر والمفتاح (S) مغلقاً .
3. V_{ab} والمفتاح (S) مغلقاً .

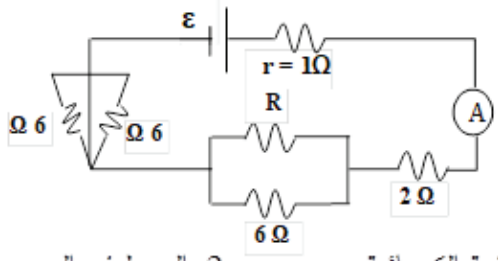
السؤال السابع: في الشكل المجاور عموداً كهربائياً مقاومته الداخلية (1 Ω) وقوته الدافعة (30V) وصل طرفاه أولاً بالمقاومتين R_2 ، R_1 المتصلتين على التوالي ، فكان فرق الجهد بين النقطتين b ، a (V_{ab} = 27 V) وعندما فصلت المقاومتان وأعيد توصيلهما على التوازي ووصلتا مع طرفي العمود كان فرق الجهد بين النقطتين أ ، ب (V_{ab} = 20 V)



احسب مقدار كل من المقاومتين (R_1 ، R_2) .

السؤال الثامن: إذا مثلت التغيرات في الجهد عبر الدارة الكهربائية البسيطة المبينة في الشكل بالرسم البياني المجاور لها ، بالاعتماد على القيم المثبتة على كل منهما احسب مقدار كل من :-

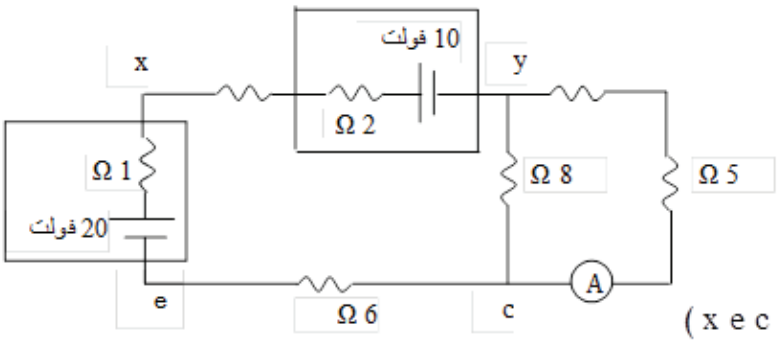




1. القوة الدافعة الكهربائية
2. الهبوط في الجهد
3 . قراءة الأميتر (A)
4 . المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات الخارجية
5 . المقاومة المجهولة .

السؤال التاسع:

في الشكل المجاور احسب :



1 . قراءة الأميتر A

2 . V_{xy}

3 . القدرة الداخلة و المستنفذة في الفرع (x e c)

4. القدرة الداخلة و المستنفذة في الدارة .

السؤال العاشر:

في الشكل المجاور إذا كانت قراءة الفولتميتر 3.6 فولت وكانت قراءة الأميتر 2.2 أمبير ، احسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية ε) والمقاومة (R) .