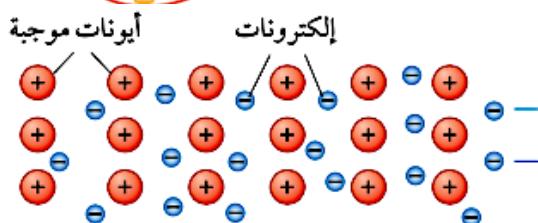
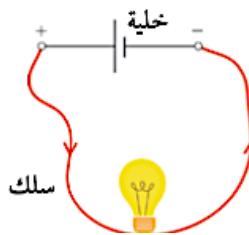


## الوحدة الثالثة

# الدوائر الكهربائية

## ١-٣ التيار الكهربائي

ما الذي يحدث داخل سلك التوصيل؟!



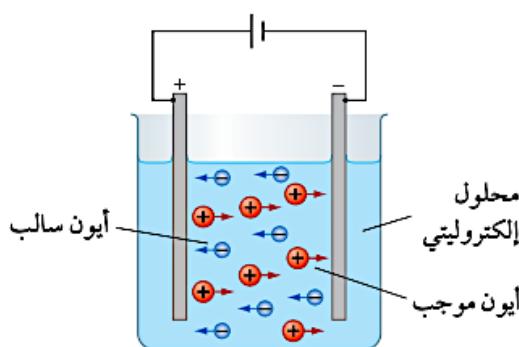
- السلك مصنوع من مادة فلزية، وأي فلز يحتوي على إلكترونات حررة تسمى إلكترونات التوصيل.
- هذه هي إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي، وعندما تكتسب طاقة تتحرر وتتصبح الذرات أيونات موجبة الشحنة. ومع ذلك يظل الفلز متعادلاً كهربائياً لأن عدد الإلكترونات الحرة يساوي عدد الأيونات الموجبة.

- عند توصيل هذا السلك بخلية فإن القوة الكهربائية تدفع إلكترونات التوصيل فيه باتجاه القطب الموجب.

حاملات الشحنة الكهربائية

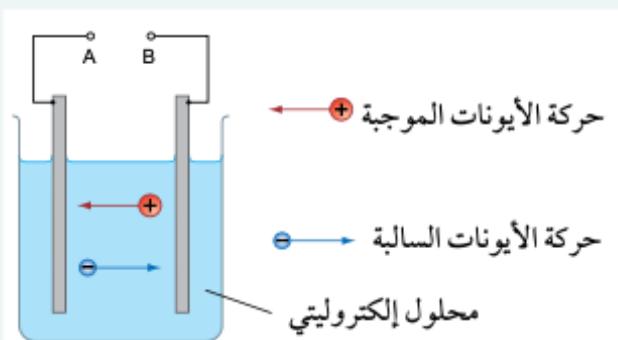
- حامل الشحنة: هو جسيم مشحون يُسمى في التيار الكهربائي؛ وقد يكون هذا الجسيم إلكتروناً أو بروتوناً أو أيوناً.
- الشحنة الكهربائية كمية مكممة لأن مقاديرها محددة وتساوي مضاعفات صحيحة من شحنة الإلكترون.

اتجاه التيار الاصطلاحي واتجاه تدفق الشحنات



- اتجاه التيار الاصطلاحي: يخرج من القطب الموجب للبطارية ويدخل في القطب السالب.
- اتجاه التيار الكهربائي يكون عكس اتجاه حركة الشحنات السالبة.
- اتجاه التيار الكهربائي يكون في نفس اتجاه حركة الشحنات الموجبة.
- في المحاليل الإلكتروليتية يتوجه كل من الشحنات الموجبة والشحنات السالبة نحو القطب المعاكس له في الشحنة.

أسئلة



الشكل ٤-٣

- جـ. أضف أسماءً لتبيّن اتجاه التيار الاصطلاحي في السلكين الموصلين.

١ انظر إلى الشكل ٣-٢، وحدد اتجاه التيار الاصطلاحي في المحلول الإلكتروني (نحو اليسار أم نحو اليمين أم في كلا الاتجاهين في الوقت نفسه).

٢) يبيّن الشكل ٤-٤ دائرة بها محلول إلكتروليتي موصل يحتوي على كل من الأيونات الموجبة والسلبية.

- A. انسخ الشكل، وارسم خلية بين النقطتين A و B.  
أشير بوضوح إلى القطب الموجب والقطب السالب للخلية.

B. أضف سهماً لتبيّن اتجاه التيار الاصطلاحي في المحلول.

التيار الكهربائي والشحنة الكهربائية.

- **التيار الكهربائي (I)**: هو معدل تدفق الشحنة الكهربائية عبر نقطة في دائرة كهربائية.
  - **الأمبير (A)**: يعادل تدفق كولوم واحد من الشحنات في مقطع موصل خلال ثانية واحدة.
  - **الكولوم (C)**: هو كمية الشحنة الكهربائية ( $Q$ ) التي تتدفق عبر نقطة في الدائرة خلال زمن ( $1\text{ s}$ ) عندما تكون شدة التيار الكهربائي ( $1\text{ A}$ ).

۲۰۱۹

١. مُرتَيَار كهربائي شدته (A 10) عبر مصباح لمدة (1.0 h). احسب مقدار الشحنة الكهربائية التي تدفقت عبر المصباح خلال هذا الزمن.

**الخطوة ١: علينا إيجاد الزمن ( $t$ ) بالثواني:**

$$t = 60 \times 60 = 3600 \text{ s}$$

**الخطوة ٢:** نحن نعرف أن شدة التيار الكهربائي  $I = 10\text{ A}$ ؛ لذا فإن الشحنة الكهربائية التي تتدفق تساوي:

$$Q = It$$

$$= 10 \times 3600 = 36000 \text{ C} = 3.6 \times 10^4 \text{ C}$$

٩٥٥٢٠٢٤٢ - اسماعيل، رباء أ.

<https://139-162-254-40.ip.linodeusercontent.com/>

**الملاحم والشّر التّفاعلي: موقع المؤسّس**

## أسئلة

٦ كتب على بطارية السيارة «50 A h»، وهذا يعني أنه يمكن لهذه البطارية أن تعطي تياراً شدته (50 A) لمدة ساعة واحدة.

- أ. ما الزمن الذي يمكن للبطارية أن تستغرقه لإنتاج تيار مستمر مقداره (200 A) لبدء تشغيل السيارة؟
- ب. احسب مقدار الشحنة الكهربائية التي تمر عبر نقطة في الدائرة خلال هذا الزمن.

٣ يمر تيار كهربائي شدته (0.40 A) في دائرة ما. احسب مقدار الشحنة الكهربائية التي تعبر نقطة في الدائرة في زمن مقداره (15 s).

٤ احسب شدة التيار الكهربائي الناتج من تدفق شحنة مقدارها (C) خلال زمن مقداره (30 s).

٥ تعبّر شحنة كهربائية مقدارها (50 C) من نقطة ما في دائرة كهربائية خلال زمن مقداره (20 s). احسب شدة التيار الكهربائي المار في الدائرة.

## الجسيمات المشحونة

- الشحنة الأولية هي شحنة الإلكترون ويرمز لها بالرمز (e) وهي تساوي  $(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$ .
- شحنة البروتون تساويها في المقدار  $(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$  ولكنها موجبة.
- أي شحنة أخرى لابد أن تكون مضاعفات صحيحة لهذه الشحنة الأولية.
- فمثلاً يمكن أن يوجد جسيم شحنته  $(3.2 \times 10^{-19} \text{ C})$  لأن هذا المقدار يساوي  $(+2e)$ .
- ولا يمكن أن يوجد جسيم شحنته  $(2.5 \times 10^{-19} \text{ C})$  لأن هذا المقدار يساوي  $(+1.56e)$ .
- قد يحمل الكوارك الواحد شحنات مثل  $(\pm \frac{1}{3}e, \pm \frac{2}{3}e)$  إلا أن الكواركات لا تظهر بشكل منفرد وإنما تظهر على شكل ثنائي أو ثلاثي بحيث تكون شحنتها الكلية صفراء أو مضاعفاً لـ (e).

## أسئلة

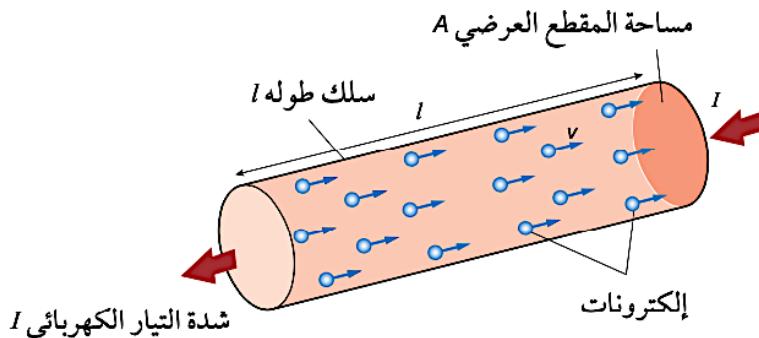
٨ أي من الكميات الآتية تُعدّ شحنات كهربائية ممكنة؟ اشرح إجابتك.

$$(10.0 \times 10^{-19} \text{ C}), (8.0 \times 10^{-19} \text{ C}), (6.0 \times 10^{-19} \text{ C})$$

٧ احسب عدد البروتونات في كولوم واحد من الشحنة الكهربائية (شحنة البروتون =  $C = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ).

## معادلة لتيار الكهربائي

- هناك عدد كبير من الإلكترونات التوصيل في السلك يساوي عدد الذرات في التي فيه.
- الكثافة العددية ( $n$ ): هي عدد حاملات الشحنة الكهربائية لكل وحدة حجم من المادة. ووحدتها ( $m^{-3}$ ).
- متوسط السرعة المتجهة الانحرافية ( $\bar{v}$ ): هو متوسط سرعة مجموعة من الجسيمات المشحونة عند مرور تيار كهربائي في موصل.
- في جزء من سلك مساحة مقطعه ( $A$ ) وبه حاملات شحنة، شحنة الواحد منها ( $q$ ) تكون شدة التيار المار فيه:



$$I = nAvq$$

**سؤال: استنجد المعادلة**

في سلك طوله ( $l$ ) ومساحة مقطعه ( $A$ ) يكون عدد الإلكترونات مساوياً لـ  $nAl$  حيث ( $n$ ) هي الكثافة العددية. وبالتالي تكون الشحنة الكلية في هذه المقطع هي:  $Q = nAle$  حيث ( $e$ ) هي شحنة الإلكترون الواحد. تخيل أن جميع الإلكترونات تتحرك من بداية هذا السلك إلى نهايته بنفس السرعة ( $v$ ) وبالتالي فكلها تستغرق الزمن ( $t$ ).

بالتعميض بـ ( $Q$ ) من ( $I = \frac{Q}{t}$ ) في ( $Q = nAle$ ) نحصل على:

$$I = \frac{nAle}{t}$$

بالتعميض أيضاً بـ ( $v$ ) من ( $I = \frac{nAle}{t}$ ) في ( $v = \frac{l}{t}$ ) نحصل على:

$$I = nAve$$

وبشكل عام: بالنسبة لحاملات الشحنة الكهربائية التي يكون شحنة الواحد منها ( $q$ ) فإن:

$$I = nAvq$$

الخطوة ٢: عُوض القيم واحسب (v).

$$v = \frac{1.0}{8.5 \times 10^{28} \times 5.0 \times 10^{-6} \times 1.6 \times 10^{-19}} \\ = 1.47 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-1} \\ = 1.5 \times 10^{-5} \text{ m s}^{-1} \quad \text{أو} \\ v = 0.015 \text{ mm s}^{-1}$$

**ملاحظة:** يمكن أن نقارن هذه السرعة البطيئة التي تحتاج إلى 19 ساعة تقريباً لقطع متر واحد بسرعة الإلكترونات العالية داخل الفلز.

٣. احسب متوسط السرعة المتجهة الانجراافية للإلكترونات في سلك نحاسي مساحة مقطعيه العرضي ( $5.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ )، ويحمل تياراً كهربائياً شدته (1.0 A). علمًا بأن الكثافة العددية لإلكترونات النحاس تساوي ( $8.5 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$ ).

الخطوة ١: أعد ترتيب المعادلة  $I = nAve$  (v) في أحد طرفي المعادلة:

$$v = \frac{I}{nAe}$$

**سؤال:** أثبتت أن وحدات المعادلة  $I = nAvq$  متجانسة.

تنبيه: حل مثل هذه الأسئلة عليك باستبدال كل كمية فизائية بوحدتها ثم الاختزال حتى تحصل في النهاية على طرفين متماثلين.

$$A = m^{-3} \times m^2 \times m s^{-1} \times C$$

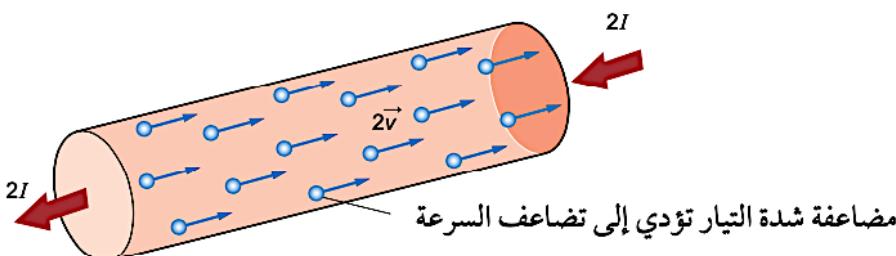
$$A = s^{-1} \times C$$

$$A = A$$

**هام:** هذا الإثبات يعد دليلاً قوياً على صحة هذه المعادلة.

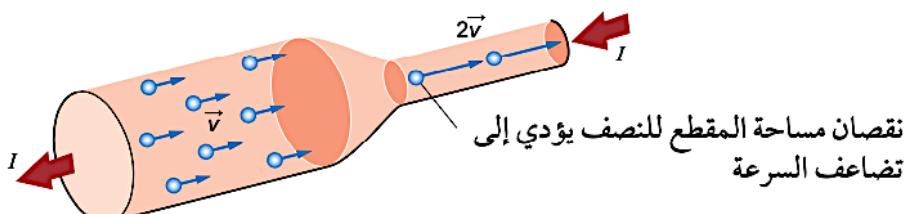
## العوامل التي يعتمد عليها متوسط السرعة المتجهة الانحرافية

عند توصيل السلك بمصدر جهد كهربائي فإن الإلكترونات التي فيه تتأثر بقوة كهربائية تجعله يتحرك نحو الطرف الموجب للبطارية. انتقال الإلكترونات إلى الطرف الموجب يكون عشوائياً حيث تتصادم عشوائياً بأيونات الفلز مما يبطئ السرعة الانحرافية. لذا فإننا نستخدم المصطلح "متوسط السرعة المتجهة الانحرافية".

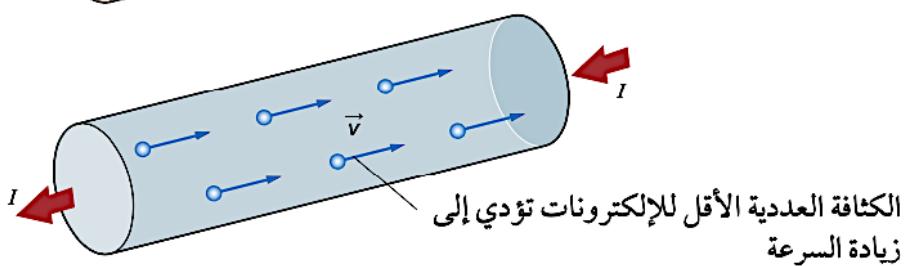


من المعادلة ( $I = nAv\bar{q}$ ) يمكننا استنباط العوامل التي يعتمد عليها ( $v$ ).

$$v \propto I \quad v \propto \frac{1}{A} \quad v \propto \frac{1}{n}$$



عند وجود عدد أقل من الإلكترونات يجب أن ينتقل الإلكترون بسرعة أكبر لتوفير نفس شدة التيار الكهربائي الكلي.



متوسط السرعة المتجهة الانحرافية في أشباه الموصلات أكبر بكثير من تلك الموجودة في الفلزات لشدة التيار الكهربائي نفسه لأن الكثافة العددية في أشباه الموصلات أقل بكثير من تلك الموجودة في الفلزات.

متوسط السرعة المتجهة الانحرافية في العوازل يساوي الصفر لأن الكثافة العددية في العوازل قليلة جداً.

### أسئلة

- ١١) توصل قطعة من سلك نحاسي على التوالي مع قطعة من سلك فضي لهما القطر نفسه. كل من السلكين يمر بهما تيار عند توصيلهما ببطارية. اشرح كيف سيتغير متوسط السرعة المتجهة الانحرافية للإلكترونات في أثناء انتقالها من النحاس إلى الفضة. الكثافة العددية للإلكترونات في كل منهما كالتالي:

$$n = 8.5 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$$

$$n = 5.9 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$$

- ٩) احسب شدة التيار الكهربائي في سلك من الذهب مساحة مقطعه العرضي ( $2.0 \text{ mm}^2$ ) عندما يكون متوسط السرعة المتجهة الانحرافية للإلكترونات في السلك ( $0.10 \text{ mm s}^{-1}$ ). علمًا بأن الكثافة العددية للإلكترونات الذهب تساوي ( $5.9 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$ ).

- ١٠) احسب متوسط السرعة المتجهة الانحرافية للإلكترونات في سلك نحاسي قطره ( $1.0 \text{ mm}$ ), يمر به تيار كهربائي شدته ( $5.0 \text{ A}$ ). علمًا بأن الكثافة العددية للإلكترونات النحاس ( $8.5 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$ ).

## ٢-٣ فرق الجهد الكهربائي

- فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين (A و B): هو الطاقة المنقولة لكل وحدة شحنة في أثناء انتقالها من النقطة A إلى النقطة B.

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

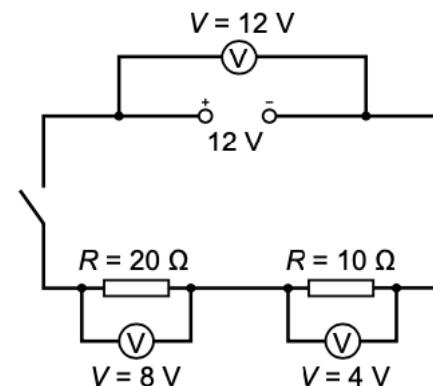
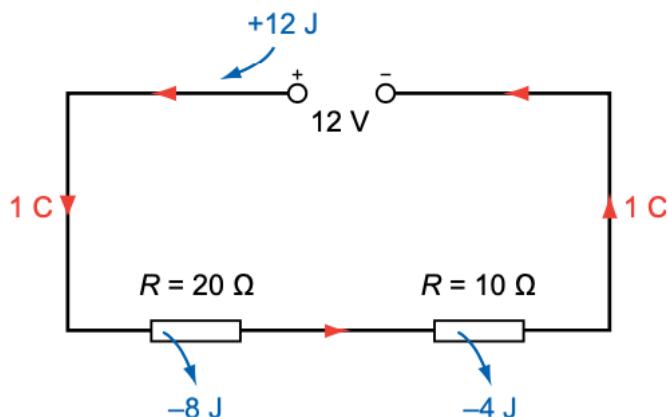
وي إعادة ترتيب هذه المعادلة نحصل على الطاقة المنقولة ( $\Delta W$ ):

$$\Delta W = VQ$$

- القوة الدافعة الكهربائية: هي الطاقة المنقولة لكل وحدة شحنة لدفع الشحنة الكهربائية في الدائرة الكاملة.

لفهم الفرق بين هذين التعريفين:

- فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين (A و B) يمثل مقدار الطاقة التي يفقدها 1 C من الشحنات عندما ينتقل من النقطة A إلى النقطة B. وهذه الطاقة المفقودة تكون في صورة طاقة داخلية في المكون (أي طاقة حرارية أو طاقة حركية).
- القوة الدافعة الكهربائية تمثل الطاقة التي ينحها المصدر لكل 1 C من الشحنات لكي تتدفق في الدائرة.
- من الشكل التالي تستطيع أن تدرك الفرق بين فرق الجهد والقوة الدافعة الكهربائية.



## ٣-٣ المقاومة النوعية

تعتمد مقاومة السلك ( $R$ ) عند درجة حرارة ثابتة على:

1 - طول السلك ( $L$ ) حيث يكون التناوب طرديا.

مضاعفة طول السلك تشبه توصيل مقاومتين متشابهتين على التوالي، وفيها تكون المقاومة المكافئة تساوي ضعف المقاومة الواحدة منها، وبالتالي فالمقاومة تتناسب طرديا مع طول السلك.

2 - مساحة مقطعه العرضي ( $A$ ) حيث يكون التناوب عكسيأ.

مضاعفة مساحة المقطع تشبه توصيل مقاومتين متشابهتين على التوازي، وفيها تكون المقاومة المكافئة تساوي نصف المقاومة الواحدة منها، وبالتالي فالمقاومة تتناسب عكسيأ مع مساحة مقطع السلك.

3 - المادة المصنوع منها السلك حيث يكون التناوب طرديا.

فالنحاس موصل أفضل من الفولاذ، والفولاذ موصل أفضل من السيليكون، وهكذا.

والخاصية التي تتعلق بنوع المادة المصنوع منها هي المقاومة النوعية ( $\rho$ ).

**المقاومة النوعية:** خاصية للمادة وهي مقياس لمقاومة الكهربائية.

تعتمد المقاومة النوعية - مثل المقاومة - على درجة الحرارة، إذ تزداد المقاومة النوعية للفلز ما بزيادة درجة الحرارة، وذلك بسبب وجود تصادمات أكثر بين إلكترونات التوصيل والأيونات المهترنة في الفلز.

من كل ذلك نستنتج معادلة المقاومة لتكون كالتالي:

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

وبإعادة ترتيبها نحصل على المقاومة النوعية كالتالي:

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

**الخطوة ٢:** عُوض القييم في المعادلة واستخدم قيمة ( $\rho$ ) لليوريكا من الجدول ١-٣ :

$$R = \frac{49.0 \times 10^{-8} \times 2.6}{2.5 \times 10^{-7}} = 5.1 \Omega$$

لذلك، فإن مقاومة السلك ( $5.1 \Omega$ ).

**٤.** جد مقاومة سلك يوريكا طوله (2.6 m) ومساحة مقطعه العرضي ( $2.5 \times 10^{-7} \text{ m}^2$ ).

**الخطوة ١:** استخدم معادلة المقاومة:  

$$\text{المقاومة} = \frac{\text{النوعية} \times \text{الطول}}{\text{مساحة المقطع} \times \text{العرضي}}$$

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

### أسئلة

- أ.**  $1.0 \Omega$
- ب.**  $5.0 \Omega$
- ج.**  $10 \Omega$

**١٢** استخدم قيمة المقاومة النوعية للمنجانيين المذكورة في الجدول ١-٣ لحساب طول سلك منجانيين قطره (0.50 mm) يلزم لصنع ملفات مقاومة مقدارها:

**١٥** قطعة من سلك فولاذي لها مقاومة ( $10 \Omega$ ) تمددت إلى ضعف طولها الأصلي. قارن مقاومتها بعد التمدد بمقاييسها الأصلية.

**١٣** قطعة من النحاس حجمها ( $1.0 \text{ cm}^3$ ) شكل منها سلك طوبل مساحة مقطعه العرضي ( $4.0 \times 10^{-7} \text{ m}^2$ ). احسب مقاومته (استخدم قيمة المقاومة النوعية للنحاس من الجدول ١-٣).

**١٤** سلك نحاسي طوله (1.0 m)، ومقاومته ( $0.50 \Omega$ ).  
**أ.** احسب مقاومة طول (5.0 m) من السلك نفسه.  
**ب.** كم ستكون مقاومة سلك من النحاس طوله (1.0 m) له نصف مقدار قطر السلك الأصلي؟

## ٣-٤ قانون كيرشوف

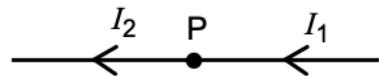
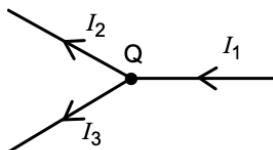
$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

مجموع التيار الكهربائي الداخلا إلى نقطة في دائرة ما يساوي مجموع التيار الكهربائي الخارج من تلك النقطة.

أي أن التيار الكهربائي محفوظ؛ لأن الشحنة الكهربائية محفوظة.

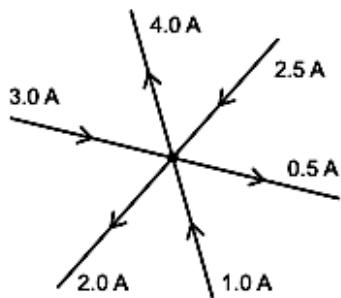
$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$I_1 = I_2$$

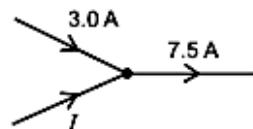


### أسئلة

- ١٨ احسب  $(\Sigma I_{in})$  و  $(\Sigma I_{out})$  في الشكل ١٢-٣ . هل يتحقق القانون الأول لکيرشوف في الشكل ١٠-٢ .

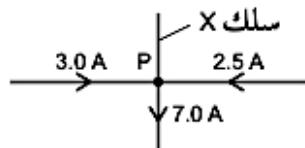


الشكل ١٢-٣



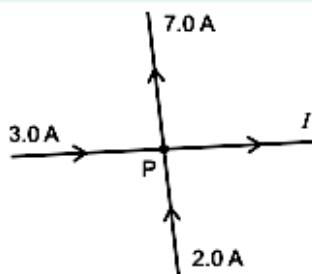
الشكل ١٠-٢

- ١٧ احسب شدة التيار الكهربائي في السلك X في الشكل ١١-٣ . وحدد اتجاه هذا التيار الكهربائي (داخل إلى النقطة P أو خارجا منها).



الشكل ١١-٣

- ١٩ استخدم القانون الأول لکيرشوف لاستنتاج قيمة واتجاه التيار الكهربائي (I) في الشكل ١٣-٢ .



الشكل ١٣-٣

## القانون الثاني لکیرشوف $\sum V = \sum \varepsilon$ وحفظ الطاقة

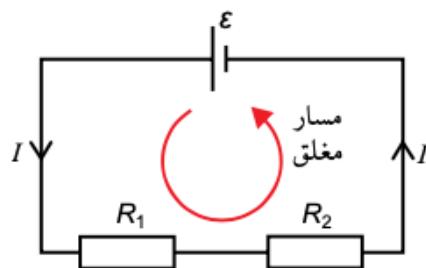
مجموع القوى الدافعة الكهربائية في أي مسار مغلق في دائرة ما يساوي مجموع فروق الجهد الكهربائية في ذلك المسار.

فالطاقة المكتسبة من المصدر لكل كولوم في أي مسار مغلق = الطاقة المفقودة في المقاومات لكل كولوم في ذلك المسار.

### أمثلة على تحديد الإشارات والاتجاهات في استنتاج معادلة قانون کیرشوف الثاني في حلقة ما

عند تطبيق قانون کیرشوف على حلقة (مسار مغلق) ما فإننا نرسم سهماً ليمثل الاتجاه الموجب، إما أن يكون هذه السهم في نفس اتجاه عقارب الساعة أو عكسه، الخيار متترك للطالب. لكن الأفضل أن نختار الاتجاه الذي يقلل عدد القيم السالبة في المعادلة.

#### مثال (١):

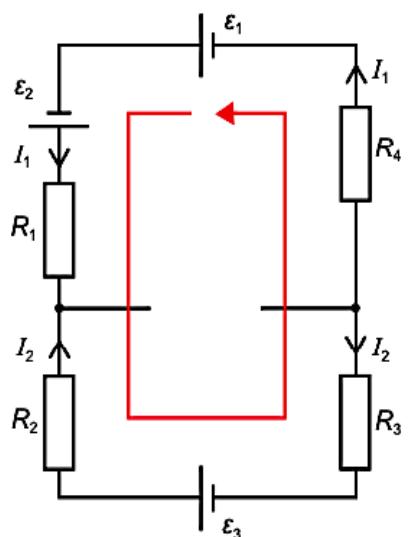


- القوة الدافعة الكهربائية ( $\varepsilon$ ) موجبة لأن التيار الخارج منها في نفس الاتجاه الموجب.
- فرق الجهد ( $IR_1$ ) موجب لأن التيار المار في المقاومة ( $R_1$ ) في نفس الاتجاه الموجب.
- فرق الجهد ( $IR_2$ ) موجب لأن التيار المار في المقاومة ( $R_2$ ) في نفس الاتجاه الموجب.

وبالتالي تكون معادلة قانون کیرشوف لهذه الحلقة كما يلي:

$$\varepsilon = IR_1 + IR_2$$

#### مثال (٢):



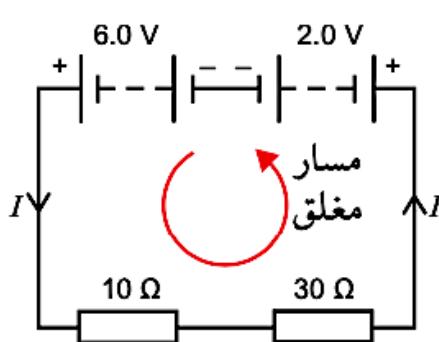
- القوة الدافعة الكهربائية ( $\varepsilon_1$ ) موجبة لأن التيار الخارج منها في نفس الاتجاه الموجب.
- القوة الدافعة الكهربائية ( $\varepsilon_2$ ) موجبة لأن التيار الخارج منها في نفس الاتجاه الموجب.
- القوة الدافعة الكهربائية ( $\varepsilon_3$ ) سالبة لأن التيار الخارج منها عكس الاتجاه الموجب.
- فرق الجهد ( $I_1R_1$ ) موجب لأن التيار المار في المقاومة ( $R_1$ ) في نفس الاتجاه الموجب.
- فرق الجهد ( $I_2R_2$ ) سالب لأن التيار المار في المقاومة ( $R_2$ ) عكس الاتجاه الموجب.
- فرق الجهد ( $I_3R_4$ ) موجب لأن التيار المار في المقاومة ( $R_4$ ) في نفس الاتجاه الموجب.

وبالتالي تكون معادلة قانون کیرشوف لهذه الحلقة كما يلي:

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_3 = I_1R_1 - I_2R_2 - I_3R_4 + I_1R_4$$

تلحظ في المثال الثاني أن بعض قيم القوة الدافعة الكهربائية وأيضاً بعض قيم فرق الجهد كتبت بالسالب.

**مثال (٣):** أوجد شدة التيار الكهربائي في الدائرة التالية.



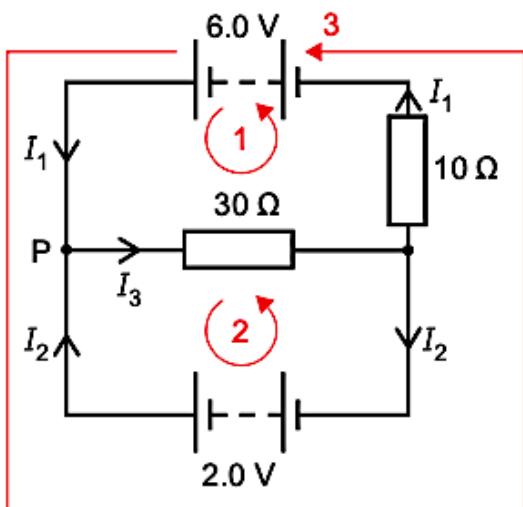
- القوة الدافعة الكهربائية (6 V) موجبة لأن التيار الخارج منها في نفس الاتجاه الموجب.
- القوة الدافعة الكهربائية (2 V) سالبة لأن التيار الخارج منها عكس الاتجاه الموجب.
- فرق الجهد في المقاومة ( $10 \Omega$ ) موجب لأن التيار المار فيها في نفس الاتجاه الموجب.
- فرق الجهد في المقاومة ( $30 \Omega$ ) موجب لأن التيار المار فيها في نفس الاتجاه الموجب.

وبالتالي تكون معادلة قانون كيرشوف لهذه الحلقة كما يلي:

$$6 - 2 = 10I + 30I$$

إذن شدة التيار تساوي 0.1 A.

**مثال (٤):** أوجد قيم شدة التيار الكهربائي في الدائرة التالية.



تلخيص في هذه الدائرة توجد ثلاثة حلقات: العليا والسفلى والخارجية.

في الحلقة السفلية:  $-2 = -30I_3 \quad --> \quad 2 = 30I_3$

هذه المعادلة فيها مجهول واحد، لذا يمكن حلها لنحصل على:

$$I_3 = \frac{-2}{-30} = 0.067 A$$

في الحلقة العليا:  $6 = 30I_3 + 10I_1 \quad --> \quad 6 = 30(0.067) + 10I_1 \quad --> \quad I_1 = 0.4 A$

هذه المعادلة فيها مجهولان لكننا حسبنا قيمة أحدهما في الخطوة السابقة. ومنها نحصل على:

$$6 = 30 \times 0.067 + 10I_1 \quad --> \quad I_1 = 0.4 A$$

الآن للحصول على  $I_2$  نطبق قانون كيرشوف الأول على النقطة (P):

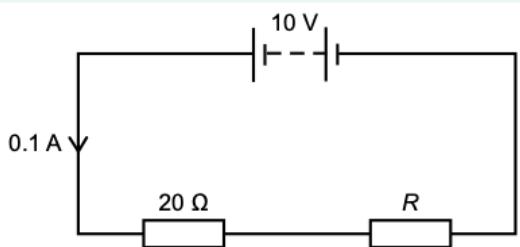
$$I_3 = I_1 + I_2 \quad --> \quad I_2 = 0.067 - 0.4 = -0.33 A$$

شدة التيار ( $I_2$ ) تساوي (0.33 A) في عكس الاتجاه الموضح في الدائرة.

## ملاحظات على حل المثالين السابقين:

- كان من الأفضل اختيار اتجاه الموجب في الحلقة السفلية في نفس اتجاه عقارب الساعة.
- عدد المعادلات التي تحتاجها يساوي عدد المجهولين المطلوب معرفتها.
- تحصل على تلك المعادلات بتطبيق قانون كيرشوف.
- حاول أن تبدأ الحلقة التي يكون فيها أقل المجهولين فيها أقل ما يمكن. تحتاج لكثير من التدريب على ذلك.

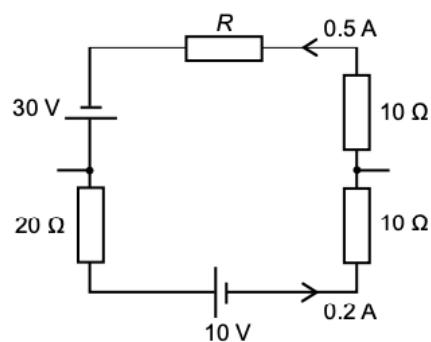
### أسئلة



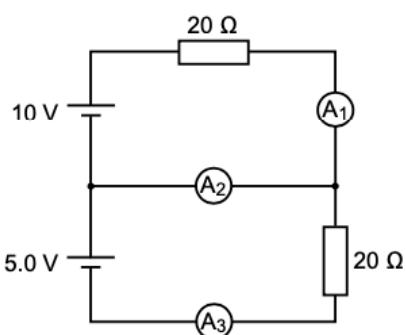
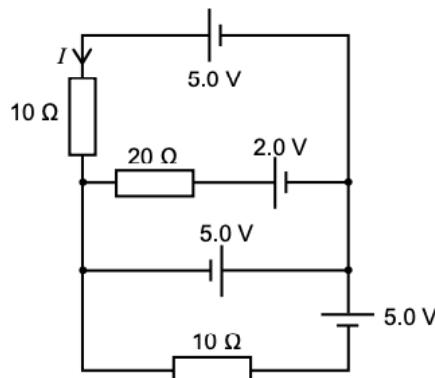
٢٠ استخدم القانون الثاني لکیرشوف لاستنتاج فرق الجهد الكهربائي بين طرفي المقاومة ( $R$ ) في الدائرة الموضحة في الشكل ١٨-٣، ومن ثم حِدْ قيمته ( $R$ ) (افتراض أن المقاومة الداخلية للبطارية مهملة).

- أي مسار مغلق في الدائرة يجب أن تختار؟
- احسب شدة التيار الكهربائي ( $I$ ).

٢٢ استخدم القانون الثاني لکیرشوف لاستنتاج مقدار المقاومة ( $R$ ) المبينة في المسار المغلق بالشكل ٢٠-٣.



٢١ يمكنك استخدام القانون الثاني لکیرشوف للحصول على شدة التيار الكهربائي ( $I$ ) في الدائرة المبينة في الشكل ١٩-٣. يمكن أن يؤدي اختيار أفضل مسار مغلق إلى تبسيط المسألة.



٢٣ ٢١-٣ طبّق قوانين کیرشوف على الدائرة المبينة في الشكل لتحديد شدة التيار الكهربائي المقاومة بواسطة أجهزة الأميتر ( $A_1$ ) و ( $A_2$ ) و ( $A_3$ ).

## ٥-٣ الدوائر العملية

فرق الجهد الكهربائي بين طرفي المصدر لا يساوي مقدار قوته الدافعة الكهربائية، والأسباب منها:

- 1 - ربما لا يكون المصدر مصنوعاً على درجة عالية من الكفاءة.
- 2 - البطاريات أصبحت فارغة.
- 3 - المقاومة الداخلية.

المقاومة الداخلية: هي المقاومة الكامنة في مصدر القوة الدافعة الكهربائية. وفيها يتحول بعض الطاقة إلى أشكال أخرى.

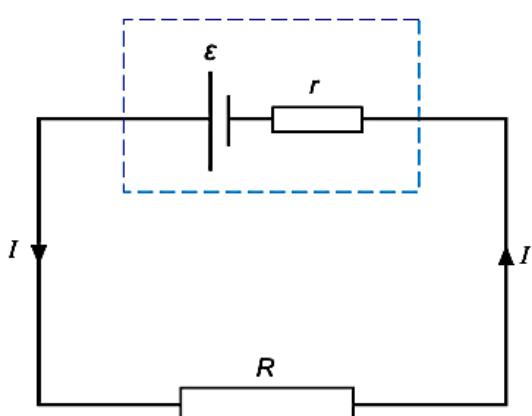
حيث يتحول بعض طاقة الوضع الكهربائية للشحنات إلى طاقة داخلية (حرارية)؛ لأنها تبذل شغلاً ضد المقاومة الداخلية. وهذا يسبب سخونة المصدر.

### سبب المقاومة الداخلية:

- في أجهزة مصادر الطاقة (أجهزة مصادر القوة الدافعة الكهربائية): تكون بسبب الأسلان ومكوناتها الداخلية.
- في الخلية الكهروكيميائية: تنتج عن المواد الكيميائية الموجودة بداخلها.

### تمثيل الخلية والمقاومة الداخلية بها في الدائرة الكهربائية

كما هو واضح في الشكل المقابل، تمثل الخلية كما لو كانت خلية مثالية للقوة الدافعة الكهربائية ( $\epsilon$ ) جنباً إلى جنب على التوالي مع مقاومتها ( $r$ ).



الخط المتقطع يرمز إلى أن المصدر ومقاومته الداخلية هما في الحقيقة مكون واحد.

الآن نطبق قانون كيرشوف على الدائرة المقابلة لنجعل على المعادلة:

$$\epsilon = IR + Ir \quad --> \quad \epsilon = I(R + r)$$

توصيل الفولتميتر بين طرفي المصدر لا يعطي القوة الدافعة الكهربائية ( $\epsilon$ ) وإنما يعطي فرق الجهد بين طرفيه والذي يساوي ( $IR$ ).

أي أن فرق الجهد (V) بين طرفي المصدر يساوي:

$$V = IR = \varepsilon - Ir$$

ماذا يحدث عند تقصير طرفي المصدر (أي توصيل قطعة سلك مباشرة بين طرفي المصدر):

$$\varepsilon = 0 + Ir$$

هذا يعني أن تياراً كبيراً سوف يتدفق خلال المقاومة الداخلية، وبالتالي تنتقل إليها طاقة الشحنات بالكامل وستصبح البطارية دافئة، وهذا هو سبب تلف مصدر الجهد الكهربائي عند جعله يوفر تياراً أكبر مما هو مصمم لإعطائه.

### مثال

الخطوة ٢: أعد ترتيب المعادلة لإيجاد ( $r$ ):

$$6.0 - 5.4 = 0.40 \times r$$

$$0.60 = 0.40r$$

$$r = \frac{0.60}{0.40} = 1.5 \Omega$$

٧. يتولد تيار كهربائي شدته (0.40 A) عند توصيل بطارية قوتها الدافعة الكهربائية (6.0 V) بمقاومة (13.5 Ω). احسب المقاومة الداخلية للبطارية.

الخطوة ١: عَوْض القيم من السؤال في معادلة القوة الدافعة الكهربائية:

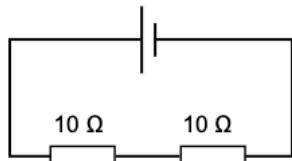
$$R = 13.5 \Omega , I = 0.40 A , \varepsilon = 6.0 V$$

$$\varepsilon = IR + Ir$$

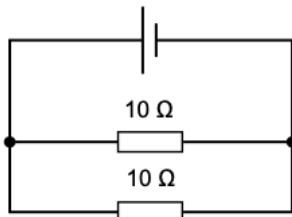
$$\begin{aligned} 6.0 &= 0.40 \times 13.5 + 0.40 \times r \\ &= 5.4 + 0.40r \end{aligned}$$

## أسئلة

$$\epsilon = 3.0 \text{ V}, r = 4.0 \Omega \quad (1)$$



$$\epsilon = 3.0 \text{ V}, r = 4.0 \Omega \quad (2)$$



الشكل ٢٤-٣ بيانات السؤال.

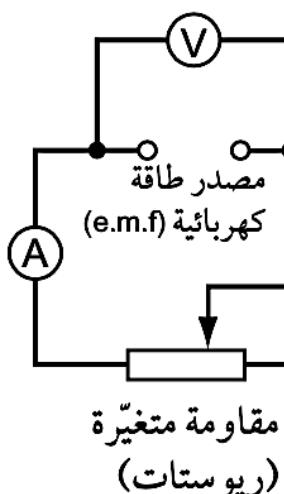
٢٤ بطارية قوتها الدافعة الكهربائية (5.0 V)، ومقاومتها الداخلية (2.0 Ω) متصلة بمقاومة خارجية (8.0 Ω). ارسم مخطط الدائرة، واحسب شدة التيار الكهربائي المارّ في الدائرة الكهربائية.

٢٥ أ. احسب شدة التيار الكهربائي المارّ في كل دائرة في الشكل ٢٤-٣.

ب. احسب فرق الجهد الكهربائي عبر المقاومة الداخلية لكل من الخلتين أيضاً، وفرق الجهد الكهربائي بين طرفي كل منها.

٢٦ أربع خلايا متماثلة وكل منها قوتها الدافعة الكهربائية (1.5 V)، والمقاومة الداخلية لكل منها (0.10 Ω) موصولة جميعاً على التوالي، وصل مع الخلايا الأربع مصباح مقاومته (2.0 Ω). احسب شدة التيار الكهربائي المارّ في المصباح.

استقصاء تأثير ازدياد شدة التيار الكهربائي الخارج من المصدر على فرق الجهد بين طرفيه:



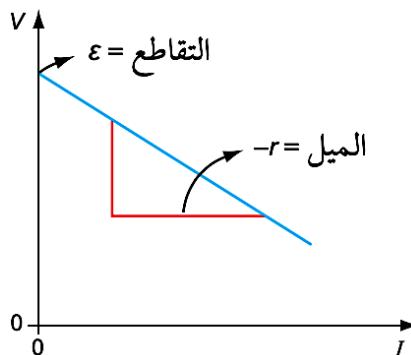
- نوصل الدائرة الموضحة بالشكل المقابل.

- نغير قيم المقاومة المتغيرة.

مع كل قيمة للمقاومة المتغيرة نقيس فرق الجهد بين طرفي المصدر (V) و شدة التيار المتدفق (I).

وفقاً للعلاقة  $\epsilon = I(R + r)$  فإن تقليل المقاومة المتغيرة يزيد التيار المتدفق.

وفقاً للعلاقة  $\epsilon = Ir + V$  فإن زيادة شدة التيار تؤدي إلى انخفاض فرق الجهد بين طرفي المصدر.



- جمع عدة قيم لكل من ( $V, I$ ) نحصل على التمثيل البياني المقابل والذي منه نستطيع حساب كل من ( $\epsilon, r$ ) حيث:
- $\epsilon$  تساوي نقطة تقاطع الخط المستقيم مع محور الصادات.
- $r$  تساوي سالب ميل الخط المستقيم.

(٢٨) يوضح الجدول ٢-٣ نتائج تجربة لتحديد القوة الدافعة الكهربائية لمصدر طاقة ( $\epsilon$ )، والمقاومة الداخلية ( $r$ ). ارسم تمثيلاً بيانيًا مناسباً، واستخدمه لإيجاد ( $\epsilon$ ) و ( $r$ ).

0.98	1.10	1.18	1.33	1.43	$V(V)$
1.00	0.75	0.60	0.30	0.10	$I(A)$

(٢٧) عندما يوضع فولتميتر عالي المقاومة بين طرفي بطارية مباشرةً، تصبح قراءته (3.0 V)، وعندما توصل مقاومة (10 Ω) بين طرفي البطارية تتحفظ قراءة الفولتميتر إلى (2.8 V). استخدم هذه المعلومات لتحديد المقاومة الداخلية للبطارية.

تأثيرات المقاومة الداخلية وفقاً للقانون  $\epsilon = I(R + r)$ :

- أقصى قيمة لشدة التيار المتدفق من المصدر تكون عند تقصير طرفي البطارية وتساوي:  $I_{max} = \frac{\epsilon}{r}$
- يقترب فرق الجهد الكهربائي من مقدار القوة الدافعة الكهربائية عندما تكون المقاومة الخارجية كبيرة جداً.

احسب فرق الجهد الكهربائي بين طرفي البطارية عندما يكون بادئ المحرك قيد التشغيل.

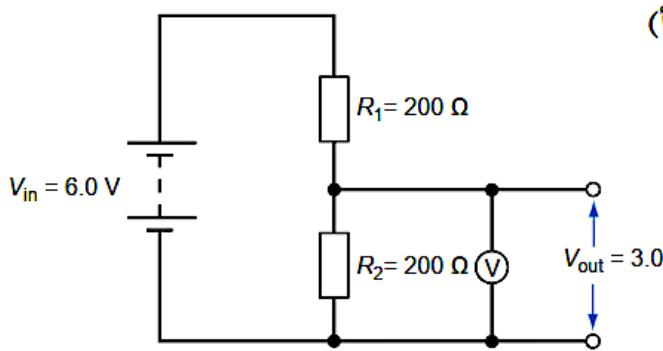
(٢٩) القوة الدافعة الكهربائية لسيارة (12 V)، والمقاومة الداخلية ( $0.04 \Omega$ ). يستهلك بادئ المحرك تياراً كهربائياً شدته (100 A).

### مجزئات الجهد الكهربائي

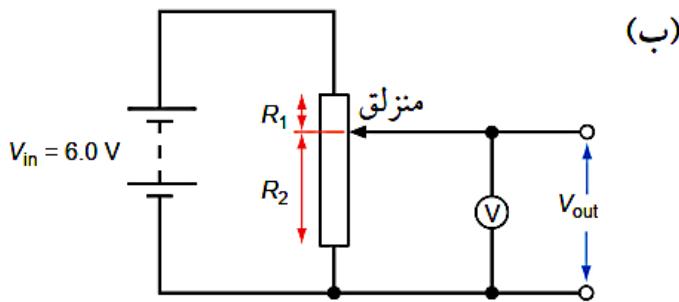
دائرة تقسم فرق الجهد الكهربائي ( $V$ ) للمصدر إلى جزأين، ( $V_1, V_2$ ) بحيث يكون  $V = V_1 + V_2$ .

لنفترض أنك تحتاج إلى فرق جهد مقداره 3 وليس لديك إلا مصدراً واحداً قوته الدافعة الكهربائية  $V = 6$ .

الحل هو أن تستخدم مجذئ جهد يخرج لك فرق جهد 3 V (سنسيمه  $V_{out}$ ) من المصدر الذي قوته الدافعة الكهربائية 6 V (سنسيمه  $V_{in}$ ). (أ)



**الأولى (أ):** استخدم فيها مقاومتين ( $R_1, R_2$ ) متساويتين وبالتالي سيقسم فرق الجهد المصدر بينهما بالتساوي ويكون  $V_{out} = 3 V$ .



وعيب هذه الدائرة أنك لكي تحصل على  $V_{in}$  بقيمة معينة لابد أن يتوفّر لديك مقاومتان بقيمتين معينتين.

**الثانية (ب):** استخدم فيها مقاومة متغيرة وبوضع منزليق الاتصال في منتصفه تحصل على  $V_{out} = 3 V$ .

الشكل ٣-٢٦ دائرتاً مجزئي جهد.

مجذئ الجهد (ب) أكثر فائدة لأنك تستخدم مقاومة متغيرة واحدة وها تستطيع الحصول على أي قيمة لـ  $V_{out}$ .

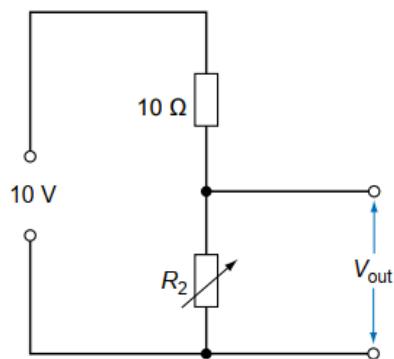
- فعلاً:  $V_{out} = 0 V$  عندما يكون المنزليق في الأسفل.
- و  $V_{out} = 6 V$  عندما يكون المنزليق في الأعلى.
- و  $V_{out} = 2 V$  عندما يكون المنزليق في ثلث المسافة من أسفل إلى أعلى. وهكذا.

معادلة مجذئ الجهد الكهربائي:

$$V_{out} = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \times V_{in}$$

حيث ( $R_2$ ) هي المقاومة التي يكون فرق الجهد بين طرفيها هو ( $V_{out}$ )

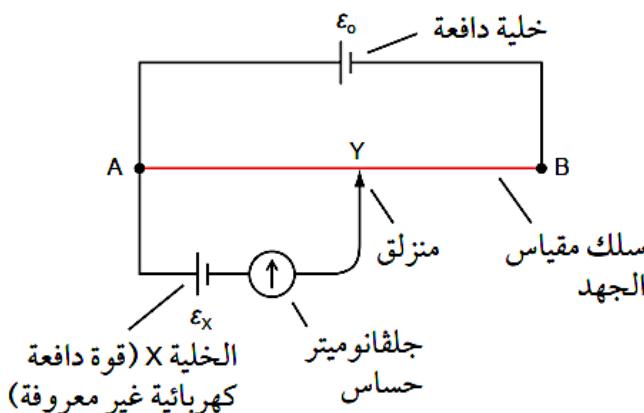
## سؤال



**٣٠** حَدَّ مُدِي ( $V_{out}$ ) لِلْدَائِرَةِ فِي الشَّكْلِ ٢٧-٣ حِيثُ ضُبِّطَتِ الْمَقاوِمَةُ الْمُتَغِيِّرَةُ ( $R_2$ ) حَوْلَ مَدَاهَا الْكَامِلَ مِنْ (٠ Ω) إِلَى (٤٠ Ω). (اَفْتَرَضُ أَنَّ الْمَقاوِمَةَ الدَّاخِلِيَّةَ مُهْمَلَةً لِمَصْدَرِ الْقُوَّةِ الدَّافِعَةِ الْكَهْرَبَائِيَّةِ (١٠ V)).

## دوائر مقياس الجهد الكهربائي

**مقياس الجهد الكهربائي:** هو جهاز يستخدم لمقارنة فروق الجهد الكهربائية.

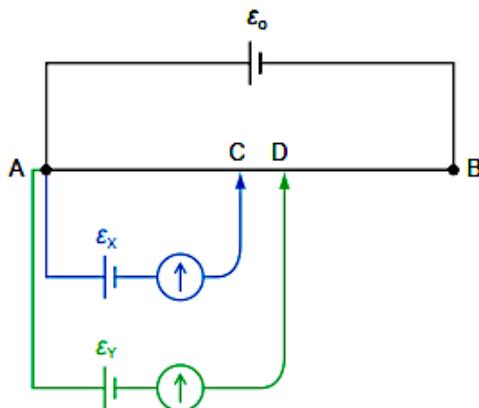


- يتكون مقياس الجهد الكهربائي من سلك مقاومة موصل بخلية دافعة ذات قوة دافعة كهربائية معلومة ( $\epsilon_0$ ). انظر الشكل.
- نوصل الخلية ذات القوة الدافعة الكهربائية المجهولة ( $\epsilon_x$ ) بحيث يوصل طرفيها الموجب مع الطرف الموجب للخلية الدافعة وطرفيها السالب مع الجلفانوميتر الحساس (مثل ميكروأيميت).
- يوصل الطرف الآخر من الجلفانوميتر بمنزلق فلزي يلمس سلك المقاومة.
- مؤشر الجلفانوميتر قد ينحرف يميناً أو يساراً حسب موضع المنزلق على سلك المقاومة.
- هناك نقطة ما (Y) على سلك المقاومة سيكون عندها مؤشر الجلفانوميتر في المنتصف مما يعني عدم مرور تيار كهربائي في الجلفانوميتر (لذا تسمى هذه التقنية بالطريقة الصفرية). وهذا يعني أن فرق الجهد الكهربائي بين طرفي الخلية يساوي القوة الدافعة الكهربائية للخلية. وعند تلك النقطة يكون:

$$\epsilon_x = \frac{AY}{AB} \times \epsilon_0$$

- يمكن اعتبار مقياس الجهد الكهربائي على أنه مجذئ جمد لأن نقطة التلامس Y تقسم سلك المقاومة إلى جزأين، أي ما يكافئ مقاومتين في مجذئ الجهد الكهربائي.
- علمنا أنه عندما يكون مقياس الجهد الكهربائي متزن لا يتدفق أي تيار كهربائي من الخلية ذات القوة الدافعة الكهربائية المجهولة ( $\epsilon_x$ )، وهذا يعني أن فرق الجهد الكهربائي بين طرفي الخلية يساوي القوة الدافعة الكهربائية للخلية. وبالتالي لا يكون للمقاومة الداخلية أي تأثير. وتعد هذه ميزة يتتفوق بها مقياس الجهد الكهربائي على الفولتميتر.

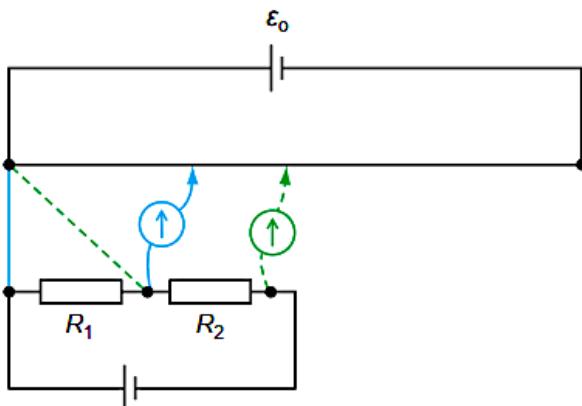
## مقارنة القوة الدافعة الكهربائية على مقياس الجهد الكهربائي



لنفترض أن لدينا خليةان قوتها الدافعة الكهربائية ( $\epsilon_x$ ) و ( $\epsilon_y$ ) ونريد مقارنتها باستخدام مقياس الجهد الكهربائي فإنه عند نقطة الاتزان لكل منها يكون:

$$\frac{\epsilon_x}{\epsilon_y} = \frac{AC}{AD}$$

إذا كانت إحدى الخلايا المستخدمة لها قيمة قوة دافعة كهربائية معروفة بدقة، فيمكن حساب القوة الدافعة الكهربائية الأخرى بدرجة الدقة نفسها.



### مقارنة فروق الجهد الكهربائية

مقياس الجهد الكهربائي الأزرق يقيس فرق الجهد بين طرفي المقاومة  $R_1$ .

مقياس الجهد الكهربائي الأخضر يقيس فرق الجهد بين طرفي المقاومة  $R_2$ .

بتحديد نقطة الاتزان لمؤشر الجلفانوميتر لكل منها نجد أن النسبة بين الطولين هي نفسها النسبة بين فرقي الجهد. وأن المقاومتين يمر بها نفس التيار الكهربائي تكون هي أيضا النسبة بين المقاومتين.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

الجهد الكهربائي لها تقع على مسافة (37.0 cm) من نهاية السلك الذي يتصل به الجلثانومتر. قدر قيمة ( $\epsilon$ )، واشرح السبب في أنه لا يمكن أن يكون إلا تقديرًا. ج. خلية قوتها الدافعة الكهربائية (1.230 V)، ويعطى طول سلك الاتزان لها على مقياس الجهد على مسافة (31.2 cm). استخدم هذه القيمة للحصول على قيمة أكثر دقة لـ ( $\epsilon$ ).

٣١ توصل خلية قوتها الدافعة الكهربائية (4.0 V) بين طرفي سلك مقاومة طوله (1.00 m) لعمل مقياس جهد.

أ. ما فرق الجهد الكهربائي عبر كل (1 cm) من طول السلك؟ وما طول السلك الذي فرق الجهد بين طرفيه (1.0 V)؟

ب. خلية قوتها الدافعة الكهربائية (4) غير معروفة تتصل بمقياس الجهد، فُوجِد أن نقطة الاتزان على مقياس

## 〈 الأنشطة 〉

### نشاط ١-٣ المقاومة، وفرق الجهد الكهربائي، والقوة الدافعة الكهربائية

يمكن استخدام هذا النشاط لمراجعة ما تعلمته في الصفوف السابقة الأمر الذي يساعدك على فهم واستخدام التعريفات الأساسية ووحدات قياسها.

مصطلحات علمية
<b>فرق الجهد الكهربائي</b> (p.d.) : فرق الجهد الكهربائي (V) بين نقطتين A و B. هو الطاقة المنقولة لكل وحدة شحنة في أشياء انتقلت من النقطة A إلى النقطة B.  <b>القوة الدافعة الكهربائية</b> (emf) : الطاقة المنقولة لكل وحدة شحنة لدفع الشحنة الكهربائية في الدائرة الكاملة.

A s
V A <sup>-1</sup>
J C <sup>-1</sup>
J S <sup>-1</sup>

القوة الدافعة الكهربائية
الشحنة الكهربائية
المقاومة
القدرة الكهربائية

١. أ. اذكر أحد أوجه التشابه بين فرق الجهد الكهربائي والقوة الدافعة الكهربائية.

.....

ب. اذكر فرقاً واحداً بين فرق الجهد الكهربائي والقوة الدافعة الكهربائية.

.....

٢. صِل كل كمية في العمود الأيمن بوحدة القياس المناسبة لها في العمود الأيسر:

أ. اذكر المصطلح العلمي لكل مما يأتي:

أ. «كمية الطاقة المنقولة من مصدر ما إلى طاقة كهربائية لكل وحدة شحنة كهربائية».

.....

ب . «كمية الطاقة المنقولة من الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية لكل وحدة شحنة كهربائية».

.....

ج. «معدل تدفق الشحنة الكهربائية عبر نقطة في دائرة».

.....

د. «جول واحد من الطاقة لكل كيلومتر من الشحنة».

.....

ه. «فولت لكل أمبير».

.....

٤. لديك الكميات الكهربائية الأربع الآتية:

الشحنة الكهربائية - شدة التيار الكهربائي - فرق الجهد الكهربائي - المقاومة

حدّد أيّ كمية من الكميات في هذه القائمة تطبق عليها العبارة المناسبة مما يأتي:

أ. يمكن قياسها بالجول لكل كولوم.

ب. تساوي حاصل ضرب كميتين آخريين في القائمة.

ج. تساوي معدل التغير لكمية أخرى في القائمة.

د. كمية أساسية في النظام الدولي للوحدات (SI).

هـ. كمية مكممة (مدارها يساوي فقط مضاعفات من قيمة معينة).

٥. بيّن أنّ وحدة القياس ( $\Omega$ ) تكافئ  $C^{-2} s$ .

٦. أربع خلايا كهربائية لكل منها قوة دافعة كهربائية (1.5 V)، وكل واحدة منها موصلة مع الأخرى بحيث تكون معاً بطارية (3.0 V) موصلة مع مصباح ذو فتيل ومفتاح. ارسم مخطط الدائرة الكهربائية، تأكّد من استخدام جميع الخلايا الكهربائية الأربع مع العلم أن إجمالي القوة الدافعة الكهربائية للبطارية تساوي فقط (3.0 V).

### مصطلحات علمية

**مكممة** : quantised

يُقال إن الكمية مكممة عندما يكون لها حد أدنى من المقدار وتكون دائماً بمضاعفات من هذا المقدار.

### مصطلحات علمية

المقاومة :Resistance

نسبة فرق الجهد الكهربائي بين طرفي مكون كهربائي إلى شدة التيار الكهربائي في المكون.

٧. لديك مقاومة، ومصدر جهد كهربائي، وأمبير، وفولتميتر.

أ. اذكر القياسات التي يجب إجراؤها للحصول على مقدار المقاومة.

ب. ارسم مخطط دائرة كهربائية لأداء التجربة.

ج. اذكر ما إذا وجب أن تكون مقاومة كل من الفولتميتر والأمبير المستخدمين في دائرتك منخفضة أم عالية. مقدار المقاومة المستخدمة هي ما يقارب بضعة أومات.

د. لماذا يجب أن يكون للفولتميتر قيمة المقاومة التي اخترتها في الجزئية (ج)؟ اشرح إجابتك.

٨. شدة التيار الكهربائي المار في مقاومة ما تساوي (0.80 A) عندما يكون فرق الجهد بين طرفيها (12 V).

أ. احسب مقدار المقاومة.

ب. احسب فرق الجهد الكهربائي اللازم لإنتاج تيار كهربائي شدته (1.2 A).

## نشاط ٢-٣ التيار الكهربائي والشحنة الكهربائية

### مصطلحات علمية

**الشحنة الكهربائية الأولية**: Elementary charge  
 أصغر وحدة شحنة يمكن أن يمتلكها جسيم أو جسم ما،  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

يمنحك هذا النشاط تدريجياً على حساب شدة التيار الكهربائي ومقدار الشحنة الكهربائية.

غالباً ما تُقاس شدة التيار الكهربائي بالـ  $\text{mA}$  ( $10^{-3} \text{ A}$ ) وبالـ  $\mu\text{A}$  ( $10^{-6} \text{ A}$ ). تحتاج إلى استخدام الأسس الصحيح للرقم 10 مع البادئة الواردة في السؤال. قد تتضمن بعض المعادلات الزمن والذى يجب قياسه بالثانية. ستحتاج إلى استخدام الشحنة الكهربائية الأولية:  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ . شحنة الإلكترون هي ( $e$ ).

١. ما الفرق بين اتجاه تدفق الإلكترونات في دائرة كهربائية ما واتجاه التيار الأصطلاحى؟
- .....  
.....

٢. أ. اشرح المقصود بشدة التيار الكهربائي في موصل ما.
- .....  
.....

- ب. الشحنة الكهربائية التي تمر عبر مثقب كهربائي في كل دقيقة هي (360 C). احسب شدة التيار الكهربائي.
- .....  
.....

- ج. تيار كهربائي شدته ( $250 \mu\text{A}$ ) يمر عبر مصباح ما لمدة ثلاثة دقائق. احسب الشحنة الكهربائية التي تدفقت عبر المصباح خلال هذا الزمن.
- .....  
.....

٣. تيار كهربائي شدته ( $5.0 \text{ mA}$ ) يتذبذب عبر مقاومة لمدة 12 دقيقة.
- أ. احسب مقدار الشحنة الكهربائية التي تمرّ عبر المقاومة خلال هذا الزمن.
- .....  
.....

- ب. احسب عدد الإلكترونات التي تتدفق عبر المقاومة خلال هذا الزمن.
- .....  
.....

### مهم

تأكد من أنك تعرف البادئات الميكرو ( $10^{-6}$ ) والملي ( $10^{-3}$ ).

ج. احسب الزمن اللازم لمرور شحنة كهربائية مقدارها (2.0 C) عبر المقاومة.

.....  
.....

٤. يقطع 100 إلكترون نقطة معينة في سلك ما خلال زمن مقداره ( $5.0 \times 10^{-9}$  s).

أ. احسب الشحنة الكهربائية التي اجتازت النقطة خلال هذا الزمن.

.....  
.....

ب. احسب شدة التيار الكهربائي في السلك.

.....  
.....

ج. اشرح: لماذا تكون الشحنة الكهربائية التي اجتازت النقطة مساوية

لمضاعفات الشحنة ( $1.6 \times 10^{-19}$  C)؟

.....  
.....

٥. احسب عدد الإلكترونات في حزمة من الإلكترونات تصطدم بشاشة راسم

الاهتزازات كل ثانية عندما تكون شدة تيار الحزمة (1.0 mA).

.....  
.....

### نشاط ٣-٣ حاملات الشحنات الكهربائية

في هذا النشاط سيعين عليك التفكير في المعادلة  $I = nAvq$  واستخدامها، حيث أن الشحنة الكهربائية الأولية  $C = 1.6 \times 10^{-19}$  هي قيمة ( $q$ ).

أ. يتم إعطاء شدة التيار الكهربائي ( $I$ ) في موصل فلزي ما ذي مقطع عرضي مساحته ( $A$ ) بالصيغة  $I = nAvq$ .

أ. ما دلالة الرموز ( $n$ ) و ( $q$ ) و ( $v$ )؟

.....  
.....

**مصطلحات علمية****حامل الشحنة الكهربائية**

**Charge carrier**: جسيم مشحون يُسهم في التيار الكهربائي؛ وقد يكون هذا الجسيم إلكتروناً أو بروتوناً أو أيوناً.

**ب. باستخدام الرموز ( $n$ ) و ( $V$ ) و ( $A$ ) و ( $q$ ) جد:****١. عدد حاملات الشحنة الكهربائية في سلك بطول ( $l$ )**

.....

.....

**٢. إجمالي الشحنة الكهربائية على جميع حاملات الشحنة الكهربائية في السلك.**

.....

.....

**٣. الزمن الذي تستغرقه حاملات الشحنة الكهربائية في السلك للانتقال من طرف إلى آخر.**

.....

.....

**٤. شدة التيار الكهربائي في السلك.**

.....

.....

**ج. قطعة من فلز وقطعة من عازل بلاستيكي لكل منهما الأبعاد نفسها وفرق الجهد نفسه بين طرفيهما. اشرح كيف تؤثر القيم النسبية لـ ( $n$ ) للفلز ولل بلاستيك على شدة التيار الكهربائي في كل منهما.**

.....

.....

.....

**٤. قم بتسمية حاملات الشحنة الكهربائية المسئولة عن شدة التيار الكهربائي في:****أ. فلز ما.**

.....

**ب. محلول ملحي موصل للكهرباء.**

.....

**٥. عندما يتتدفق تيار كهربائي شدته ( $2.0\text{ A}$ ) عبر قطعة من سلك مساحة مقطعيه العرضي ( $1.0 \times 10^{-6}\text{ m}^2$ ), فإن **متوسط السرعة المتجهة الانجرافية للإلكترونات** هي ( $2.5 \times 10^{-4}\text{ m s}^{-1}$ ).****مصطلحات علمية****متوسط السرعة****المتجهة الانجرافية****:Mean drift velocity**

متوسط سرعة مجموعة

من الجسيمات المشحونة

عند مرور تيار كهربائي

في موصل.

أ. احسب عدد الإلكترونات الحرة لكل وحدة حجم من المادة. كن دقيقاً في إعطاء وحدة ( $n$ ) بشكل صحيح.

.....

.....

ب. اذكر ما سيحدث للسرعة المتجهة الانجراافية إذا انخفضت شدة التيار الكهربائي إلى النصف.

.....

.....

ج. اذكر ما سيحدث للسرعة المتجهة الانجراافية إذا تضاعف قطر السلك ولم تغير شدة التيار الكهربائي (فكّر في ما سيحدث لمساحة إذا تضاعف القطر).

.....

.....

٤. سلك من الألمنيوم مساحة مقطعه العرضي  $(5.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2)$  وطوله  $(5.0 \text{ m})$  يحتوي على  $(3.6 \times 10^{23})$  ذرة، حيث تُسمم كل ذرة بثلاثة إلكترونات حرة في السلك.

أ. احسب عدد الإلكترونات الحرة لكل وحدة حجم في سلك الألمنيوم.

.....

.....

ب. إذا كان السلك يحمل تياراً كهربائياً شدته  $(5.0 \text{ A})$ ، فاحسب متوسط السرعة المتجهة الانجراافية للإلكترونات.

.....

.....

٥. سلك مساحة مقطعه العرضي  $(1.8 \times 10^{-7} \text{ m}^2)$  يحتوي على  $(8.0 \times 10^{28})$  إلكتروناً حرّاً لكل  $\text{m}^3$ . متوسط السرعة المتجهة الانجراافية للإلكترونات في السلك هو  $(8.7 \times 10^{-4} \text{ m s}^{-1})$ .

أ. احسب شدة التيار الكهربائي المارّ في السلك.

.....

.....

ب. احسب الزمن الذي يستغرقه إلكترون حرّ في السلك للانتقال من طرف إلى آخر إذا كان طول السلك (5.0 m).

.....

ج. احسب عدد الإلكترونات الحرة في السلك.

.....

د. ينقل السلك تياراً كهربائياً إلى محرك كهربائي. اشرح سبب عدم وجود تأخير زمني في بدء تشغيل المحرك عند مرور التيار الكهربائي.

.....

.....

٦. سلكان P و Q مصنوعان من المادة نفسها لكن بقطرين مختلفين تم توصيلهما على التوالي مع مصدر جهد كهربائي.

أ. أيّ من الكميات في المعادلة  $I = nAvq$  تكون هي نفسها لكلا السلكين؟

.....

ب. مساحة المقطع العرضي لـ P هي ضعف مساحة المقطع العرضي لـ Q. احسب النسبة ( $v_P : v_Q$ ).

.....

### نشاط ٣-٤ المقاومة النوعية والمقاومة: الأساسيات

يساعدك هذا النشاط على التفكير في العلاقة بين المقاومة والطول والمساحة، والاختلاف بين المقاومة والمقاومة النوعية. يمكن إجراء بعض الحسابات البسيطة فقط من خلال معرفة أن المقاومة تتاسب طردياً مع الطول ولكنها تتاسب عكسياً مع مساحة المقطع العرضي. لمساعدتك في استخدام الوحدة الصحيحة للمقاومة النوعية ووحدات الكميات الكهربائية الأخرى، سوف تتدرب على تحويل الوحدات إلى وحدات النظام الدولي الأساسية.

١. أ. اكتب المعادلة лексическая التي تعريف المقاومة النوعية لمادة ما.

.....

ب. اشرح الفرق بين المقاومة والمقاومة النوعية.

.....

.....

#### مصطلاحات علمية

##### المقاومة النوعية

**Resistivity:** خاصية

للمادة وهي مقاييس

ل مقاومتها الكهربائية

المعرفة بالمعادلة:

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

ج. لماذا تعتبر المقاومة النوعية خاصية للمادة التي يتكون منها السلك في حين أن المقاومة لكل وحدة طول من سلك ما ليست كذلك؟ اشرح إجابتك.

.....  
.....  
.....

٢. يكتب طالب بصورة خاطئة وحدة المقاومة النوعية على أنها  $\Omega/m$ .  
أ. اذكر وحدة (SI) الصحيحة لـ المقاومة النوعية.

.....

مهم
قم أولاً بتبديل $V$ إلى $C^{-1} J$ , $C = A s$ ثم استخدم $J = N m$ وأخيراً استخدم $N = kg m s^{-2}$ .

ب. عُبر عن وحدة قياس المقاومة النوعية بدلالة الوحدات في نظام (SI):  $V$  و  $A$  (تحتاج لتغيير  $\Omega$  إلى وحدة بدلالة كل من  $V$  و  $A$ ).

.....

ج. عُبر عن وحدة المقاومة النوعية بدلالة الوحدات الأساسية لنظام الدولى للوحدات  $kg$  و  $m$  و  $s$  و  $A$ .

.....

٣. صِف طريقة لتحديد بشكل مضبوط المقاومة النوعية لسلك فلزي باستخدام الأدوات والأجهزة الآتية: بطارية ومفتاح ومقاومة متغيرة وأميتر وفولتميتر.  
يجب أن تتضمن طريقة قراءات لأطوال مختلفة، ورسم تمثيل بياني واستخدام ميل المنحنى.

يجب أن يتضمن وصفك ما يلي:

- رسم تخطيطي للدائرة الكهربائية.
- الكميات التي سيتم قياسها والأدوات المستخدمة.
- رسم التمثيل البياني.
- كيفية استخدام الميل.

القياس الذي يحتمل أن يكون له أكبر نسبة عدم يقين إذا تم استخدام جهاز المدرسة العادي وسلك رفيع.

- إجراء احترازي لجعل درجة حرارة السلك ثابتة لجميع القراءات وإجراء آخر لزيادة ضبط النتيجة.

.....  
.....  
.....



### مهم

يمكن إجراء هذه الحسابات ببساطة باستخدام فكرة أن المقاومة تتناسب طردياً مع طول السلك، وعكسياً مع مساحة المقطع العرضي له.

٤. لديك سلك طوله (20 m) ومساحة مقطعه العرضي ( $10^{-8} \text{ m}^2$ ) و مقاومته ( $\Omega$ ) (200)، والعديد من الأسلاك الأخرى مصنوعة من المادة نفسها ولكن بأبعاد مختلفة.

في كل حالة مما يأتي، احسب مقاومة السلك.

أ. الطول = 40 m، مساحة المقطع العرضي =  $10^{-8} \text{ m}^2$

.....  
.....

ب. الطول = 20 m، مساحة المقطع العرضي =  $2 \times 10^{-8} \text{ m}^2$

.....  
.....

ج. الطول = 100 m، مساحة المقطع العرضي =  $5 \times 10^{-8} \text{ m}^2$

.....  
.....

٥. احسب المقاومة النوعية لسلك طول مقاومته (60  $\Omega$ ) ومساحة مقطعه العرضي . (20 m) ( $2.0 \times 10^{-8} \text{ m}^2$ )

.....  
.....

٦. احسب طول سلك مقاومته (1000  $\Omega$ ) إذا كانت مساحة مقطعه العرضي . ( $1.0 \times 10^{-6} \text{ m} \times 10^{-8} \text{ m}^2$ ) وكانت المقاومة النوعية للمادة (1.0  $\times 10^{-7} \Omega \text{ m}$ )

.....  
.....

٧. سلك طوله (2.0 m) و مقاومته (50  $\Omega$ ).  
أ. احسب مساحة المقطع العرضي للسلك إذا كان مصنوعاً من مادة مقاومتها النوعية ( $5 \times 10^{-7} \Omega \text{ m}$ ).

.....  
.....

ب. احسب نصف قطر السلك.

.....  
.....

### نشاط ٣-٥ المقاومة النوعية والمقاومة: مسائل متقدمة

يمنحك هذا النشاط تدريجياً في التعامل مع بعض الأمثلة الصعبة حيث يتعين عليك استخدام المعادلة:  $R = \frac{\rho L}{A}$ .

الكميات ليست جميعها بالوحدات الدولية - على سبيل المثال المقاومة النوعية بوحدة  $\Omega m$  والطول بالـ cm - لذا تأكّد من تحويلها بحيث تكون متجانسة.

١. القلب الأسطواني لقلم رصاص مصنوع من مادة مقاومتها النوعية  $(5.0 \times 10^{-3} \Omega m)$ . يبلغ طول القلب الأسطواني (15 cm) وقطره (0.20 cm).

أ. احسب مقاومة القلب الأسطواني (بما أن المقاومة النوعية معطاة بوحدة  $\Omega m$ ، استخدم وحدة المتر، وحول الطول والقطر بوحدة متر قبل استخدام المعادلة).

.....

.....

ب. حدد كيفية استخدام مقاومة القلب الأسطواني للحصول على سمك (t) لخط عرضه (w) وطوله (l) مرسوماً بواسطة قلم رصاص على قطعة من الورق (استخدم قلم رصاص ذا خط رفيع. اكتب المعادلات باستخدام (w) و (t) بدلاً من (A) وأعد ترتيب المعادلات لإيجاد (t)).

.....

.....

٢. يتم تحويل عينة من معجون موصل إلى أسطوانة طولها (8 cm)، ونصف قطرها (1.5 cm)، والمقاومة النوعية للمعجون تساوي  $(4.0 \times 10^{-3} \Omega m)$ . أ. احسب مقاومة الأسطوانة.

.....

.....

ب. يتم تحويل عينة المعجون لأسطوانة قطرها يساوي نصف القطر السابق، وطولها يساوي أربعة أضعاف الطول السابق. احسب مقدار المقاومة في هذه الحالة.

.....

.....

٣. سلك مصنوع من القصدير مساحة مقطعه العرضي ( $7.8 \times 10^{-8} \text{ m}^2$ ), والمقاومة النوعية للقصدير ( $\Omega = 1.2 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$ ).

أ. احسب الحد الأدنى لطول السلك اللازم حتى تكون شدة التيار الكهربائي في السلك أصغر من (3.0 A) عندما يكون فرق الجهد الكهربائي بين طرفي السلك (2.0 V).

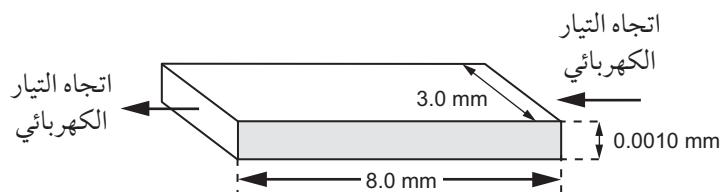
.....  
.....

ب. سلك آخر مصنوع من القصدير له حجم السلك الأول نفسه ولكنه أطول، وله فرق الجهد الكهربائي بين طرفي السلك الآخر أيضاً (2.0 V). أكمل الجدول ١-٣اً موضحاً ما إذا كانت الكمية المحددة أصغر أم أكبر أم مساوية بالنسبة إلى السلك الأول:

الكمية بالنسبة إلى السلك الأول:	الكمية
مساحة المقطع العرضي	
المقاومة	
المقاومة النوعية	
شدة التيار الكهربائي	
القدرة الناتجة	

الجدول ١-٣ : للسؤال ٣ ب.

٤. يوضح الشكل ١-٣ غشاءً رقيقاً من الكربون يستخدم كمقاومة:



الشكل ١-٣ : للسؤال ٤. غشاء رقيق من الكربون يُستخدم كمقاومة.

- أ. إذا علمت أن المقاومة النوعية للكربون تساوي ( $5.0 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ ), فاحسب مقاومة الغشاء الرقيق.
- .....  
.....

- ب. يتم تغيير اتجاه التيار بحيث يدخل التيار الكهربائي من الوجه العلوي للغشاء ويخرج من وجهه السفلي. احسب مقاومة الغشاء.
- .....  
.....

٥. المنصهر الذي يتم تركيبه في قابس ثلاثي الدبابيس مكون من قطعة من سلك المنصهر بمقاومة ( $\Omega$ ) 0.20، وبلغ طول السلك (15 mm)، ومقاومته النوعية (1.45  $\times 10^{-6} \Omega m$ ). احسب قطر سلك المنصهر.
- .....  
.....

٦. سلكان A و B موصلان على التوازي. يُطبّق فرق الجهد الكهربائي نفسه عبر كل سلك. يعرض الجدول ٢-٣ بعض البيانات حول السلكين:

مهم
أعد كتابة المعادلة واجعل $\rho$ القيمة المجهولة، ثم عوّض بالأعداد.

السلك B	السلك A	
$2\rho$	$\rho$	المقاومة النوعية للفلز
$\frac{1}{2} l$	$l$	الطول
$2r$	$r$	نصف القطر

الجدول ٢-٣: بيانات للسؤال ٦.

أ. باستخدام معادلة المساحة  $= \pi r^2$  احسب نسبة:

مساحة المقطع العرضي للسلك A : مساحة المقطع العرضي للسلك B

.....  
.....

ب. باستخدام الصيغة  $R = \frac{\rho l}{A}$  احسب نسبة:

مقاومة السلك A : مقاومة السلك B

.....  
.....

ج. احسب نسبة:

شدة التيار الكهربائي في السلك A : شدة التيار الكهربائي في السلك B

.....  
.....

### مصطلحات علمية

**حفظ الشحنة الكهربائية**  
: Conservation of charge

لا يمكن استحداث شحنة كهربائية أو إفاؤها.

### نشاط ٦-٣ قانون كيرشوف

يخبر هذا النشاط فهمك لقانوني كيرشوف وكيفية ارتباطها بـ **حفظ الشحنة الكهربائية وحفظ الطاقة**.

١. اذكر نصي قانوني كيرشوف الأول والثاني.

.....  
.....  
.....

٢. من خلال الكميات الآتية:

الشحنة الكهربائية، القوة الدافعة الكهربائية، الطاقة، فرق الجهد الكهربائي، الزمن.

اذكر الكمية المحفوظة من القائمة أعلاه في:

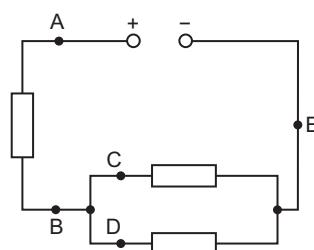
أ. قانون كيرشوف الأول.

.....

ب. قانون كيرشوف الثاني.

.....

٣. يوضح الشكل ٢-٣ دائرة كهربائية.



الشكل ٢-٣: للسؤال ٣. دائرة كهربائية.

شدة التيار الكهربائي عند النقطة A تساوي (6.0 A)، وشدة التيار الكهربائي عند النقطة C تساوي (1.0 A).

أ. احسب الشحنة الكهربائية التي تتدفق عبر النقطة A في (10 s).

.....  
.....

ب. لماذا تكون شدة التيار الكهربائي عند النقطة B هي نفسها عند النقطة A؟ اشرح إجابتك.

.....  
.....  
.....

### مصطلحات علمية

**قانون كيرشوف الأول**  
Kirchhoff's first law: مجموع التيارات الكهربائية الداخلة إلى أي نقطة في دائرة ما يساوي مجموع التيارات الكهربائية الخارجة من تلك النقطة.

ج. باستخدام قانون كيرشوف الأول، احسب شدة التيار الكهربائي عند النقطة D.

.....  
.....  
.....

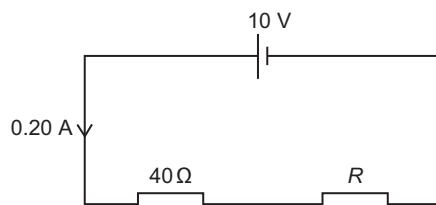
د. باستخدام قانون كيرشوف الأول، احسب شدة التيار الكهربائي عند النقطة E.

.....  
.....  
.....

هـ. اشرح سبب اختلاف شدة التيار الكهربائي عند النقطة C عن شدة التيار الكهربائي عند النقطة D.

.....  
.....  
.....

٤. يوضح الشكل ٣-٣ دائرة كهربائية، فرق الجهد الكهربائي بين طرفي المقاومة (40 Ω) يساوي (8.0 V). تعمل الدائرة الكهربائية خلال مدة (10 s).



الشكل ٣-٣: للسؤال ٤. دائرة كهربائية.

أ. احسب مقدار الشحنة الكهربائية التي تمرّ عبر الخلية الكهربائية خلال هذه المدة.

.....  
.....  
.....

بـ. احسب الطاقة التي أنتجتها الخلية الكهربائية.

.....  
.....  
.....

ج. احسب فرق الجهد عبر المقاومة ( $R$ ).

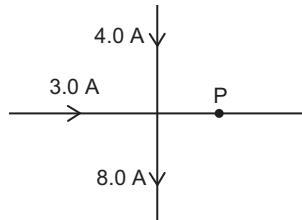
.....  
.....

د. وضح كيف أن قانون كيرشوف الثاني هو نتيجة حفظ الطاقة في هذه الدائرة الكهربائية. استخدم قيم الطاقة التي حسبتها.

.....  
.....

مصطلحات علمية
<b>قانون كيرشوف الثاني</b> <b>Kirchhoff's seond law</b> مجموع القوى الدافعة الكهربائية في أي مسار مغلق في دائرة ما يساوي مجموع فروق الجهد الكهربائية في ذلك المسار.

٥. يوضح الشكل ٣-٤ تيارات داخلة وخارجية من نقطة تقاطع بين الأسلام.



الشكل ٣-٤: للسؤال ٥. تيارات كهربائية داخلة وخارجية من نقطة معينة.

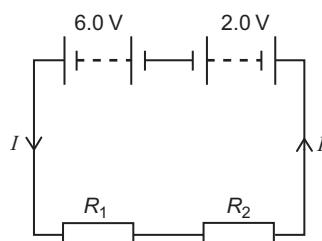
أ. احسب شدة التيار الكهربائي واتجاهه عند النقطة P.

.....  
.....

ب. اشرح إجابتك على الجزئية (أ) من حيث الشحنات الكهربائية التي تتدفق في (1.0 s).

.....  
.....

٦. يوضح الشكل ٣-٥ دائرة كهربائية ووصلت بها بطاريتان مقاومتهما الداخلية مهملة.



الشكل ٣-٥: للسؤال ٦. دائرة كهربائية.

لاحظ أن البطاريتين موصلتان في اتجاه معاكس إحداهم للآخر.

أ. جد مجموع القوتين الدافعتين الكهربائيتين في الدائرة الكهربائية.

.....

.....

ب. احسب فرق الجهد بين طرفي المقاومة ( $R_2$ ) إذا علمت أن فرق الجهد بين طرفي المقاومة ( $R_1$ ) يساوي (1.0 V).

.....

.....

ج. اشرح: لماذا يكون اتجاه التيار الكهربائي في الاتجاه الموضح؟

.....

.....

د. تتدفق شحنة كهربائية مقدارها (1.0 C) في الدائرة الكهربائية. اذكر تحول الطاقة الذي يحدث في:

١. البطارية (6.0 V)

٢. البطارية (2.0 V)

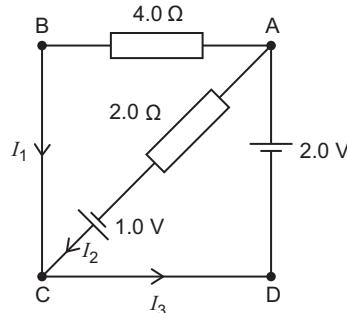
٣. المقاومة ( $R_1$ )

## نشاط ٧-٣ تطبيق قانون كيرشوف الثاني على دوائر كهربائية

في هذا النشاط ستطبق قانون كيرشوف الثاني على دوائر كهربائية. تأكد من أنك تفهم المقصود بإجمالي القوى الدافعة الكهربائية في حلقة مغلقة.

في بعض الأحيان يتغير عليك جمع القوى الدافعة الكهربائية، وأحياناً طرحها من بعض.

١. في الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل ٦-٣ هناك ثلاثة مسارات يمكن تحديدها لتطبيق قانون كيرشوف الثاني. الخلية الكهربائية مقاومتها الداخلية مهملة.



الشكل ٦-٣: للسؤال ١ . دائرة كهربائية.

- أ. إحدى المسارات المغلقة هي ABCDA. اذكر المسارين المغلقين الآخرين.
- .....

- ب. احسب إجمالي القوى الدافعة الكهربائية في كل مسار من المسارات الثلاثة

المغلقة:

اختر اتجاهًا لمتابعة اتجاه التيار الكهربائي في مسار مغلق.

إذا كانت هناك خلية في مسار مغلق ما فأنت بحاجة إما إلى جمع قيمتي القوى الدافعتين الكهربائيتين أو إلى طرحهما. أضف قيم القوى الدافعتين الكهربائيتين إذا كانت كلتا الخلية بمفردهما تنتج تيارًا كهربائيًا في اتجاه المسار المغلق. اطرح القوة الدافعة الكهربائية إذا كانت الخلية الكهربائية تنتج تيارًا في الاتجاه المعاكس ل流向 التيار الكهربائي الذي رسمته في هذا المسار المغلق.

.....

.....

- ج. اكتب معادلات مماثلة باستخدام قانون كيرشوف الثاني لكل من المسارين المغلقين.
- .....
- .....

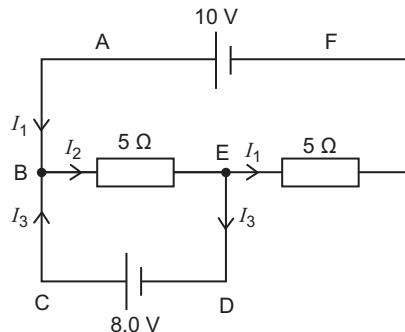
- د. نحصل من قانون كيرشوف الثاني للمسار المغلق ABCDA على المعادلة  $(2.0 = 4.0I_1)$ ، حيث  $(I_1)$  هو شدة التيار الكهربائي في المقاومة ( $4.0 \Omega$ ).

ونحصل من قانون كيرشوف الثاني للمسار المغلق ACDA على المعادلة  $(1) - 2I_1 = 2I_2$ ، حيث  $(I_2)$  هي شدة التيار الكهربائي في  $(\Omega)$ .

١٠. حل المعادلتين لإيجاد قيمة كل من  $(I_1)$  و  $(I_2)$ .

٢. اكتب المعادلة التي تربط بين  $(I_1)$ ، و  $(I_2)$ ، و  $(I_3)$ .

٢- يوضح الشكل ٧-٣ دائرة كهربائية بها خليتان كهربائيتان مقاومتهما الداخلية مهملة.



الشكل ٣-٧: للسؤال ٢. دائرة كهربائية.

- أ. اكتب المعادلة التي تربط بين  $(I_1)$ ، و  $(I_2)$ ، و  $(I_3)$ .

.....

ب. اكتب المعادلة مستخدماً قانون كيرشوف الثاني في المسار المغلق CBEDC.

.....

ج. اكتب معادلة مستخدماً قانون كيرشوف الثاني في المسار المغلق ABEFA.

.....

د. احسب قيم كل من  $(I_1)$ ، و  $(I_2)$ ، و  $(I_3)$ .

.....

هـ. اكتب معادلة مستخدماً قانون كيرشوف الثاني في المسار المغلق ABCDEFA.

.....

٣. بطارية ذات قوة دافعة كهربائية (8.0 V)، ومقاومة (3.0  $\Omega$ )، وصلتا على التوالي مع بطارية ذات قوة دافعة كهربائية (4.0 V)، ومقاومة (1.0  $\Omega$ ). جميع المكونات موصولة على التوالي. يمكن عكس اتجاه توصيل إحدى البطاريتين في الدائرة.

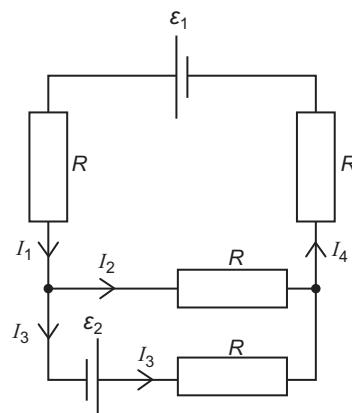
أ. احسب الحد الأقصى والحد الأدنى لمجموع القوى الدافعة الكهربائية في الدائرة الكهربائية.

.....  
.....

ب. احسب الحد الأقصى والحد الأدنى لشدة التيار الكهربائي في الدائرة الكهربائية.

.....  
.....

٤. وصلت أربع مقاومات ( $R$ ) كما هو موضح في الشكل ٨-٣. وبها ثلاثة مسارات مغلقة؛ حيث يتضمن المسار المغلق العلوي ( $\epsilon_1$ )، وثلاث مقاومات، بينما يحتوي المسار المغلق السفلي على ( $\epsilon_2$ )، ومقادمتين.



الشكل ٨-٣: للسؤال ٤. دائرة كهربائية.

أ. اكتب المعادلة التي تربط بين كل من ( $I_1$ ), و ( $I_2$ ), و ( $I_3$ ).

.....

ب. لماذا  $I_1 = 2I_4$ ? اشرح إجابتك.

.....  
.....

ج. اكتب المعادلة التي تربط بين كل من ( $\epsilon_1$ ), و ( $R$ ), و ( $I_1$ ), و ( $I_2$ ), و ( $I_4$ ) باستخدام المسار المغلق العلوي.

.....

د. اكتب المعادلة التي تربط بين الكميات  $(E_2)$ ، و  $(R)$ ، و  $(I_2)$ ، و  $(I_3)$  باستخدام المسار المغلق السفلي. الاتجاه الموجب للقوة الدافعة الكهربائية هو عكس اتجاه عقارب الساعة («اتجاه  $E_2$ ») لذلك بالنسبة إلى المقاومة حيث يكون اتجاه التيار الكهربائي في اتجاه عقارب الساعة، فإن  $(IR)$  ستكون سالبة.

.....

هـ. اكتب المعادلة التي تربط بين الكميات  $(E_1)$ ، و  $(E_2)$ ، و  $(R)$ ، و  $(I_1)$ ، و  $(I_3)$  باستخدام المسار الخارجي. خذ الاتجاه الموجب عكس اتجاه عقارب الساعة بحيث يكون كل من  $(E_1)$  و  $(E_2)$  موجبين في هذا الاتجاه.

.....

### نشاط ٨-٣ القوة الدافعة الكهربائية والمقاومة الداخلية

يعزّز هذا النشاط فهمك للاختلافات وال العلاقات بين القوة الدافعة الكهربائية، وفرق الجهد الكهربائي، والتيار الكهربائي، والمقاومة الداخلية.

أ. تطبق المعادلة  $Ir + V = E$  على خلية كهربائية ذات قوة دافعة كهربائية  $(E)$ ، و مقاومة داخلية  $(r)$ .

أ. صِف كل كمية على أنها فرق جهد كهربائي، وأكمل الجدول الآتي:

القوة الدافعة الكهربائية ل الخلية كهربائية ما - فرق الجهد عبر الخلية	$E$
	$V$
	$Ir$

بـ. صِف كل كمية باستخدام أفكار حول الطاقة، وأكمل الجدول الآتي:

الطاقة الكهربائية المكتسبة لكل وحدة شحنة كهربائية في الخلية.	$E$
	$V$
	$Ir$

٢. الخلايا الكهربائية في الواقع لها مقاومة داخلية.

- أ. اذكر حالة تكون فيها القوة الدافعة الكهربائية (٤) للخلية الكهربائية تساوي فرق الجهد الكهربائي بين طرفي المصدر (٧).
- .....

ب. عند الاستخدام، تكون (٤) أكبر من (٧). اشرح السبب.

.....

### مصطلحات علمية

**فرق الجهد بين طرفي**

المصدر Terminal

: potential difference

هو فرق الجهد الكهربائي  
بين طرفي المصدر  
والذي يعتمد على شدة  
التيار الكهربائي المتدفق  
من المصدر.

ج. من الممكن أن تكون  $Ir = 4$  وأن  $V = 7$ . اشرح كيف يتم ذلك.

.....

٣. يقرأ ڤولتميتر عالي المقاومة الموصل بمفرده بين طرفي البطارية (6.0 V)،  
وعند توصيل مقاومة مقدارها ( $\Omega$ ) 12 بين طرفي البطارية، نجد أن فرق الجهد  
الكهربائي ينخفض إلى (4.0 V).

أ. ما قيمة القوة الدافعة الكهربائية للبطارية؟

.....

ب. اشرح سبب عدم وجود فرق جهد بين طرفي المقاومة الداخلية للبطارية  
عندما تكون قراءة ڤولتميتر (6.0 V).

.....

ج. ما قيمة فرق الجهد الكهربائي بين طرفي المقاومة الداخلية عند توصيل  
المقاومة؟

.....

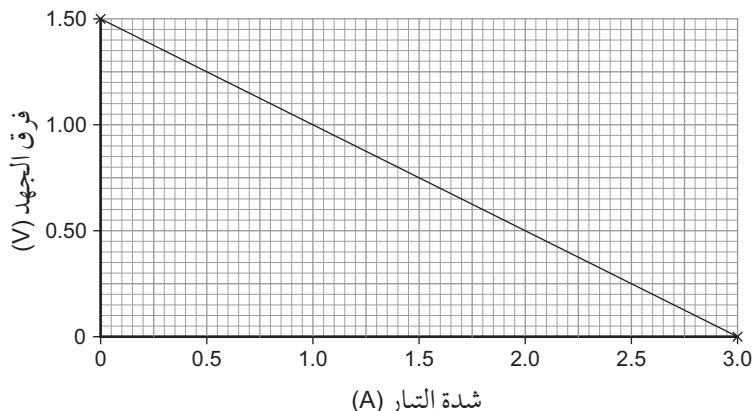
د. يحسب طالب شدة التيار الكهربائي باستخدام المعادلة  $I = \frac{V}{R}$ . باستخدام  
 مقاومة مقدارها ( $\Omega$ ) 12، اذكر أي فرق جهد كهربائي عليه أن يستخدمه  
(انظر إلى فرق الجهد الكهربائي بين طرفي المقاومة الذي سوف يطبقه  
في المعادلة).

.....

هـ. يحسب طالب آخر المقاومة الداخلية للخلية الكهربائية باستخدام المعادلة  $R = \frac{V}{I}$ . حدد أي فرق جهد كهربائي عليه أن يستخدمه.

.....

٤. يوضح الشكل ٩-٣ التمثيل البياني (فرق الجهد - شدة التيار) التغيير في فرق الجهد الكهربائي ل الخلية كهربائية مع شدة التيار الكهربائي الذي يمر عبرها:



الشكل ٩-٣: للسؤال ٤. تمثيل بياني يوضح تغير فرق الجهد في خلية كهربائية مع شدة التيار الكهربائي الذي يمر عبرها.

أـ. معادلة الخلية الكهربائية هي  $V = Ir + V_0$ . باستخراج التمثيل البياني، أكمل الجدول ٣-٣:

فرق الجهد بين طرفي المقاومة الداخلية ( $V - V_0$ )	$V$ (V)	$I$ (A)	شدة التيار (A)
			0
0.25	1.25	1.50	0.5
			1.0
			2.0
			3.0

الجدول ٣-٣: للسؤال ٤-أـ.

ب. عندما تكون شدة التيار الكهربائي ( $A$ )، يكون فرق الجهد بين طرفي الخلية الكهربائية ( $V$ ). يدل الملصق الموضوع على الخلية الكهربائية على أن فرق الجهد الكهربائي لها يساوي ( $1.5\text{ V}$ ). اشرح ما حدث للقوة الدافعة الكهربائية للخلية الكهربائية.

.....  
.....  
.....

ج. اشرح كيف يتم ضبط قيمة المقاومة الخارجية للحصول على نقاط مختلفة على التمثيل البياني.

.....  
.....  
.....

٥. عندما يستخدم محرك بده التشغيل لتشغيل محرك السيارة، فإن فرق الجهد الكهربائي عبر المحرك يكون ( $2.0\text{ V}$ ) فقط، على الرغم من أن للبطارية قوة دافعة كهربائية ( $12\text{ V}$ ). لماذا يكون فرق الجهد الكهربائي عبر المحرك أقل من القوة الدافعة الكهربائية للبطارية؟ اشرح إجابتك.

.....  
.....  
.....

### نشاط ٩-٣ استخدام معادلات المقاومة الداخلية

سوف يدرِّبك هذا النشاط على استخدام وإعادة ترتيب وإجراء العمليات الحسابية التي تتضمن مقاومة داخلية، ستستخدم معادلات مثل  $V = IR$  ولكن يجب عليك اختيار فرق الجهد والمقاومة المناسبين.

**مهم**

القوة الدافعة الكهربائية فقط معطاة، لذلك اعتبر المقاومة الكلية للدائرة الكهربائية  $R$ .

١. القوة الدافعة الكهربائية لبطارية ما تساوي ( $9.0\text{ V}$ )، وعند توصيل مقاومة بالبطارية تنخفض قراءة الفولتميتر إلى ( $8.0\text{ V}$ )، وشدة التيار الكهربائي تساوي ( $0.40\text{ A}$ ).  
أ. احسب قيمة المقاومة الخارجية.
- .....  
.....

ب. احسب قيمة المقاومة الداخلية للبطارية.

.....  
.....

٢. وصلت مقاومتها مقدارها ( $\Omega$ ) 9.0 بطارية ذات قوة دافعة كهربائية (4.0 V)،  
ومقاومتها الداخلية ( $\Omega$ ) 1.0.

أ. احسب شدة التيار الكهربائي المار في الدائرة الكهربائية.

.....  
.....

ب. احسب فرق الجهد الكهربائي بين طرفي المقاومة ( $\Omega$ ).  
.....  
.....

ج. جد فرق الجهد الكهربائي بين طرفي البطارية.  
.....  
.....

د. جد فرق الجهد الكهربائي بين طرفي البطارية عند إزالة المقاومة.  
(بدون أي مقاومة خارجية، يُقال إن البطارية في دائرة كهربائية مفتوحة).  
.....  
.....

٣. بطارية ذات قوة دافعة كهربائية (6.0 V) موصلة بطرفٍ مقاومتها مقدارها ( $\Omega$ ) 10،  
وفرق الجهد الكهربائي بين طرفي المقاومة هو (4.0 V).

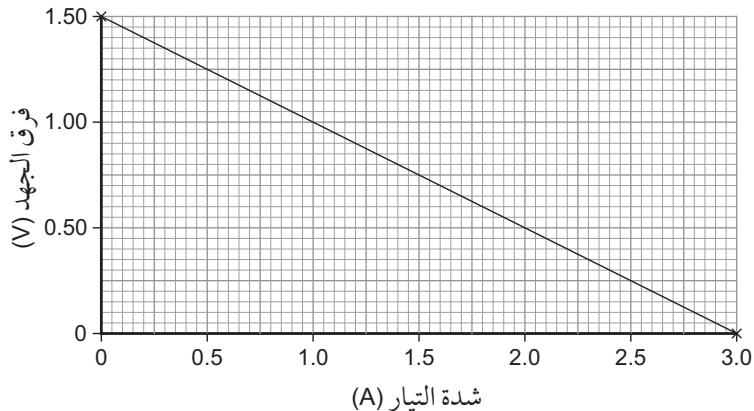
أ. احسب شدة التيار الكهربائي الذي يتدفق في الدائرة الكهربائية.  
.....  
.....

ب. احسب المقاومة الداخلية للبطارية.  
.....  
.....

### مهم

في السؤال ٣ (أ)، لا يمكنك استخدام القوة  
الدافعة الكهربائية كـ  
 $V = IR$  «فرق الجهد» في  
لأنك لا تعرف المقاومة  
الكلية. احرص على  
استخدام «فرق الجهد»  
الصحيح.

٤. يوضح التمثيل البياني (فرق الجهد - شدة التيار) في الشكل ١٠-٣ تغير فرق الجهد الكهربائي بين طرفي خلية كهربائية مع شدة التيار الكهربائي المار عبرها:



الشكل ١٠-٣ : للسؤال ٤. تمثيل بياني يوضح تغير فرق الجهد الكهربائي بين طرفي خلية كهربائية مع شدة التيار الكهربائي المار بداخلها.

- أ. أعد ترتيب المعادلة  $V = Ir + E$  لجعل ( $V$ ) مجهولاً وإيجاد ما يعنيه ميل التمثيل البياني، ونقطة تقاطع منحنى التمثيل البياني مع المحور ( $y$ ) بدلالة ( $E$ ) و ( $r$ ).
- .....

ب. استخدم التمثيل البياني لإيجاد المقاومة الداخلية للخلية الكهربائية.

.....

.....

- ج. ارسم دائرة كهربائية تتضمن كل المكونات الالازمة لأخذ القياسات الموضحة في التمثيل البياني. يجب أن تتمكن الدائرة من ضبط شدة التيار الكهربائي.

٥. يتم توصيل مقاومة ( $\Omega$ ) 1.2 ببطارية ذات مقاومة داخلية ( $\Omega$ ) 0.30، وشدة التيار الكهربائي المارّ في الدائرة (A) 3.0.

أ. احسب القوة الدافعة الكهربائية للبطارية.

.....  
.....

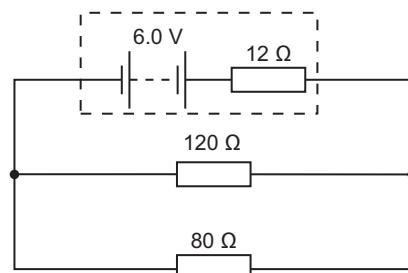
ب. احسب فرق الجهد الكهربائي بين طرفي البطارية.

.....  
.....

ج. يتم استبدال المقاومة ( $\Omega$ ) 1.2 بمقاومة أخرى، وشدة التيار الكهربائي (A) 1.5. احسب قيمة المقاومة الجديدة.

.....  
.....

٦. بطارية ذات قوة دافعة كهربائية (V) 6.0، ومقاومة داخلية ( $\Omega$ ) 12 موصلتان بمقامتين موصلتين على التوازي، كما هو موضح في الشكل ١١-٣ :



الشكل ١١-٣ : لسؤال ٦. دائرة كهربائية.

أ. احسب المقاومة الكلية للدائرة الكهربائية.

.....  
.....

ب. احسب شدة التيار الكهربائي المارّ في البطارية.

.....  
.....

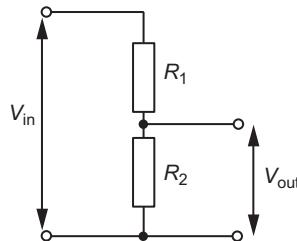
ج. احسب فرق الجهد الكهربائي بين طرفي البطارية.

.....  
.....

### نشاط ١-٣ مجزئ الجهد الكهربائي

أحياناً يكون من المفيد حساب فرق الجهد الكهربائي باستخدام **مجزئ الجهد الكهربائي**. ربما لا تضطر بعد ذلك إلى حساب شدة التيار الكهربائي على الإطلاق أثناء عملية الحساب الأمر الذي يوفر الوقت ويقلل من فرصة ارتكاب الخطأ. سيدرك هذا النشاط على استخدام معادلة مجزئ الجهد.

١. يتم توصيل مقاومتين ( $R_1$ ) و ( $R_2$ ) في دائرة مجزئ الجهد، كما هو موضح في الشكل ١٢-٣.



الشكل ١٢-٣: لسؤال ١. رسم تخطيطي لدائرة مجزئ الجهد.

يتم تقسيم الجهد ( $V_{in}$ ) بين المقاومتين ( $R_1$ ) و ( $R_2$ ) بنسبة  $R_1 : R_2$ .

أحد الجزأين هو فرق الجهد الخارج ( $V_{out}$ ).

- أ. قسّم العدد 30 بنسبة 4 : 6.
- .....

ب. قسّم فرق الجهد (80 V) بنسبة 4 : 6.

.....

ج. قسّم فرق الجهد (60 V) بنسبة 3 : 12.

.....

د. من حيث ( $V_{in}$ ) و ( $R_1$ ) و ( $R_2$ ), اكتب معادلة لشدة التيار الكهربائي في دائرة مجزئ الجهد الكهربائي.

.....

هـ. من حيث ( $V_{out}$ ) و ( $R_2$ ), اكتب معادلة لشدة التيار الكهربائي في مجزئ الجهد الكهربائي.

وـ. شدة التيار الكهربائي في الجزئين (د) و (هـ) متساوية. استخدم هذه الحقيقة لإظهار ما يلي:

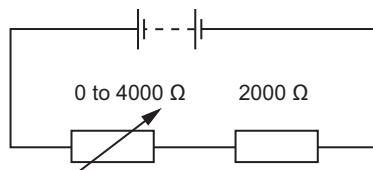
$$V_{out} = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \times V_{in}$$

زـ. أكمل الجدول ٤-٣. يمكنك استخدام المعادلة أو الأفكار الأساسية لمجزئ الجهد:

$R_2$ (Ω)	$R_1$ (Ω)	$V_{in}$ (V)	$V_{out}$ (V)
250	50	6.0	
	100	10.0	2.0
200		24.0	4.0
	400	16.2	5.1

الجدول ٤-٣: للسؤال ١-زـ.

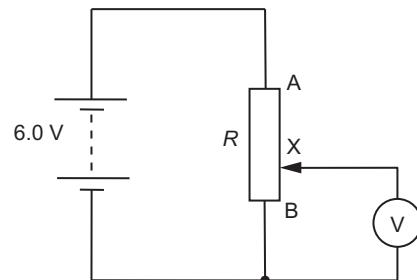
٢ـ. يتم توصيل مقاومة متغيرة بمقاومة (2000 Ω) ثابتة المقدار، وببطارية ذات قوة دافعة كهربائية (6.0 V)، ومقاومة داخلية صفرية، كما هو موضح في الشكل ١٣-٣ :



الشكل ١٣-٣: للسؤال ٢ـ. رسم تخطيطيلدائرة كهربائية.

إذا تم تغيير مقدار المقاومة المتغيرة (من 0 إلى 4000 Ω)، فاحسب أقصى فرق جهد وأدنى فرق جهد بين طرفي المقاومة (2000 Ω).

٣. يوضح الشكل ١٤-٣ دائرة مجذّع كهربائي، حيث يتميز الفولتميتر بمقاومة عالية جدًا:



الشكل ١٤-٣: للسؤال ٣. رسم تخطيطي لدائرة كهربائية.

يتم تجزئة المقاومة ( $R$ ) إلى جزأين،  $AX$  و  $XB$ ، بواسطة المنزلق  $X$ .

أ. ما القراءة على الفولتميتر عندما يكون المنزلق عند  $A$

.....

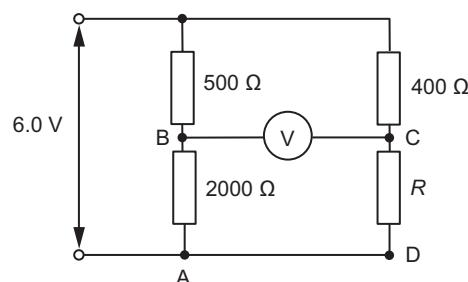
ب. ما القراءة على الفولتميتر عندما يكون المنزلق عند  $B$

.....

ج. احسب القراءة على الفولتميتر عندما تكون مقاومة  $AX$  تساوي  $(4.0 \Omega)$  و مقاومة  $XB$  تساوي  $(8.0 \Omega)$ .

.....

٤. يتم تطبيق فرق جهد كهربائي قدره  $6.0 \text{ V}$  على مجموعة من المقاومات، كما هو موضح في الشكل ١٥-٣ :



الشكل ١٥-٣: للسؤال ٤.

أ. احسب فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين  $A$  و  $B$ .

.....

### مهم

اعتبر أن الجهد الكهربائي للسلك AD عند 0 V . جد الجهد الكهربائي عند B و عند C و اطرحهما.

ب. احسب فرق الجهد الكهربائي بين C و D عندما يكون مقدار المقاومة ( $R$ ):

- ..... 1.  $200 \Omega$
- ..... 2.  $400 \Omega$
- ..... 3.  $1600 \Omega$

ج. احسب فرق الجهد الكهربائي بين B و C عندما يكون مقدار المقاومة ( $R$ ):

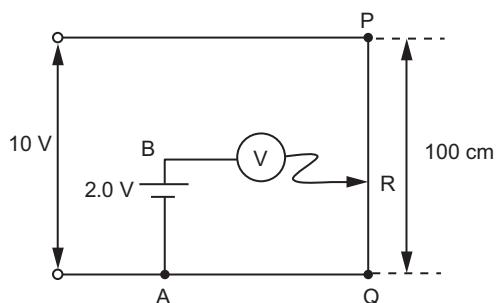
- ..... 1.  $200 \Omega$
- ..... 2.  $400 \Omega$
- ..... 3.  $1600 \Omega$

## نشاط ١٦-٣ مقياس الجهد الكهربائي

يمكن استخدام مقياس الجهد الكهربائي لمقارنة فرق جهد كهربائي بسرعة وبشكل مضبوط. سيدرك هذا النشاط على استخدام القراءات من مقياس الجهد.

١. سلك مقاومة منتظم PQ بطول (100 cm) متصل على التوازي مع مصدر جهد كهربائي ذي قوة دافعة كهربائية (10 V)، ومقاومة داخلية صفرية، وخلية كهربائية ذات قوة دافعة كهربائية (2.0 V) موصولة على التوازي مع جزء من السلك، كما

هو موضح في الشكل ١٦-٣ :



الشكل ١٦-٣ : لسؤال ١. رسم تخطيطي لدائرة كهربائية.

أ. احسب فرق الجهد بين طرفي (1.0 cm) من سلك المقاومة.

- .....
- .....

1

ب. احسب فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين R و Q عندما يكون طول الجزء

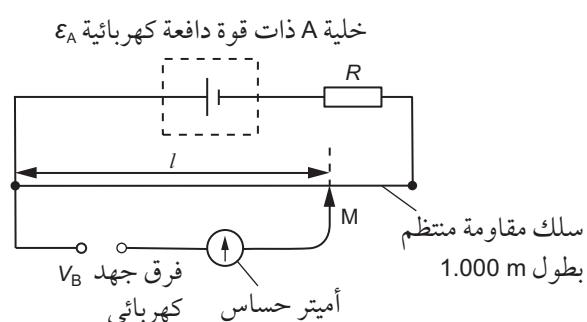
: RQ

- |       |           |
|-------|-----------|
| ..... | 20 cm . 1 |
| ..... | 25 cm . 2 |
| ..... | 40 cm . 3 |

ج. احسب قراءة القولتميتر عندما يكون طول الجزء RQ :

- |       |       |   |
|-------|-------|---|
| ..... | 20 cm | 1 |
| ..... | 25 cm | 2 |
| ..... | 40 cm | 3 |

٢. يوضح الشكل ١٧-٣ دائرة مقياس الجهد الكهربائي لقياس فرق الجهد ( $V_B$ ):



الشكل ٣-١٧: للسؤال ٢. دائرة مقياس الجهد الكهربائي.

مصطلاحات علمية

**الجالوانومتر Galvanometer** :  
أداة تستخدم لقياس  
شدة التيار الكهربائي  
الصغيرة أو الكشف عنها.

الطريقة الصفرية

## ٣- تفريغ Null method

## تجريبية للبحث عن قراءة صفرية.

يتم دائمًا ضبط وضعية المنزلق المتحرك M حتى يسجل الأميتر الحساس (الجلثانوميتر) تيارًا كهربائيًا صفرًا (الطريقة الصفرية). مقاومة سلك المقاومة بطول (1.000 m) تساوي  $(10 \Omega)$ .

أ. افترض أن  $R = 0$ . أكمل الحدول ٥-٣:

$I$ (m)	$V_B$ (V)	$\varepsilon_A$ (V)
0.30	0.60	2.0
	0.44	2.0
0.40	0.60	
0.80		6.0

الجدول ٣-٥: للسؤال ٢-أ.

ب. افترض أن  $R = 90 \Omega$  و  $\epsilon_A = 2.00 \text{ V}$

١. احسب فرق الجهد الكهربائي بين طرفى سلك المقاومة.

٢. احسب ( $V_B$ ) إذا كان  $l = 0.245 \text{ m}$

٣. اشرح السبب في أن وجود مقاومة كبيرة ( $R$ ) يسمح بقياس فروق جهد كهربائية صغيرة.

ج. يمكن استخدام الدائرة الكهربائية لقياس فرق جهد كهربائي صغير يبلغ 2.0 mV. الخلية الكهربائية A هي مصدر جهد كهربائي ذات جهد كهربائي معروف (6.00 V). لا تزال مقاومة السلك ( $10\ \Omega$ ).

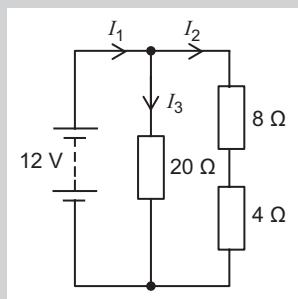
١. احسب قيمة ( $R$ ) التي ينتج منها فرق جهد كهربائي ( $3.0 \text{ mV}$ ) عبر السلك.

٢٠. حدد الإجراءات والقياسات التي يجب اتخاذها والتي تسمح بالحصول على قياس فرق جهد صغير.

٣٠. اشرح كيف تُحسب فروق الجهد الصغيرة من القياسات.

### أسئلة نهاية الوحدة

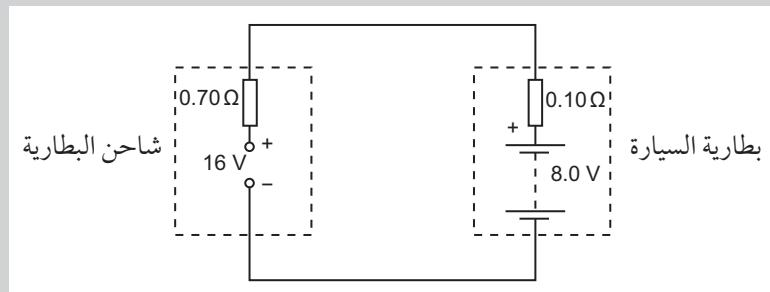
١. أ. عرّف القوة الدافعة الكهربائية لخلية كهربائية.  
ب. شدة التيار الكهربائي المتدايق في كابل الطاقة الخارج من محطة إنتاج الطاقة الكهربائية هي (300 A). احسب عدد الإلكترونات التي تمر عبر المقطع العرضي للكابل في ثانية واحدة ( $e = 1.6 \times 10^{-19} C$ ) .  
ج. تبلغ مساحة المقطع العرضي للكابل ( $10^{-4} m^2$ ), والكثافة العددية للإلكترونات الحرة ( $1.6 \times 10^{29} m^{-3}$ ).  
١. احسب متوسط السرعة المتجهة الانجرافية للإلكترونات الحرة في الكابل.  
٢. اشرح الفرق بين متوسط السرعة المتجهة الانجرافية ومتوسط السرعة.  
٣. يبلغ قطر أحد أجزاء الكابل أصغر من باقي أجزائه. اشرح سبب اختلاف متوسط السرعة المتجهة الانجرافية في هذا الجزء من الكابل.
٢. يتكون كابل من 12 سلكاً من الأislak النحاسية، قطر كل منها (1.2 mm) ومتصلة على التوازي. المقاومة النوعية للنحاس ( $1.7 \times 10^{-8} \Omega m$ ):  
أ. احسب مساحة المقطع العرضي لسلك واحد من الأislak النحاسية.  
ب. احسب مقاومة سلك واحد من الأislak النحاسية بطول (10 m).  
ج. حدد المقاومة المكافئة لجميع الأislak الاثني عشر المكونة للكابل.
٣. يوضح الشكل ٢٠-٣ مصدر جهد كهربائي (12 V) مقاومته الداخلية مهملة، متصل بثلاث مقاومات:



الشكل ٢٠-٣

## تابع

- أ. استخدم قانون كيرشوف الأول لتوضيح العلاقة بين  $(I_1)$ ، و  $(I_2)$ ، و  $(I_3)$ .
- ب. استخدم قانون كيرشوف الثاني لحساب  $(I_2)$ .
- ج. احسب  $(I_3)$ .
- د. اشرح كيف يمكن تطبيق قانون كيرشوف الثاني على المسار المغلق الذي يحتوي فقط على المقاومات الثلاث. وضح إجابتك رياضياً.
- هـ. احسب المقاومة المكافئة للدائرة الكهربائية.
٤. أ. اكتب نص قانون كيرشوف الأول.
- بـ. اكتب الكمية المحفوظة في القانون الأول.
- جـ. يُظهر قانون كيرشوف الثاني أنه عندما تكون القوة الدافعة الكهربائية (ع) لخلية كهربائية متصلة بمقاييس موصلتين على التوالي، فإنها تساوي مجموع فرق الجهد الكهربائيين عبر المقاومتين. اشرح أن هذا الأمر هو نتيجة مبدأ حفظ الطاقة. اعتبر أن المقاومة الداخلية للخلية مهملة.
- دـ. تم شحن بطارية سيارة باستخدام شاحن بطارية ذي قوة دافعة كهربائية (16 V). القوة الدافعة الكهربائية لبطارية السيارة في بداية عملية الشحن كانت (8.0 V).
- يوضح الشكل ٢١-٣ توصيلات الشاحن بالبطارية، والمقاومة في الدائرة الكهربائية.



الشكل ٢١-٣

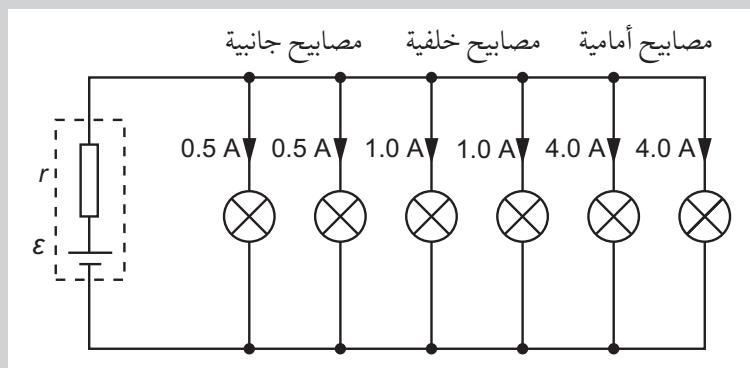
**مهم**

خذ الدائرة الكهربائية بأكملها كمسار مغلق، وتذكر إضافة القوى الدافعة الكهربائية للبطاريتين مع ملاحظة اتجاهاتها.

- احسب المقاومة المكافئة للدائرة الكهربائية.
- احسب شدة التيار الكهربائي في الدائرة الكهربائية.
- لخفض شدة التيار الكهربائي في البطارية إلى (2.0 A)، تم إضافة مقاومة على التوالي في الدائرة الكهربائية. حدد مقدار هذه المقاومة.

٤. اذكر سببين لعدم توصيل الطرف الموجب لشاحن البطارية بالطرف السالب لبطارية السيارة.

٥. بطارية لها قوة دافعة كهربائية (٤) ومقاومة داخلية (٢)، وهي متصلة بستة مصابيح، كما هو موضح في الشكل ٢٢-٣: مصابيح جانبية، مصابيح خلفية، ومصابيح أمامية.



الشكل ٢٢-٣

لا تظهر مفاتيح المصايب الفردية في الشكل ٢٢-٣ ولكن تظهر شدة التيار الكهربائي في المصايب عند تشغيلها جميعاً. القوة الدافعة الكهربائية (٤) للبطارية (١٢.٠ V)، و مقاومتها الداخلية (٢) تساوي ( $0.150 \Omega$ ).

أ. اشرح المقصود بالمقاومة الداخلية للبطارية.

ب. لماذا لا تتساوى القوة الدافعة الكهربائية للبطارية وفرق الجهد الكهربائي بين طرفيها عند تشغيل المصايب؟ استخدم اعتبارات الطاقة لشرح إجابتك.

ج. احسب فرق الجهد الكهربائي بين طرفي البطارية عند تشغيل جميع المصايب.

د. احسب مقاومة أحد المصايب الأماميين.

هـ. احسب شدة التيار الكهربائي المار في البطارية عند تشغيل المصايب الأماميين فقط.

و. لاحظ سائق السيارة أن المصايب الجانبية تكون خافتة بعض الشيء عند إضاءة المصايب الأمامية. اشرح السبب.

٦. بطارية ذات قوة دافعة كهربائية (6.0 V) متصلة بمقاومتين على التوالي.  
إحدى المقاومتين ( $\Omega$  1600) والأخرى ( $\Omega$  1200). تشكل المقاومتان على التوالي مجزئ جهد كهربائي.
- أ. اشرح المقصود بجزئ الجهد الكهربائي.
- ب. لماذا يكون فرق الجهد الكهربائي بين طرفي المقاومة ( $\Omega$  1600) أكبر من فرق الجهد الكهربائي بين طرفي المقاومة ( $\Omega$  1200)؟ اشرح إجابتك.
- ج. المقاومة الداخلية للبطارية صغيرة جدًا. احسب فرق الجهد الكهربائي بين طرفي المقاومة ( $\Omega$  1600).
- د. تم توصيل مقاومة ( $R$ ) على التوازي مع المقاومة ( $\Omega$  1600). يقل فرق الجهد الكهربائي بين طرفي هذه المقاومة إلى (2.0 V). احسب قيمة ( $R$ ).
- هـ. مقياس فرق الجهد الكهربائي هو جهاز لمقارنة فروق الجهد الكهربائية. ارسم مخططًا لدائرة كهربائية لمقياس فرق الجهد المستخدم لمقارنة القوة الدافعة الكهربائية لخلبيتين (ستحتاج إلى خلية كهربائية أخرى، وسلك مقاومة، وجلقانوميتر حساس). اشرح الإجراء المستخدم للعثور على نسبة القوتين الدافعتين لخلبيتين.

شدة التيار الكهربائي هي معدل تدفق الشحنة الكهربائية، والشحنة الكهربائية في فلز ما عبارة عن إلكترونات، وفي محلول إلكتروليتي تتكون من الأيونات الموجبة والسالبة.

اتجاه التيار الأصطلاحي من الطرف الموجب إلى الطرف السالب؛ وبما أن شحنة الإلكترونات سالبة، فإنها تتحرك بالاتجاه المعاكس.

وحدة الشحنة الكهربائية في النظام الدولي للوحدات هي كولوم (C)، وكولوم واحد هو الشحنة الكهربائية التي تمر من نقطة ما عندما تكون شدة التيار عند تلك النقطة أمبير واحد ولمدة ثانية واحدة:

$$\text{الشحنة الكهربائية} = \text{شدة التيار الكهربائي} \times \text{الזמן}$$

$$Q = It$$

تعتمد شدة التيار الكهربائي ( $I$ ) في موصل ما على مساحة المقطع العرضي ( $A$ )، وعلى متوسط السرعة المتجهة الانجرافية ( $\vec{v}$ ) لحاملات الشحنة الكهربائية، والكثافة العددية للإلكترونات ( $n$ ):

$$I = nAvq$$

يستخدم مصطلح فرق الجهد الكهربائي عندما تنقل الشحنة الكهربائية الطاقة إلى المكون أو المحيط الخارجي وتعرف على أنها الطاقة المنقولة لكل وحدة شحنة:

$$\Delta W = VQ \quad \text{أو} \quad V = \frac{\Delta W}{Q}$$

القولت يساوي جول لكل كولوم ( $1 \text{ J C}^{-1}$ ).

مقدار المقاومة هو نسبة فرق الجهد الكهربائي إلى شدة التيار الكهربائي:

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

تحسب المقاومة النوعية ( $\rho$ ) للمادة من المعادلة:

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

حيث ( $R$ ) هي مقاومة السلك لتلك المادة، و ( $A$ ) هي مساحة المقطع العرضي، و ( $L$ ) هي طول السلك، ووحدة قياس المقاومة النوعية هي أوم متر ( $\Omega \text{ m}$ ).

ينص القانون الأول لكيرشوف على أن مجموع التيارات الكهربائية الداخلة إلى أي نقطة في دائرة ما تساوي مجموع التيارات الكهربائية الخارجة من تلك النقطة.

ينص القانون الثاني لكيرشوف على أن مجموع القوى الدافعة الكهربائية في أي مسار مغلق في دائرة ما يساوي مجموع فروق الجهد الكهربائية في ذلك المسار.

يكون لأي مصدر قوة دافعة كهربائية مثل البطارية، مقاومة داخلية، ويمكننا أن نفكّر في المصدر على أنه يحتوي على مقاومة داخلية ( $r$ ) موصولة مع القوة الدافعة الكهربائية ( $E$ ) على التوالي.

فرق الجهد الكهربائي بين طرفي مصدر قوة دافعة كهربائية أقل من القوة الدافعة الكهربائية بسبب فرق الجهد الكهربائي عبر المقاومة الداخلية:

فرق الجهد الكهربائي بين طرفي مصدر = القوة الدافعة الكهربائية للمصدر - فرق الجهد الكهربائي عبر المقاومة الداخلية

$$V = E - Ir$$

تتكون دائرة مجزئ الجهد الكهربائي من مقاومتين أو أكثر موصليتين على التوالي بمصدر كهربائي، ويعطى فرق الجهد الخارج ( $V_{\text{out}}$ ) عبر المقاومة ( $R_2$ ) من خلال المعادلة:

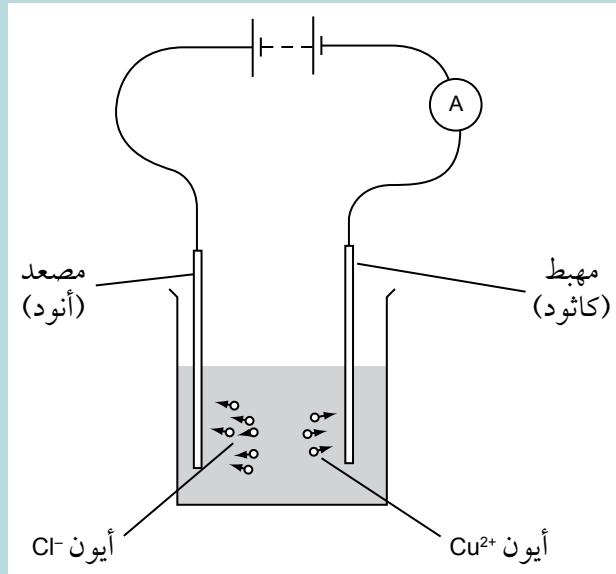
$$V_{\text{out}} = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \times V_{\text{in}}$$

يمكن استخدام مقياس الجهد الكهربائي لمقارنة فروق الجهد الكهربائية.

## أسئلة نهاية الوحدة

- ١ ما العبارة التي تُعرّف القوة الدافعة الكهربائية؟
- القوة الدافعة الكهربائية لمصدر ما هي الطاقة المنقولة عندما تُدفع شحنة كهربائية من خلال مقاومة.
  - القوة الدافعة الكهربائية لمصدر ما هي الطاقة المنقولة عندما تُدفع شحنة كهربائية حول دائرة كاملة.
  - القوة الدافعة الكهربائية لمصدر ما هي الطاقة المنقولة عندما تُدفع وحدة شحنة كهربائية حول دائرة كاملة.
  - القوة الدافعة الكهربائية لمصدر ما هي الطاقة المنقولة عندما تُدفع وحدة شحنة كهربائية من خلال مقاومة.
- ٢ احسب الشحنة الكهربائية التي تمر عبر مصباح عندما يمر به تيار كهربائي شدته ( $150\text{ mA}$ ) لمدة  $40$  دقيقة.
- ٣ مولد ينتج تياراً كهربائياً شدته ( $40\text{ A}$ ). احسب المدة التي سيسفر عنها تدفق شحنة كهربائية مقدارها ( $2000\text{ C}$ ) عبر الدائرة الخارجية للمولد.
- ٤ يتولد في حالة حدوث الصواعق تيار كهربائي متوسط شدته ( $30\text{ kA}$ ، ويستمر لمرة  $2000\text{ }\mu\text{s}$ ). احسب الشحنة الكهربائية التي انتقلت أثناء هذه العملية.
- مصباح مقاومته ( $15\text{ }\Omega$ ) يتصل بطارية قوتها الدافعة الكهربائية ( $4.5\text{ V}$ ). احسب شدة التيار الكهربائي المارّ في المصباح.
  - احسب مقاومة فتيل سخان كهربائي يستهلك تياراً كهربائياً شدته ( $6.5\text{ A}$ ) عندما يوصل عبر مصدر كهربائي ( $230\text{ V}$ ).
  - احسب فرق الجهد الكهربائي اللازم لدفع تيار كهربائي شدته ( $2.4\text{ A}$ ) من خلال سلك مقاومته ( $3.5\text{ }\Omega$ ). بطارية قوتها الدافعة الكهربائية ( $6\text{ V}$ ) تولّد تياراً كهربائياً ثابتاً شدته ( $2.4\text{ A}$ ) لمرة  $10$  دقائق. احسب:
    - الشحنة الكهربائية التي توفرها البطارية.
    - الطاقة التي نقلتها الشحنة.
  - احسب الطاقة التي يكتسبها إلكترون عندما يتتسارع خلال فرق جهد كهربائي ( $50\text{ kV}$ ). (الشحنة الكهربائية للإلكترون =  $-1.6 \times 10^{-19}\text{ C}$ ).

بيّن الشكل ٣١-٣ التحليل الكهربائي لتحليل الكلوريد النحاسي.

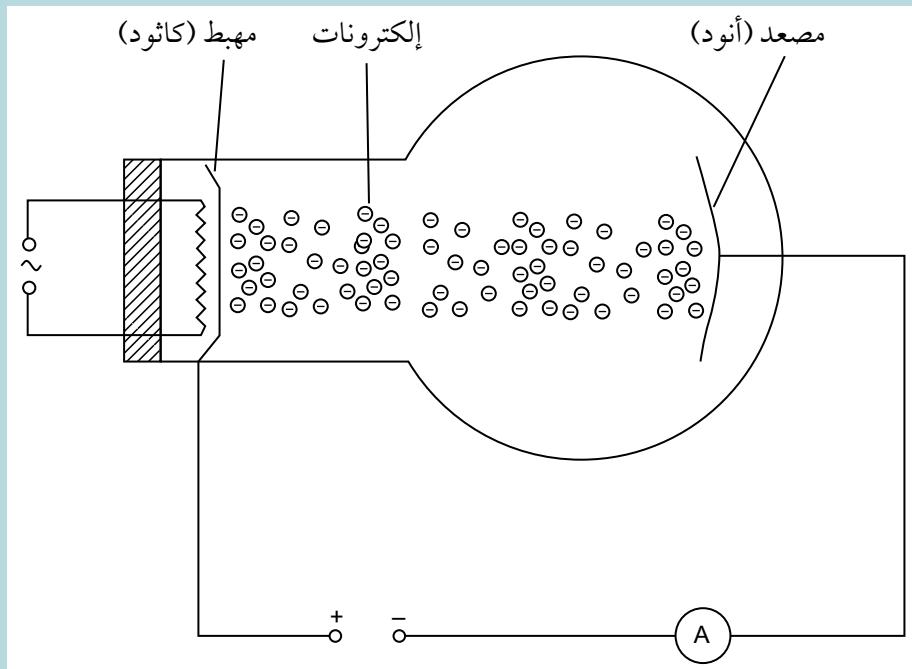


الشكل ٣١-٣

- حدّد على نسخة من الشكل اتجاه التيار الاصطلاحي في المحلول الإلكتروليتي. سُمِّيَّ التيار الاصطلاحي.
  - حدّد اتجاه تدفق الإلكترونات في الأسلام المتصلة. سُمِّيَّ تدفق الإلكترونات.
- ب. في فترة زمنية مدتها ٨ دقائق، يكون  $(3.6 \times 10^{16})$  أيون كلوريد ( $\text{Cl}^-$ ) قد تعادلت وتحرّرت عند المصعد (الأنيود) و  $(1.8 \times 10^{16})$  أيون نحاس ( $\text{Cu}^{2+}$ ) قد تعادلت وترسّبت على المهبط (الكاثود).
- احسب الشحنة الكهربائية الكلية التي تمر عبر المحلول الإلكتروليتي خلال هذا الزمن.
  - احسب شدة التيار الكهربائي المارّ في الدائرة.

٩

بيّن الشكل ٣٢-٣ أنبوب إلكترونات. تشكّل إلكترونات التي تتحرّك من المهبط إلى المصعد تياراً كهربائياً. شدة التيار الكهربائي في الأميتر هي (4.5 mA).



الشكل ٣٢-٣

١٠

- احسب الشحنة الكهربائية التي تمر عبر الأميتر خلال 3 دقائق.
- احسب عدد إلكترونات التي تصطدم بالمصعد (الأنود) خلال 3 دقائق.
- فرق الجهد الكهربائي بين المهبط (الكايثود) والمصعد (الأنود) هو (75 V). احسب الطاقة التي يكتسبها إلكترون في أثناء انتقاله من المهبط (الكايثود) إلى المصعد (الأنود).

مساحة المقطع العرضي لمسار نحاسي على لوحة دوائر مطبوعة ( $5.0 \times 10^{-8} \text{ m}^2$ ), وشدة التيار الكهربائي في المسار (3.5 mA)، تمّ تزويدك ببعض المعلومات المفيدة حول النحاس:

(1) من النحاس كتلته ( $8.9 \times 10^3 \text{ kg}$ ) .

يحتوي (54 kg) من النحاس على ( $6.0 \times 10^{26}$ ) ذرة.

يوجد في النحاس إلكترون واحد حرّ تقريباً من كل ذرة نحاس.

أ. بيّن أن الكثافة العددية للإلكترونات في النحاس ( $n$ ) تبلغ نحو ( $10^{29} \text{ m}^{-3}$ ).

ب. احسب متوسط السرعة المتجهة الانجراافية للإلكترونات.

أ. اشرح الفرق بين فرق الجهد الكهربائي والقوة الدافعة الكهربائية.

ب. بطارية مقاومتها الداخلية مهملة، وقوتها الدافعة الكهربائية (12.0 V)، وسعتها الكلية المخزنة (100 A h) (أمبير ساعة). احسب:

١. الشحنة الكهربائية الكلية التي يمكن أن توفرها.

٢. الطاقة الكلية التي يمكن أن تنتقلها.

يقيس طالب المقاومة لكل وحدة طول من سلك مقاومة ويأخذ القياسات الآتية (الجدول ٣-٣).

عدم اليقين	القيمة	الكمية
±2%	80 mm	طول السلك
±0.1 A	2.4 A	التيار الكهربائي المار في السلك
±5%	8.9 V	فرق الجهد الكهربائي بين طرفي السلك

الجدول ٣-٣

أ. احسب النسبة المئوية لعدم اليقين في قياس شدة التيار الكهربائي.

ب. احسب قيمة المقاومة لكل وحدة طول من السلك.

ج. احسب قيمة عدم اليقين المطلق للمقاومة لكل وحدة طول من السلك.

يتكون عنصر تسخين كهربائي من سلك نيکروم قطره (0.40 mm) وطوله (5.0 m). ومقاومة هذا العنصر

هي ( $R_1$ ). عنصر تسخين آخر مصنوع أيضاً من النيکروم طوله (2.0 m) وقطره (0.20 mm). هذا العنصر

له مقاومة ( $R_2$ ). ما العلاقة بين ( $R_1$ ) و ( $R_2$ )؟

أ.  $R_2 = 0.80 R_1$

ب.  $R_2 = 1.6 R_1$

ج.  $R_2 = 5.0 R_1$

د.  $R_2 = 10 R_1$

سلك نيکروم طوله (1.5 m)، ومساحة مقطعه العرضي ( $0.0080 \text{ mm}^2$ )، والمقاومة النوعية للنيکروم تساوي

( $1.30 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$ )

أ. احسب مقاومة السلك.

ب. احسب طول السلك اللازم لصنع مقاومة من النيکروم مقدارها ( $30 \Omega$ ) لسخان كهربائي.

أ. حدد عاملين آخرين يحددان مقاومة سلك ما له طول ثابت.

ب. عندما يكون فرق الجهد الكهربائي (1.5 V) بين طرفي سلك نحاسي معزول طوله (5.0 m) يمر به تيار كهربائي شدته (0.24 A).

١. احسب مقاومة هذا الطول من السلك.

٢. احسب قطر السلك إذا علمت أن المقاومة النوعية للنحاس هي ( $1.69 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$ ).

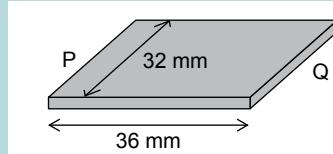
١٤

١٥

## تابع

ج. شُكّل السلك على شكل حزمة مشدودة، كيف تتوقع أن تتفاوت شدة التيار الكهربائي فيه؟ اشرح ذلك.

- ١٦** بُيّن الشكل ٣٣-٣ قطعة من السيليكون بعرض (32 mm)، وطول (36 mm). مقاومة السيليكون بين النقطتين P و Q هي ( $1.1 \text{ M} \Omega$ )، والمقاومة النوعية للسيليكون تساوي ( $2.3 \times 10^3 \Omega \text{ m}$ ).



الشكل ٣٣-٣

- أ. احسب سمك قطعة السيليكون.  
ب. احسب شدة التيار الكهربائي الذي يمر عبر السيليكون إذا طبق عليه فرق جهد (12 V) بين P و Q.  
**١٧** القراءات المسجلة في الجدول ٤-٣ هي من تجربة لقياس المقاومة النوعية للفضة.

$0.40 \pm 0.02 \text{ mm}$	قطر السلك
$2.25 \pm 0.05 \text{ m}$	طول السلك
$0.28 \pm 0.01 \Omega$	مقاومة السلك

الجدول ٤-٣

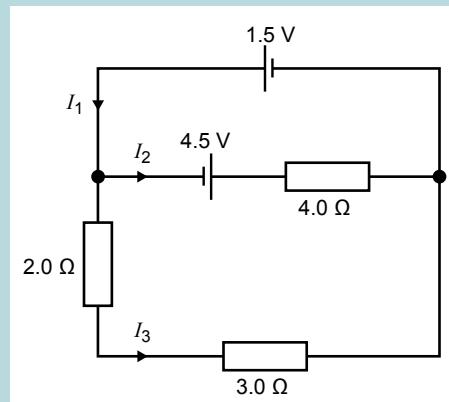
- أ. احسب المقاومة النوعية للفضة.  
ب. ١. احسب النسبة المئوية لعدم اليقين في كل المتغيرات.  
٢. استخدم إجاباتك على الجزئية (ب ١) لحساب قيمة عدم اليقين المطلق في قيمة المقاومة النوعية التي تم الحصول عليها من التجربة.

**١٨** أي البدائل الآتية في الجدول ٥-٣ صحيح؟

القانون الثاني لكيرشوف هو تعبير عن حفظ الشحنة الكهربائية.	القانون الأول لكيرشوف هو تعبير عن حفظ الشحنة الكهربائية.	أ
القانون الثاني لكيرشوف هو تعبير عن حفظ الطاقة.	القانون الأول لكيرشوف هو تعبير عن حفظ الشحنة الكهربائية.	ب
القانون الثاني لكيرشوف هو تعبير عن حفظ الشحنة الكهربائية.	القانون الأول لكيرشوف هو تعبير عن حفظ الطاقة.	ج
القانون الثاني لكيرشوف هو تعبير عن حفظ الطاقة.	القانون الأول لكيرشوف هو تعبير عن حفظ الطاقة.	د

الجدول ٥-٣

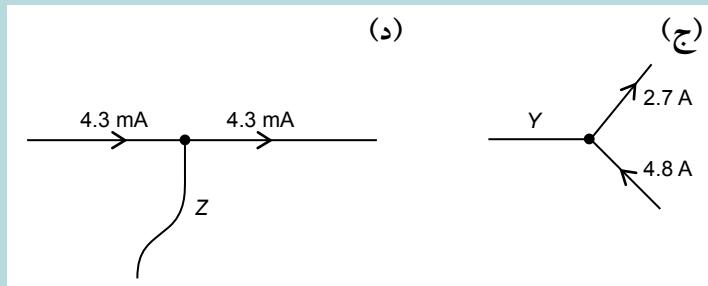
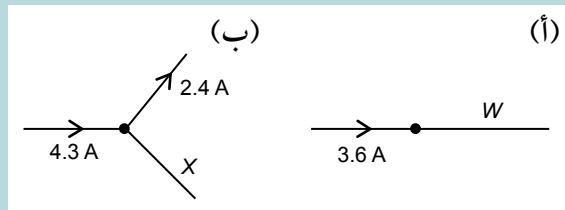
١٩ ما مقدار شدة التيار الكهربائي ( $I_1$ ) المار في الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل ٣٤-٣



الشكل ٣٤-٣

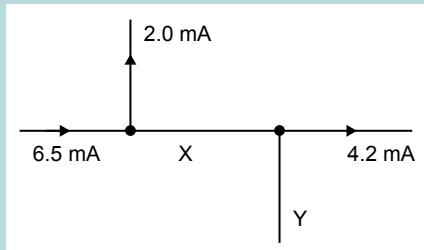
- +1.8 A د. +1.2 A ج. +0.45 A ب. -0.45 A أ.

٢٠ استخدم القانون الأول لكيرشوف لحساب شدة التيار الكهربائي المجهولة في الشكل ٣٥-٣. حدد اتجاه التيار الكهربائي في كل حالة.



الشكل ٣٥-٣

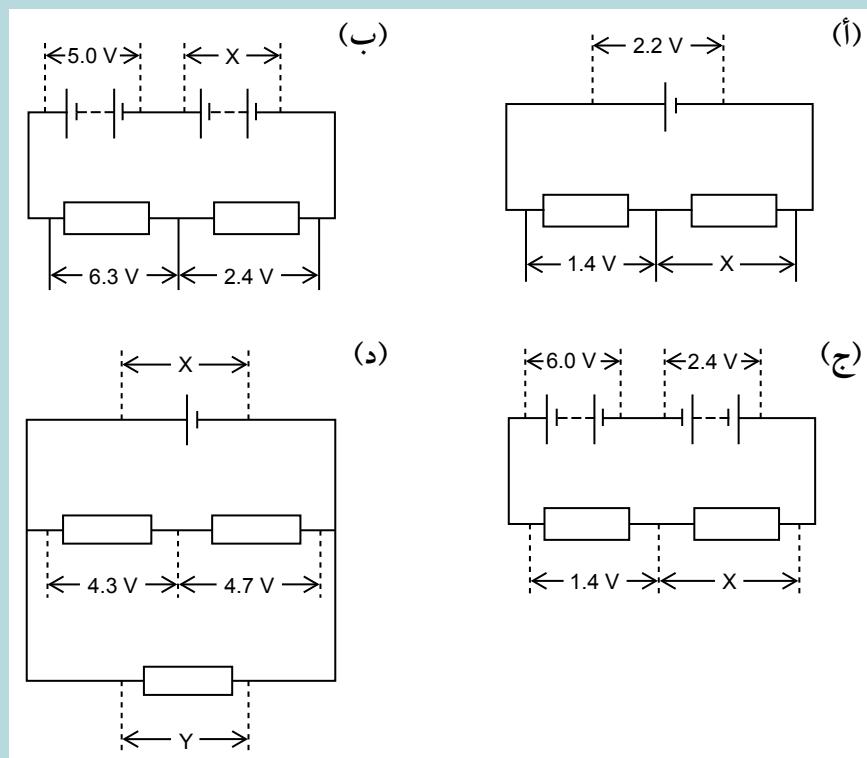
٢١ ببّين الشكل ٣٦-٣ جزءاً من دائرة كهربائية.



الشكل ٣٦-٣

انسخ هذا الشكل واكتب شدّتَي التيارَين عند X و Y، وببّين اتجاههما.

٢٢ حدد فرق الجهد الكهربائي المجهول أو فروق الجهد الكهربائية في كل حالة لكل من الدوائر الأربع في الشكل ٣٧-٣.



الشكل ٣٧-٣

٢٣ مصباح ذو فتيل، ومقاومة ( $220\ \Omega$ ) موصلان على التوالي ببطارية قوّتها الدافعة الكهربائية (6.0 V)،

ومقاومتها الداخلية مهملة، وضع ڤولتميتر عالي المقاومة عبر المقاومة فقاس (1.8 V). احسب:

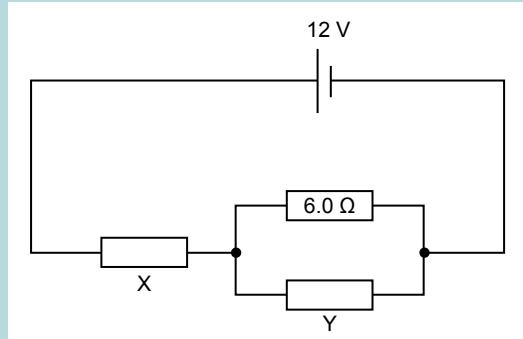
أ. شدة التيار الكهربائي المتدافق من البطارية.

ب. فرق الجهد الكهربائي بين طرفي المصباح.

ج. المقاومة الكلية للدائرة.

- د. عدد الإلكترونات التي تمر عبر البطارية في زمن 1.0 دقيقة.  
(الشحنة الكهربائية الأولية  $C = 1.6 \times 10^{-19} C$ ).

**٢٤** يبيّن الشكل ٣٨-٣ دائرة حيث مصدر جهد كهربائي (١٢ V) متصل ببعض المقاومات.

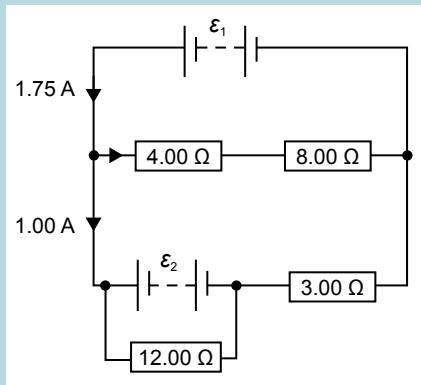


الشكل ٣٨-٣

شدة التيار الكهربائي في المقاومة X هي (2.0 A)، وشدة التيار الكهربائي في المقاومة (6.0 Ω) تساوي (0.5 A). احسب:

- أ. شدة التيار الكهربائي في المقاومة Y.  
ب. مقدار المقاومة Y.  
ج. مقدار المقاومة X.

**٢٥** تحتوي الدائرة الكهربائية في الشكل ٣٩-٣ على بطاريتين ومقاومات. اعتبر أن لكل من البطاريتين مقاومة داخلية مهملة.



الشكل ٣٩-٣

أ. استخدم القانون الأول لكيرشوف لإيجاد شدة التيار الكهربائي في كل من المقاومتين (4.00 Ω) و (8.00 Ω).

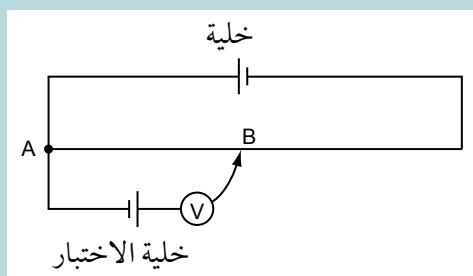
- ب. احسب القوة الدافعة الكهربائية ( $\epsilon_1$ ).  
ج. احسب قيمة القوة الدافعة الكهربائية ( $\epsilon_2$ ).  
د. احسب شدة التيار الكهربائي المار في المقاومة (12.00 Ω).

٢٦ وصلت مقاومة مقدارها ( $6.0\ \Omega$ )، ومقاومة أخرى مقدارها ( $3.0\ \Omega$ ) على التوازي ببطارية ذات قوة دافعة كهربائية ( $4.5\text{ V}$ )، ومقاومة داخلية ( $0.50\ \Omega$ ).  
ما شدة التيار الكهربائي المار في البطارية؟

- أ.  $11\text{ A}$       ب.  $3.0\text{ A}$       ج.  $1.8\text{ A}$       د.  $0.47\text{ A}$

٢٧ وصلت خلية كهربائية ذات قوة دافعة كهربائية ( $1.5\text{ V}$ ) عبر مقاومة ( $0.30\ \Omega$ ). شدة التيار الكهربائي المار في الدائرة ( $2.5\text{ A}$ ).  
أ. احسب فرق الجهد بين طرفي الخلية، واشرح سبب عدم تساويه مع القوة الدافعة الكهربائية للخلية.  
ب. بيّن أن المقاومة الداخلية ( $r$ ) للخلية تساوي ( $0.30\ \Omega$ ).

٢٨ يُطلب إلى طالب مقارنة القوة الدافعة الكهربائية ل الخلية قياسية ما ولخلية اختبار. يقوم الطالب بإعداد الدائرة المبيّنة في الشكل ٤٠-٣ باستخدام خلية الاختبار.



الشكل ٤٠-٣

أ. اشرح سبب عدم قدرة الطالب على إيجاد نقطة اتزان، واذكر التغيير الذي يجب أن يقوم به من أجل تحقيق هذا الازان.  
ب. اذكر كيف سيتعرف إلى نقطة الاتزان.

ج. يحدث الازان عندما تكون المسافة AB تساوي ( $22.5\text{ cm}$ ). يكرر الطالب التجربة مع خلية قياسية ذات قوة دافعة كهربائية ( $1.434\text{ V}$ )، وتكون نقطة الاتزان باستخدام هذه الخلية عند ( $34.6\text{ cm}$ ). احسب قيمة القوة الدافعة الكهربائية ل الخلية الاختبار.

د. اشرح المقصود بالمقاومة الداخلية ل الخلية ما.  
ب. عند توصيل خلية كهربائية على التوالي مع مقاومة مقدارها ( $2.00\ \Omega$ ) يمرّ تيار كهربائي شدته ( $0.625\text{ A}$ )، فإذا تم توصيل مقاومة أخرى مقدارها ( $2.00\ \Omega$ ) على التوالي مع المقاومة الأولى، فإن شدة التيار الكهربائي تتخفض إلى ( $0.341\text{ A}$ ). احسب:  
١. المقاومة الداخلية ل الخلية.  
٢. القوة الدافعة الكهربائية ل الخلية.

ج. تحتاج بطارية السيارة إلى توفير تيار كهربائي شدته (200 A) لتدوير بادئ تشغيل المحرك. اشرح السبب في أن البطارية المكونة من خلايا متصلة على التوالي كالنوع الموصوف في الجزئية (ب) غير مناسبة لبطارية السيارة.

٣٠ أ. اذكر المقصود بالقوة الدافعة الكهربائية لخلية ما.

ب. يقوم طالب بتوصيل فولتميتر عالي المقاومة عبر طرفٍ بطارية، ويلاحظ أنه يقرأ (8.94 V). ثم يقوم بتوصيل مقاومة ( $12\ \Omega$ ) عبر طرفيها فيجد أن فرق الجهد ينخفض إلى (8.40 V).

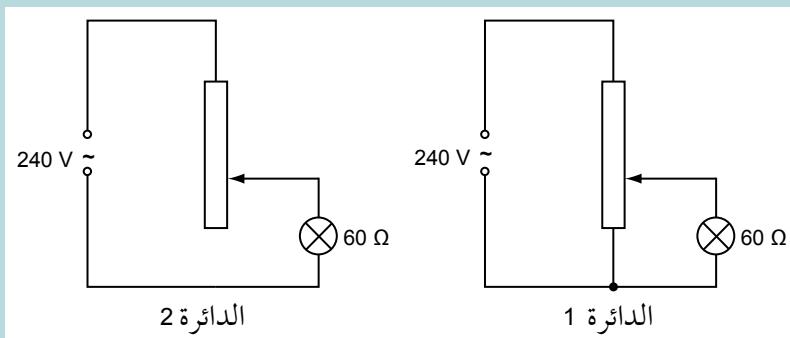
١. اشرح سبب انخفاض فرق الجهد الكهربائي المقاس.

٢. احسب شدة التيار الكهربائي المارّ في الدائرة.

٣. احسب المقاومة الداخلية للبطارية.

٤. اذكر أي افتراضات قمت بها في حساباتك.

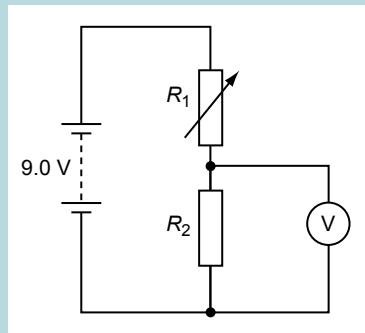
٣١ يبيّن الشكل ٤١-٣ دائرتين يمكن استخدامهما للعمل كمفتاح لخفت ضوء مصباح. اشرح فائدة واحدة للدائرة ١ أكثر من الدائرة ٢.



٤١-٣

## تابع

- ٣٢ تُبيّن الدائرة في الشكل ٤٢-٣ مجزئ جهد كهربائي. المقاومة الداخلية للبطارية مهملة والفولتميتر له مقاومة لانهائيّة.

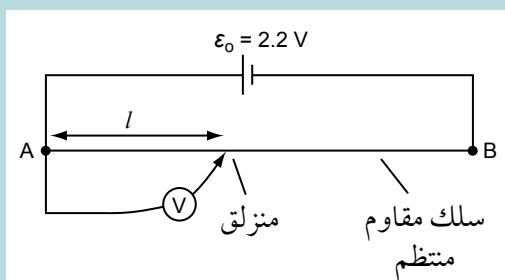


الشكل ٤٢-٣

- أ. كيف ستتغيّر القراءة على الفولتميتر عند ازدياد مقدار المقاومة المتغيّرة؟ اشرح إجابتك.  
 ب. المقاومة ( $R_2$ ) لها مقاومة ( $470 \Omega$ ). احسب قيمة المقاومة المتغيّرة عندما تكون القراءة على الفولتميتر ( $2.0 \text{ V}$ ).  
 ج. أُستبدل الفولتميتر بآخر مقاومته ( $2 \text{ k}\Omega$ ). احسب القراءة على هذا الفولتميتر.

٣٣

يوضح الشكل ٤٣-٣ مقياس جهد كهربائي.



الشكل ٤٣-٣

- أ. ١. مثل بيانيًّا القراءة على الفولتميتر مقابل الطول ( $l$ )، وذلك كلما تحرك المنزق من النقطة A إلى النقطة B.  
 ٢. اذكر القراءة على الفولتميتر عندما يكون المنزق متصلًا بـ A وعندما يكون متصلًا بـ B (يمكنك افتراض أن المقاومة الداخلية للخلية الدافعة مهملة).  
 ٣. ارسم رسمًا تخطيطيًّا لدائرة تبيّن كيف يمكن أن يستخدم مقياس الجهد لمقارنة القوة الدافعة الكهربائية لبطاريَتَين.  
 ب. عند توصيل زوج من المقاومات ( $\Omega$ ) على التوالي ببطارية، يتولَّد تيار كهربائي مقداره ( $0.60 \text{ A}$ ) عبر البطارية. وعندما توصِّل المقاومتان نفساهما على التوازي ثم توصلاً بعْد البطارية، يتولَّد تيار كهربائي مقداره ( $1.50 \text{ A}$ ) عبر البطارية. احسب القوة الدافعة الكهربائية والمقاومة الداخلية للبطارية.

٣٤ يتكون مقياس جهد كهربائي من خلية دافعة متصلة بسلك مقاومة طوله (100 cm)، استُخدم لمقارنة مقدارَي مقاومتين.

أ. ارسم مخططاً لتبيّن الدوائر المستخدمة لمقارنة المقاومتين.

ب. عندما اختبرت المقاومة ( $R_1$ ) وحدها، كان طول سلك المقاومة لتحقيق الاتزان (15.4 cm). وقيمة عدم اليقين في قياس بداية سلك المقاومة (0.1 cm)، وقيمة عدم اليقين في تأكيد نقطة الاتزان مقدارها (0.1 cm) إضافية.

١. حدد قيمة عدم اليقين في طول سلك الاتزان.

٢. عندما تُختبر ( $R_1$ ) و ( $R_2$ ) وهما على التوالي، يكون طول سلك الاتزان (42.6 cm)، وتكون قيم عدم اليقين مماثلة في قياس طول سلك الاتزان هذا.

أ. احسب نسبة  $\frac{R_1}{R_1 + R_2}$ .

ب. احسب قيمة النسبة  $\frac{R_1}{R_2}$ .

ج. احسب قيمة عدم اليقين في قيمة النسبة  $\frac{R_1}{R_2}$ .

## قائمة تقييم ذاتي

بعد دراسة الوحدة، أكمل الجدول الآتي:

مستعد للمضي قدماً	متمكن إلى حد ما	أحتاج إلى بذل المزيد من الجهد	أراجع الموضوع	أستطيع أن
			١-٣	أفهم طبيعة التيار الكهربائي.
			١-٣	أفهم مصطلح الشحنة الكهربائية وأتعرف إلى وحدتها الكولوم.
			١-٣	أفهم أن الشحنة الكهربائية مكممة.
			١-٣	أحل مسائل باستخدام المعادلة: $Q = It$ .
			١-٣	أحل مسائل باستخدام الصيغة: $I = nAvq$ .
			١-٣	أحل مسائل تتضمن متوسط السرعة المتجهة الانجراافية لحاملات الشحنات.
			٢-٣	أفهم مصطلح فرق الجهد الكهربائي والقوة الدافعة الكهربائية والفولت.
			٢-٣	أميّز بين فرق الجهد الكهربائي والقوة الدافعة الكهربائية.
			٢-٣	أحل مسائل باستخدام الصيغة: $V = \frac{W}{Q}$ .
			٣-٣	أحل مسائل تتضمن المقاومة النوعية لمادة ما: $\rho = \frac{RA}{L}$ حيث ( $R$ ) هي مقاومة السلك لتلك المادة، و ( $A$ ) هي مساحة المقطع العرضي و ( $L$ ) هي طول السلك. وحدة المقاومة النوعية هي أوم متر ( $\Omega m$ ).
			٤-٣	أذكر نص القانون الأول لکيرشوف وأستخدمه.
			٤-٣	أذكر نص القانون الثاني لکيرشوف وأستخدمه.
			٥-٣	أفهم مفهوم المقاومة الداخلية لمصدر قوة دافعة كهربائية.
			٥-٣	أحل مسائل تتضمن مقاومة داخلية، وقوة دافعة كهربائية، وفرق الجهد الكهربائي عبر المقاومة الداخلية.
			٥-٣	أتعرف إلى مجزئ الجهد الكهربائي وأحل مسائل باستخدام المعادلة: $V_{out} = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \times V_{in}$
			٥-٣	استخدم مقياس الجهد الكهربائي لمقارنة فروق الجهد.

# إجابات كتاب الطالب

## العلوم ضمن سياقها

كان لأجهزة الحاسوب تأثير كبير على الصناعة على مدار الثلاثين عاماً الماضية. على سبيل المثال:

- أحدثت الشبكة العالمية للمعلومات والاتصالات الدولية (الإنترنت) ثورة في الاتصالات، حيث سمحت للمهندسين بإرسال الخطط وما شابه على الفور إلى الزملاء.

- يمكن الآن استخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد لتصنيع السلع (أو الأشياء) الأساسية في أي مكان في العالم. وقد

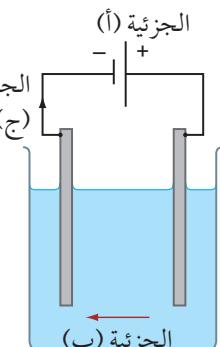
- صُممَّت ناسا (NASA) قطع غيار وأرسلتها إلكترونياً إلى محطة الفضاء الدولية حيث يمكنهم طباعتها باستخدام طابعة ثلاثية الأبعاد.

- أتاحت أجهزة الحاسوب إتمام الإجراءات الروتينية المتزايدة التعقيد. وتحل شبكات أجهزة الاستشعار في الآلات تحديد المشكلات والتعامل معها مبكراً قبل تفاصيلها.

## إجابات أسئلة موضوعات الوحدة

١. نحو اليمين.

٢. أ، ب، ج.



$$\Delta Q = I \Delta t = 0.40 \times 15 = 6.0 \text{ C} \quad .٣$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{150}{30} = 5 \text{ A} \quad .٤$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{50}{20} = 2.5 \text{ A} \approx 3 \text{ A} \quad .٥$$

٦. أ. تزداد شدة التيار الكهربائي إلى أربعة أمثال

لذلك ينخفض الزمن إلى الربع، وبالتالي:

$$t = \frac{1}{4} \text{ ساعة} \\ 4 \quad h = 15 \text{ min}$$

ب.  $\Delta Q = I \Delta t = 200 \times 15 \times 60 = 180000 \text{ C}$

الشحنة الكهربائية الكلية  
عدد البروتونات =  $\frac{\Delta Q}{الشحنة الكهربائية لكل بروتون}$

$$= \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.3 \times 10^{18}$$

$C = 8.0 \times 10^{-19}$ : لأنها الوحيدة التي تعدّ مضاعفاً

صحيحاً للشحنة الأولية ( $q = 5e$ )

$I = nAqv$

$$= 5.9 \times 10^{28} \times 2.0 \times 10^{-6} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 0.10 \times 10^{-3}$$

$$\approx 1.9 \text{ A}$$

$I = nAvq$

$$v = \frac{I}{Anq}$$

$$v = \frac{5.0}{8.5 \times 10^{28} \times \pi \times (0.50 \times 10^{-3})^2 \times 1.6 \times 10^{-19}} \\ = 4.7 \times 10^{-4} \text{ m s}^{-1}$$

١١. تزيد السرعة لأن متوسط السرعة الانجرافية

يتناصف عكسياً مع الكثافة العددية وبقية المتغيرات الأخرى ثابتة.

١٢. أ. أعد ترتيب معادلة المقاومة،  $R = \frac{\rho L}{A}$ , لتعطي

$$\text{الطول: } L = \frac{RA}{\rho}$$

حيث:

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times (0.5 \times 10^{-3})^2 = 1.96 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

لذلك، الطول للمقاومة  $\Omega$  هو:

$$L = \frac{RA}{\rho} = \frac{1.0 \times 0.2 \times 10^{-6}}{44.0 \times 10^{-8}} = 0.45 \text{ m} \approx 0.5 \text{ m}$$

- ب. الطول للمقاومة  $\Omega$  5.0 هو:

$$L = 5.0 \times 0.45 = 2.2 \text{ m}$$

- ج. الطول للمقاومة  $\Omega$  10 هو:

$$L = 10 \times 0.45 = 4.5 \text{ m}$$

شدة التيار الكهربائي بعيداً عن نقطة التفرع:

$$\sum I_{\text{out}} = 4.0 + 2.0 + 0.5 = 6.5$$

لقد تحقق قانون كيرشوف الأول.

١٩. شدة التيار الكهربائي باتجاه نقطة التفرع:

$$\sum I_{\text{in}} = 3.0 + 2.0$$

شدة التيار الكهربائي بعيداً عن نقطة التفرع:

$$\sum I_{\text{out}} = 7.0 + I$$

$$7.0 + I = 3.0 + 2.0$$

$$I = 5.0 - 7.0 = -2.0 \text{ A}$$

لذلك  $A = 2.0 \text{ A}$  باتجاه نقطة التفرع، وعكس الاتجاه المبين في المخطط.

٢٠. مجموع القوى الدافعة الكهربائية حول أي مسار

مغلق في دائرة يساوي مجموع فروق الجهد حول المسار المغلق. لذلك، تكون القوى الدافعة

لمصادر الطاقة = مجموع فروق الجهد عبر المقاومات، وهذا يعني أن فرق الجهد الكهربائي عبر المقاومة ( $R$ ) يعطى بـ:

قوى الدافعة لمصادر الطاقة - فرق الجهد عبر المقاومة  $\Omega$ .

$$V_R = 10 - (0.1 \times 20) = 8.0 \text{ V}$$

لكن  $V = IR$ ؛ لذلك فإن المقاومة ( $R$ ) تُعطى بـ:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{8.0}{0.1} = 80 \Omega$$

طريقة أخرى للحل:

$$10 - (0.1 \times 20) - 0.1 R = 0$$

$$R = \frac{8.0}{0.1} = 80 \Omega$$

٢١. اختر المسار المغلق الذي يحتوي على خلية  $5.0 \text{ V}$  في الأعلى، ويعبر المقاومة  $10 \Omega$  التيار الكهربائي  $I$ ، والخلية الوسطى  $5.0 \text{ V}$ ، باعتباره المسار الذي يحتوي على كمية مجهرولة واحدة فقط وهي شدة التيار.

١٣. حجم النحاس ( $V$ ) = الطول ( $L$ ) × مساحة المقطع العرضي ( $A$ )

$$L = \frac{V}{A}$$

وبالتالي، فإن المقاومة:

$$R = \frac{\rho V}{A^2} = \frac{1.69 \times 10^{-8} \times 1.0 \times 10^{-6}}{(4.0 \times 10^{-7})^2} = 0.11 \Omega$$

$$14. \Omega. \text{ المقاومة، } R = \frac{\rho L}{A}$$

نعلم أن الطول الأول،  $L_1 = 1.0 \text{ m}$ ، وكذلك المقاومة النوعية للنحاس  $\rho$ ، و مقاومته ( $R_1$ ). لذلك، مساحة المقطع العرضي من السلك:

$$A = \frac{\rho L_1}{R_1}$$

بالتالي:

$$\rho = \frac{R_1}{L_1}$$

مقاومة سلك طوله  $5.0 \text{ m}$  هي:

$$R_2 = \frac{\rho L_2}{A} = \frac{L_2 R_1}{L_1} = \frac{5.0 \times 0.50}{1.0} = 2.5 \Omega$$

١٥. المساحة  $A = \frac{1}{4} \pi d^2$ ، لذلك فإن انخفاض

القطر إلى النصف يقلل مساحة المقطع

العرضي إلى الربع. وبما أن المقاومة تتاسب

عكسياً مع مساحة المقطع العرضي، فإن

انخفاض قطر إلى النصف يؤدي إلى زيادة المقاومة إلى 4 أمثال. لذلك، المقاومة هي:

$$R = 0.50 \times 4 = 2.0 \Omega$$

١٦.  $40 \Omega$ : يزداد مقدار المقاومة إلى 4 أمثالها (لأن

مساحة المقطع العرضي قد انخفضت إلى

النصف وتضاعف الطول).

$$4.5 \text{ A}$$

١٧. داخلاً إلى النقطة  $P$

١٨. شدة التيار الكهربائي باتجاه نقطة التفرع:

$$\sum I_{\text{in}} = 1.0 + 2.5 + 3.0 = 6.5$$

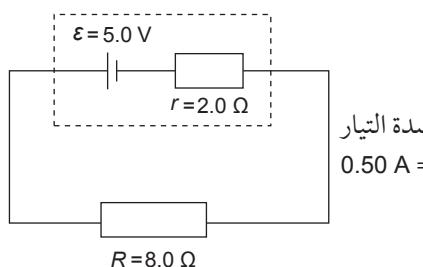


الآن استخدم القانون الأول لكيرشوف في نقطة التفرع في الدائرة إلى يمين الأميتر  $A_2$  ليعطى:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

لذلك شدة التيار الكهربائي خلال  $A_2$  هي:

$$I_2 = I_1 - I_3 = 0.50 - 0.25 = 0.25 \text{ A}$$



.٢٤

بإعادة ترتيب القوة الدافعة الكهربائية  $\epsilon = I(R + r)$  لتعطي شدة التيار الكهربائي:

$$I = \frac{\epsilon}{(R + r)} = \frac{5.0}{(8.0 + 2.0)} = 0.50 \text{ A}$$

١. بإعادة ترتيب القوة الدافعة الكهربائية

$\epsilon = I(R + r)$  لتعطي شدة التيار الكهربائي:

$$I = \frac{\epsilon}{(R + r)} = \frac{3.0}{(10 + 10 + 4.0)}$$

$$= 0.125 \approx 0.13 \text{ A}$$

٢. تُعطى المقاومة الخارجية  $R$  بواسطة:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10}$$

$$\text{لذلك فإن: } R = 5.0 \Omega$$

وكذلك،

$$I = \frac{\epsilon}{(R + r)} = \frac{3.0}{(5.0 + 4.0)} = 0.33 \text{ A}$$

٣. فرق الجهد الكهربائي المفقود:

$$Ir = 0.125 \times 4.0 = 0.5 \text{ V}$$

فرق الجهد الكهربائي بين طرفي الخلية:

القوى الدافعة الكهربائية - فرق الجهد

الكهربائي المفقود:

$$= 3.0 - 0.5 = 2.5 \text{ V}$$

ب. مجموع القوى الدافعة الكهربائية للخلايا في الحلقة = فرق الجهد الكهربائي عبر المقاومة:

$$\Sigma \epsilon = 5.0 + 5.0 = 10 \text{ V}$$

لكن  $V = IR$ ، لذلك،

$$I = \frac{V}{R} = \frac{10}{10} = 1.0 \text{ A}$$

٢٢. في المسار المغلق، مجموع القوى الدافعة الكهربائية هي:

$$= 30 - 10 = 20 \text{ V}$$

والتي يجب أن تساوي وفقاً للقانون الثاني لكيرشوف مجموع فروق الجهد عبر المقاومات، مجموع فروق الجهد عبر المقاومات تعطى بواسطة  $V = IR$ :

$$= (0.5 \times R) + (0.5 \times 10) + (0.2 \times 10) + (0.2 \times 20)$$

لذلك،  $20 = (0.5 \times R) + 11$ ، لتعطي  $R$ :

$$R = \frac{20 - 11}{0.5} = 18 \Omega$$

٢٣. ضع في اعتبارك المسار المغلق للدائرة في الأعلى، يتضمن خلية  $10 \Omega$  ومقاومة  $20 \Omega$

استخدم القانون الثاني لكيرشوف والمعادلة

$V = IR$  لتعطي:

$$10 = I_1 \times 20$$

لذلك فإن شدة التيار الكهربائي خلال  $A_1$  هي:

$$I_1 = \frac{10}{20} = 0.5 \text{ A}$$

ضع في اعتبارك المسار المغلق للدائرة في الأسفل، تتضمن خلية  $5 \Omega$  ومقاومة  $20 \Omega$

استخدم القانون الثاني لكيرشوف والمعادلة

$V = IR$  لتعطي:

$$5 = I_1 \times 20 \Omega$$

لذلك فإن شدة التيار الكهربائي خلال  $A_3$  هي:

$$I_3 = \frac{5}{20} = 0.25 \text{ A}$$

وعندما تضبط المقاومة على  $\Omega = 40$ , يكون:

$$V_{\text{out}} = \frac{R_2}{(R_1 + R_2)} \times V_{\text{in}} = \frac{40}{(10 + 40)} \times 10 = 8 \text{ V}$$

**٣١.** أ. فرق الجهد الكهربائي لسلك طوله 1 cm :

$$= \frac{4.0}{100} = 0.04 \text{ V}$$

الطول المطلوب لفرق جهد كهربائي 7 V هو:

$$= \frac{1.0}{0.04} = 25 \text{ cm}$$

**ب.** فرق الجهد الكهربائي عبر طول 37.0 cm من السلك.

$$37.0 \times 0.04 = 1.48 \text{ V} \approx 1.5 \text{ V}$$

سيكون للخلية الأساسية مقاومة داخلية

وهي تزود مجزء الجهد بالتيار الكهربائي. لذلك، فإن فرق الجهد الكهربائي بين طرفيها والسلك سيكون أقل بقليل من القوة الدافعة الكهربائية للخلية (4.0 V).

**ج.** إذا كان سلك التوازن الذي طوله 31.2 cm مطلوبًا للخلية التي قوتها الدافعة الكهربائية 1.230 V, يكون فرق الجهد الكهربائي الذي توفره خلية مجھولة القوة الدافعة الكهربائية:

$$= \frac{(1.230 \times 37.0)}{31.2} = 1.459 \text{ V} \approx 1.46 \text{ V}$$

### إجابات أسئلة نهاية الوحدة

**١.** ج (لتعریف القوة الدافعة الكهربائية يجب أن تذكر

أنها الطاقة المنقوله لكل وحدة شحنة)

$$Q = It = 0.150 \times 40 \times 60 = 360 \text{ C}$$

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{2000}{40} = 50 \text{ s}$$

$$Q = It = 30 \times 10^3 \times 2000 \times 10^{-6} = 60 \text{ C}$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{4.5}{15} = 0.30 \text{ A}$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{230}{6.5} = 35 \Omega$$

$$V = IR = 2.4 \times 3.5 = 8.4 \text{ V}$$

$$Q = It = 2.4 \times 10 \times 60 = 1440 \text{ C} \approx 1400 \text{ C}$$

**٢.** فرق الجهد الكهربائي المفقود:

$$Ir = 0.33 \times 4.0 \approx 1.3 \text{ V}$$

فرق الجهد الكهربائي بين طرفي الخلية:

القوى الدافعة الكهربائية - فرق الجهد

الكهربائي المفقود:

$$= 3.0 - 1.33 \approx 1.7 \text{ V}$$

**٢٦.** بإعادة ترتيب القوة الدافعة الكهربائية  $(r + R)I = \epsilon$

لتعطى شدة التيار الكهربائي:

$$I = \frac{\epsilon}{(R + r)} = \frac{(1.5 \times 4)}{2.0 + (0.1 \times 4)} = 2.5 \text{ A}$$

$$\epsilon = 3.0 \text{ V} . . . . . ٢٧$$

فرق الجهد الكهربائي عبر المقاومة  $\Omega = 10$ :

$$= 2.8 \text{ V}$$

لذلك، فإن شدة التيار الكهربائي في الدائرة

والمقاومة موصولة:

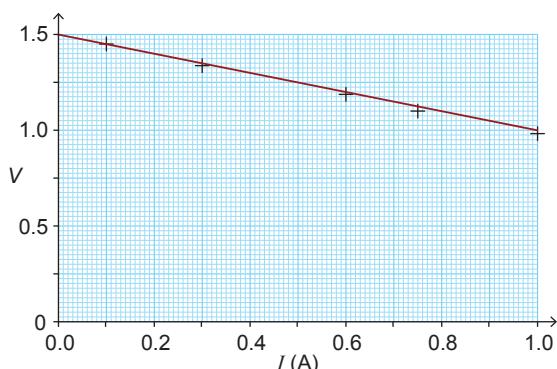
$$= \frac{V}{R} = \frac{2.8}{10} = 0.28 \text{ A}$$

بإعادة ترتيب القوة الدافعة الكهربائية  $(r + R)I = \epsilon$ ,

لتعطى المقاومة الداخلية للبطارية:

$$r = \frac{(\epsilon - IR)}{I} = \frac{(3.0 - 2.8)}{0.28} = 0.71 \Omega$$

. . . . . ٢٨



$$r = 0.5 \Omega \quad \epsilon = 1.5 \text{ V}$$

**٢٩.** فرق الجهد الكهربائي بين طرفي البطارية:

$$= \epsilon - Ir = 12 - (100 \times 0.04) = 8 \text{ V}$$

**٣٠.** عندما تضبط المقاومة على  $\Omega = 0$ , يكون  $V_{\text{out}} = 0 \text{ V}$

**ب.** متوسط السرعة الانجراافية:

$$v = \frac{I}{nAe}$$

$$v = \frac{3.5 \times 10^{-3}}{9.89 \times 10^{28} \times 5.0 \times 10^{-8} \times 1.6 \times 10^{-19}}$$

$$= 4.4 \times 10^{-6} \text{ m s}^{-1}$$

- ١١. أ.** فرق الجهد الكهربائي عبر طرفي خلية ما هو الشغل المبذول لكل وحدة شحنة من الشحنة الكهربائية في الدائرة الخارجية.  
القوة الدافعة الكهربائية لخلية ما هو الشغل المبذول لكل كولوم من الشحنة الكهربائية في الدائرة الكاملة.

$$Q = It = 100 \times 3600 = 360000 \text{ C}$$

$$W = QV = 12 \times 360000 \text{ W}$$

$$W = 4.3 \times 10^6 \text{ J}$$

**١٢. أ.** النسبة المئوية لعدم اليقين:

$$= \frac{0.1}{2.4} \times 100\% = 4.1\%$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{8.9}{2.4} = 3.7 \Omega$$

**ب.** المقاومة لكل وحدة طول:

$$= \frac{3.7}{80 \times 10^{-3}} = 46 \Omega \text{ m}^{-1}$$

**ج.** بإضافة النسب المئوية لعدم اليقين:

$$= 2 + 4.1 + 5 = 11\% \quad (\text{مقرّبة})$$

عدم اليقين المطلق لكل وحدة طول من السلك:

$$= 46 \times 11\% = 5 \Omega \text{ m}^{-1} \quad (\text{مقرّبة})$$

**١٣. ب.**

**١٤. أ.** المقاومة:

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{1.3 \times 10^{-8} \times 1.5}{0.008 \times 10^{-6}} = 2.4 \Omega$$

$$L = \frac{RA}{\rho} = \frac{30 \times 8.0 \times 10^{-9}}{1.30 \times 10^{-8}} = 18.5 \approx 18 \text{ m}$$

**١٥. أ.** مساحة مقطع السلك ونوع مادته.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{1.5}{0.24} = 6.25 \Omega \approx 6.3 \Omega$$

$$\text{ب. ج. } W = QV = 1440 \times 6.0 = 8640 \text{ J} \approx 8600 \text{ J}$$

$$W = QV = 1.6 \times 10^{-19} \times 50 \times 10^3$$

$$= 8.0 \times 10^{-15} \text{ J}$$

**٧**

**٨. أ.** السهم من اليسار إلى اليمين داخل محلول.

٢. السهم (تدفق الإلكترونات) من الأنود إلى الإلكترود الأيسر إلى الطرف الموجب للبطارية أو من الطرف السالب للبطارية إلى الإلكترود الأيمن.

**ب.** ١. الشحنة الكهربائية = شحنة لكل أيون  $\times$  عدد الأيونات:

$$Q = 1.6 \times 10^{-19} \times 3.6 \times 10^{16}$$

$$Q = 5.76 \times 10^{-3} \approx 5.8 \times 10^{-3} \text{ C}$$

أو:

$$Q = 2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1.8 \times 10^{16}$$

$$= 5.76 \times 10^{-3} \approx 5.8 \times 10^{-3} \text{ C}$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{5.8 \times 10^{-3}}{(8.0 \times 60)}$$

$$I = 1.2 \times 10^{-5} \text{ A} = 12 \mu\text{A}$$

**٩. ١.**

ب. بمعرفة أن شدة التيار الكهربائي في الأمبير = شدة التيار الكهربائي في الأنوب.

$$Q = It = 4.5 \times 10^{-3} \times 3 \times 60 = 0.81 \text{ C}$$

**ب.** عدد الإلكترونات =  $\frac{\text{الشحنة الكهربائية الكلية}}{\text{الشحنة الكهربائية لكل إلكترون}}$

$$N = \frac{8.1 \times 10^{-1}}{1.6 \times 10^{-19}} = 5.06 \times 10^{18} \approx 5.1 \times 10^{18}$$

$$\text{ج. } W = QV = 75 \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.2 \times 10^{-17} \text{ J}$$

**١٠. أ.** الكثافة العددية للإلكترونات  $n$  = عدد الذرات

في  $1 \text{ m}^3$  = عدد الذرات في  $8900 \text{ kg}$

$$= \frac{8900 \times 6.0 \times 10^{26}}{54} = 9.89 \times 10^{28} \approx 10^{29} \text{ m}^{-3}$$

عدم اليقين الفعلي في قيمة المقاومة

النوعية:

$$= 1.56 \times 10^{-8} \times \frac{15.8}{100} = 0.25 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$$

.١٨ ب

.١٩ د

$$W = 3.6 \text{ A} \quad .٢٠$$

$$\text{ب. } X = 4.3 - 2.4 = 1.9 \text{ باتجاه الأسفل}$$

$$\text{ج. } Y = 4.8 - 2.7 = 2.1 \text{ A إلى اليسار}$$

$$\text{د. } Z = 4.3 - 4.3 = 0$$

$$X = 6.5 - 2.0 = 4.5 \text{ m A} \quad .٢١$$

$$\text{إلى اليمين} \quad .٢١$$

$$X = 2.2 - 1.4 = 0.8 \text{ V} \quad .٢٢$$

$$\text{ب. } X = 6.3 + 2.4 - 5.0 = 3.7 \text{ V}$$

$$X = 6.0 - 1.4 - 2.4 = 2.2 \text{ V} \quad .٢٣$$

$$\text{ج. } X = 4.3 + 4.7 = 9.0 \text{ V}$$

$$Y = 9.0 \text{ V}$$

.٢٣ أ. شدة التيار الكهربائي المتدافق من البطارية

تساوي شدة التيار المار عبر المقاومة:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1.8}{220} = 8.2 \text{ mA}$$

ب. فرق الجهد الكهربائي عبر المصباح:

$$V = 6.0 - 1.8 = 4.2 \text{ V}$$

ج. المقاومة الكلية:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{6.0}{0.0082} = 730 \Omega$$

د. الشحنة الكهربائية:

$$Q = It = 0.0082 \times 60 = 0.492 \text{ C} \approx 0.49 \text{ C}$$

عدد الإلكترونات:

$$N = \frac{Q}{e} = \frac{0.492}{1.6 \times 10^{-19}} = 3.1 \times 10^{18}$$

.٢٤ أ. شدة التيار الكهربائي في المقاومة Y:

$$= 2.0 - 0.5 = 1.5 \text{ A}$$

٢. بما أن  $R = \frac{\rho L}{A}$ , فإن:

$$A = \frac{\rho L}{R} = \frac{1.69 \times 10^{-8} \times 5.0}{6.25}$$

$$= 1.35 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \approx 1.4 \times 10^{-8} \text{ m}^2$$

بما أن  $A = \frac{1}{4}\pi d^2$ , فإن,

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.352 \times 10^{-8}}{\pi}}$$

$$= 1.3 \times 10^{-4} \text{ m}$$

ج. ستخفض شدة التيار، نظراً لأن مقاومة

السلك تتاسب عكسياً مع مساحة المقطع،

فعندما تضيق الحزمة التي يصنع منها

السلك فإن مقاومته ستزداد. فتخفض شدة

التيار الكهربائي.

.١٦ أ. بما أن  $R = \frac{\rho L}{A}$ , و  $A$  تساوي السُّمك  $\times$  العرض.

لذلك يكون السُّمك:

$$t = \frac{\rho L}{Rw} = \frac{2.3 \times 10^3 \times 36 \times 10^{-3}}{1.1 \times 10^6 \times 32 \times 10^{-3}}$$

$$= 0.0023 \text{ m (2.3 mm)}$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12}{1.1 \times 10^6} = 1.1 \times 10^{-5} \text{ A} \quad .١٧ ب.$$

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

$$= \frac{R\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2}{2.25} = \frac{0.28 \times \pi \times \left(\frac{0.4 \times 10^{-3}}{2}\right)^2}{2.25}$$

$$= 1.56 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$$

ب. عدم اليقين في القطر:

$$= \frac{0.02}{0.40} \times 100\% = 5.0\%$$

عدم اليقين في الطول:

$$= \frac{0.05}{2.25} \times 100\% = 2.2\% \approx 2\%$$

عدم اليقين في المقاومة:

$$= \frac{0.01}{0.28} \times 100\% = 3.6\% \approx 4\%$$

٢. عدم اليقين في كل المتغيرات (عدم اليقين الكلّي):

$$= (2 \times 5.0) + 2.2 + 3.6 = 15.8\%$$

٢. تكون قراءة الأميتر عند نقطة الاتزان صفرًا.

$$\text{ب. } \frac{\text{القوة الدافعة الكهربائية}}{1.434} = \frac{22.5}{34.6}$$

لذلك، القوة الدافعة الكهربائية:

$$= \frac{22.5}{34.6} \times 1.434 = 0.933 \text{ V}$$

**٢٩. أ.** المقاومة بسبب الشغل المبذول (أو الطاقة

المنقولة) في دفع التيار الكهربائي عبر الخلية.

والذي يساوي «الجهد المفقود» مقسوماً على شدة التيار الكهربائي.

$$\text{ب. ١. } \epsilon = I(R + r) = 0.625(2 + r)$$

$$= 0.341(4 + r)$$

$$r = 0.40 \Omega$$

**٣٠. ع.** عُوض في  $\epsilon = I(R + r)$ :

$$\epsilon = 1.50 \text{ V}$$

**ج.** المقاومة الداخلية مرتفعة جداً، والحد

الأقصى للتيار  $> 4 \text{ A}$

$$I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{1.50}{0.40} = 3.75 \text{ A}$$

**٣١. أ.** القوة الدافعة الكهربائية للخلية هي الشغل المبذول لكل كولوم من الشحنة الكهربائية في الدائرة الكاملة.

**ب. ١.** لا يوجد تيار / أو التيار الكهربائي ضئيل

جداً خلال الثولتميتر عالي المقاومة،

وبالتالي يكون التيار الكهربائي في

البطارية كذلك. فعندما توصل المقاومة

على التوازي مع البطارية، يكون هناك تيار

أكبر بكثير خلالها وكذلك في الخلية.

لذلك، يوجد الآن هبوط في فرق الجهد

حيث يُبذل شغل كهربائي ضد المقاومة

الداخلية للبطارية.

**ب.** فرق الجهد الكهربائي عبر Y:

$$= 0.5 \times 6.0 = 3.0 \text{ V}$$

بالتالي، مقدار مقاومة Y:

$$Y = \frac{3}{1.5} = 2 \Omega$$

**ج.** فرق الجهد الكهربائي عبر X:

$$= 12 - 3 = 9.0 \text{ V}$$

بالتالي، مقدار مقاومة X:

$$= \frac{9.0}{2.0} = 4.5 \Omega$$

$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$I_2 = 1.75 - 1.00 = 0.75 \text{ A}$$

$$\text{ب. } \epsilon_1 = IR = 0.75 \times 12 = 9.0 \text{ V}$$

**ج.** استخدم المسار المغلق للدائرة المحتوية

للبطاريتين والمقاومة 3 Ω:

$$9.0 = \epsilon_2 + (1 \times 3)$$

$$\epsilon_2 = 6.0 \text{ V}$$

$$\text{د. } I = \frac{V}{R} = \frac{6.0}{12} = 0.50 \text{ A}$$

$$\text{ب. ٢٦}$$

**ج. ٢٧.** فرق الجهد الكهربائي بين طرفي الخلية:

$$V = IR = 2.5 \times 0.30 = 0.75 \text{ V}$$

هناك شغل مبذول داخل الخلية ضد المقاومة

الداخلية أو يوجد جهد كهربائي (جهد مفقود)

عبر المقاومة الداخلية.

$$\text{ب. } \epsilon = V + Ir$$

$$1.5 = 0.75 + 2.5 \times r$$

$$\text{لذلك } 2.5r = 0.75$$

$$r = 0.30 \Omega \text{ أي أن:}$$

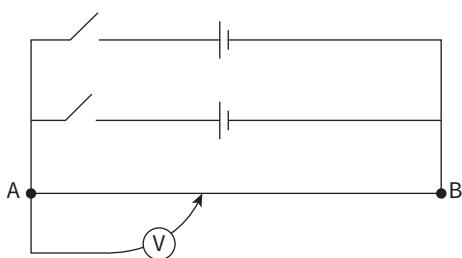
**٢٨. أ.** ١. خلية الاختبار موصلة بشكل معكوس،

لذلك يجب أن يعكسها.

$$B: 2.2 \text{ V} \quad A: 0 \text{ V} . \quad ٢$$

٣. رسم تخطيطي عام (خلية واحدة أو خلتين).

الخليتان يجب أن تكونا بقطبية صحيحة، مع استخدام مفاتيحين أو أي تعبير مناسب يدل على أنه تستخدم خلية واحدة فقط في كل مرة.



$$\epsilon = I(R + r) . \quad \text{ب.}$$

عند التوصيل على التوالي:

$$\epsilon = 0.6 \times (8 + r)$$

عند التوصيل على التوازي:

$$\epsilon = 1.50 \times (2 + r)$$

بحل المعادلتين آنئًا نحصل على:

$$r = 2.0 \Omega$$

بالتعميض في أي من المعادلتين نحصل على:

$$\epsilon = 6.0 \text{ V}$$

٣٤. أ. المخطط مشابه للشكل ٣٠-٣

ب. ١. قيمة عدم اليقين في طول سلك الاتزان:

$$0.1 + 0.1 = \pm 0.2 \text{ cm}$$

أ. النسبة:

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{15.4}{42.6} = 0.362$$

ب. طول سلك الاتزان لـ  $R_2$ :

$$42.6 - 15.4 \text{ cm} = 27.2$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{8.40}{12} = 0.70 \text{ A} . \quad ٢$$

٣. الجهد المفقود = ٠.٥٤ V

$$r = \frac{\text{الجهد المفقود}}{I} = \frac{0.54}{0.70} = 0.77 \Omega$$

٤. مقاومة الفولتميتر  $r$  أو  $R$ .

٣١. فرق الجهد الكهربائي في الدائرة ١ عبر المصباح يتغير من ٠ V إلى ٢٤٠ V.

لا ينخفض فرق الجهد الكهربائي أبدًا إلى الصفر في الدائرة ٢.

٣٢. أ. ستتحفظ قراءة الفولتميتر؛ لأن شدة التيار الكهربائي تتحفظ خلال المقاومة  $R_2$ .

$$V_{\text{out}} = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \times V_{\text{in}} . \quad \text{ب.}$$

لذلك،

$$2.0 = \frac{470}{470 + R_1} \times 9$$

$$R_1 = 1645 \approx 1600 \Omega$$

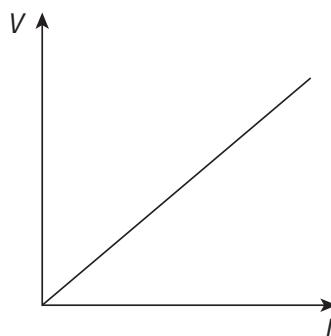
ج. المقاومة  $R_2$  والفولتميتر على التوازي، لذا فإن المقاومة المكافئة:

$$R_T = \left( \frac{1}{470} + \frac{1}{2000} \right)^{-1} = 380 \Omega$$

$$V_{\text{out}} = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \times V_{\text{in}} \\ = \frac{380}{1645 + 380} \times 9 = 1.7 \text{ V}$$

٣٣. أ. خط مستقيم يمر بنقطة الأصل مع ميل موجب.

تسمية محوري التمثيل البياني: V على المحور الصادي) و I على (المحور السيني).





والنسبة المئوية لعدم اليقين =

$$\frac{0.4}{27.2} \times 100 = 1.5\%$$

النسبة المئوية الكلية لعدم اليقين =

$$1.3\% + 1.5\% = 2.8\% \approx 3\%$$

عدم اليقين في قيمة النسبة :

$$\frac{3}{100} \times 0.566 = 0.017$$

النسبة :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{15.4}{27.2} = 0.566$$

ج. عدم اليقين للطول في  $R_1$  :

$$= \pm 0.2 \text{ cm}$$

والنسبة المئوية لعدم اليقين =

$$\frac{0.2}{15.4} \times 100 = 1.3\%$$

عدم اليقين للطول في  $R_2$  :

$$= 0.2 + 0.2 = \pm 0.4 \text{ cm}$$

**zadelm.com**

## إجابات كتاب التجارب العملية والأنشطة

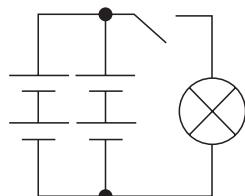
### إجابات أسئلة الأنشطة

#### نشاط ١-٣: المقاومة، وفرق الجهد الكهربائي، والقوة الدافعة الكهربائية

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

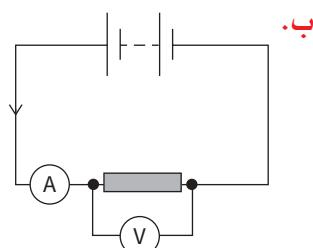
$$\Omega = \frac{J C^{-1}}{C s^{-1}} = J s C^{-2}$$

.٥



.٦

- أ. التيار الكهربائي في المقاومة وفرق الجهد الكهربائي عبر المقاومة.



.٧

- ج. مقاومة الأميتر منخفضة؛ مقاومة الفولتميتر عالية.

- د. مع رسم الدائرة، إذا كان للفولتميتر مقاومة منخفضة، فإن الأميتر لن يقيس شدة التيار الكهربائي من خلال المقاومة فقط، ولكن يقيس شدة التيار الكهربائي من خلال الفولتميتر أيضاً، لذلك يجب أن يكون الفولتميتر مقاومة عالية لمنع ذلك. مع توصيل الفولتميتر عبر الخلية؛ أما إذا كان للأميتر مقاومة عالية، فإن قراءة الفولتميتر هي فرق الجهد الكهربائي عبر المقاومة مضافاً إليها فرق الجهد الكهربائي عبر الأميتر، لذلك يجب أن يكون للأميتر مقاومة منخفضة لمنع ذلك.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{12}{0.80} = 15 \Omega$$

.٨

$$V = IR = 1.2 \times 15 = 18 V$$

ب.

- ب. يوجد فرق الجهد الكهربائي عبر المقاومات، في حين توجد القوة الدافعة الكهربائية عبر مصادر الطاقة الكهربائية. تنتقل الطاقة الكهربائية إلى أشكال أخرى من الطاقة في إنشاء مرور الشحنة الكهربائية عبر المقاومات؛ وتنتقل أنواع أخرى من الطاقة إلى طاقة كهربائية في مصدر القوة الدافعة الكهربائية.

$C^{-1} J$
$A s$
$V A^{-1}$
$J s^{-1}$

القوة الدافعة الكهربائية
الشحنة الكهربائية
المقاومة
القدرة الكهربائية

.٩

- أ. القوة الدافعة الكهربائية

- ب. فرق الجهد الكهربائي

- ج. شدة التيار الكهربائي

- د. الشحنة

- هـ. الأول

- أـ. فرق الجهد الكهربائي

- بـ. فرق الجهد الكهربائي

- جـ. شدة التيار الكهربائي

- دـ. شدة التيار الكهربائي

- هــ. الشحنة الكهربائية

**نشاط ٣-٣: حاملات الشحنات الكهربائية**

١. أ.  $n$ : عدد حاملات الشحنة الكهربائية لكل وحدة حجم.

$q$ : الشحنة الكهربائية على حامل شحنة واحدة، عادة ما تكون شحنة الإلكترون.

$v$ : متوسط سرعة الانجراف لحاملات الشحنة الكهربائية.

- ب. ١.  $n$ : عدد حاملات الشحنة الكهربائية لكل وحدة حجم.

لذلك، عدد حاملات الشحنة الكهربائية في سلك طوله  $l$ :

$$= n \times \text{حجم} = nA/l$$

٢. الشحنة الكهربائية الكلية = عدد حاملات الشحنة الكهربائية  $\times$  شحنة كل حامل شحنة

الشحنة الكهربائية الكلية:

$$= nA/l \times q = nA/lq$$

٣. السرعة = المسافة / الزمن

$\frac{l}{v}$  = المسافة / الزمن

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{nA/lq}{v}$$

$$I = nAvq$$

- ج. تكون قيمة  $n$  أكبر في الفلز؛ وبالتالي تكون شدة التيار الكهربائي أكبر.

٢. أ. إلكترونات.

- ب. أيونات.

٣. أ.

$$I = nAvq$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{I}{Avq} \\ &= \frac{2.0}{(1.0 \times 10^{-6} \times 2.5 \times 10^{-4} \times 1.6 \times 10^{-19})} \\ n &= 5.0 \times 10^{28} \text{ m}^{-3} \end{aligned}$$

**نشاط ٢-٣: التيار الكهربائي والشحنة الكهربائية**

١. الاتجاهان متعاكسان.

٢. أ. معدل تدفق الشحنة الكهربائية عبر نقطة في الدائرة.

$$Q = It$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{360}{60} = 6.0 \text{ A}$$

$$Q = It = 250 \times 10^{-6} \times (3 \times 60) = 0.045 \text{ C}$$

$$Q = It$$

$$= 5.0 \times 10^{-3} \times (12 \times 60) = 3.6 \text{ C}$$

- ب. لكل إلكترون شحنة  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

$$Q = Nq$$

$$N = \frac{Q}{q} = \frac{3.6}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.3 \times 10^{19}$$

$$Q = It$$

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{2.0}{5.0 \times 10^{-3}} = 400 \text{ s}$$

$$Q = Nq$$

$$Q = 100 \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.6 \times 10^{-17} \text{ C}$$

$$Q = It$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{1.6 \times 10^{-17}}{5.0 \times 10^{-3}} = 3.2 \times 10^{-9} \text{ A}$$

- ج. لأن الشحنة الكهربائية كمية مكممة وهذا يعني أنها لا بد أن تأخذ كميات تساوي مضاعفات من أصغر شحنة يمكن أن تتدفق هي شحنة الإلكترون.

٥. الشحنة الكهربائية الكلية التي تضرب الشاشة في كل ثانية ( $1.0 \text{ mC}$ )؛ لأن شدة التيار الكهربائي هو معدل تدفق الشحنة الكهربائية.

$$Q = It$$

$$Q = 1 \times 10^{-3} \times 1 = 1 \times 10^{-3} \text{ C} = 1 \text{ mC}$$

$$Q = Nq$$

$$N = \frac{Q}{q} = \frac{1.0 \times 10^{-3}}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.3 \times 10^{15}$$

د. تبدأ جميع الإلكترونات داخل السلك بالحركة في الزمن نفسه تقريباً.

٦. أ.  $I = nAq$

$$I = nAvq$$

$$v_Q = v_P = A_P : A_Q = 2 : 1$$

### نشاط ٤-٣: المقاومة النوعية والمقاومة الأساسية

$$1. \text{ أ. المقاومة النوعية} = \frac{\text{المقاومة} \times \text{مساحة المقطع العرضي}}{\text{الطول}}$$

ب. لا تأخذ المقاومة النوعية مقاومة السلك بالحسبان فحسب، بل طول السلك ومساحة مقطعه أيضاً لينتاج الكميه نفسها (ثابتة) لجميع الأسلاك من المادة نفسها. في حين أن المقاومة خاصة بسلك مفرد.

ج. تعتمد مقاومة الأسلاك على الطول ومساحة المقطع؛ في حين المقاومة النوعية هي نفسها لجميع الأسلاك من المادة نفسها (عند درجة الحرارة نفسها). تعتمد المقاومة لكل وحدة طول على مساحة مقطع السلك، في حين لا تعتمد المقاومة النوعية على ذلك.

٢. أ.  $R = \rho \frac{l}{A}$

$$\rho = \frac{V}{I} \quad \text{و} \quad \rho = \frac{RA}{l}$$

$$\text{وحدة المقاومة النوعية: } \Omega \text{ m} = \frac{\Omega \times \text{m}^2}{\text{m}}$$

$$\rho = \frac{V}{A} \quad \text{أو} \quad \rho = V \text{ m A}^{-1}$$

$$\text{ج. باستخدام الصيغة: } V = \frac{W}{Q} : V = J C^{-1}$$

$$Q = It : C = A s$$

باستخدام الصيغة:

$$KE = \frac{1}{2} mv^2 : J = kg \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$$

ب. تتحفظ السرعة المتجهة الانجرافية أيضاً إلى النصف.

ج. يؤدي مضاعفة القطر إلى أن تكون مساحة المقطع العرضي أكبر بأربع مرات؛ لذلك يجب أن تقل السرعة المتجهة الانجرافية إلى الربع للمحافظة على تيار كهربائي ثابت.

٤. أ. حجم السلك:

$$V = A/I = 1.2 \times 10^{-6} \times 5.0$$

$$V = 6.0 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

عدد حاملات الشحنة الكهربائية:

$$= 3.6 \times 10^{23} \times 3 = 10.8 \times 10^{23}$$

$$n = \frac{10.8 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{-6}} = 1.8 \times 10^{29} \text{ m}^{-3}$$

$$I = nAvq$$

$$V = \frac{I}{nAq} = \frac{5.0}{(1.8 \times 10^{29} \times 1.2 \times 10^{-6} \times 1.6 \times 10^{-19})}$$

$$V = 1.4 \times 10^{-4} \text{ m s}^{-1}$$

$$I = nAvq$$

$$I = 8.0 \times 10^{28} \times 1.8 \times 10^{-7} \times 8.7 \times 10^{-4} \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$I = 2.0 \text{ A}$$

$$V = \frac{s}{t}$$

$$t = \frac{s}{V} = \frac{l}{V} = \frac{5.0}{8.7 \times 10^{-4}}$$

$$t = 5747 \text{ s} \approx 5700 \text{ s}$$

ب.

٥. أ.

ج. حجم السلك:

$$V = A/I = 1.8 \times 10^{-7} \times 5.0$$

$$V = 9.0 \times 10^{-7} \text{ m}^3$$

عدد الإلكترونات الحرة:

$$nV = 8.0 \times 10^{28} \times 9.0 \times 10^{-7}$$

$$= 7.2 \times 10^{22}$$

أو وضع السلك في حمام مائي بدرجة حرارة ثابتة (شرط أن يكون السلك معزولاً).

**الإجراءات الأخرى لزيادة ضبط النتيجة:** قياس القطر من عدة أماكن على طول السلك وحساب المتوسط، واستخدام أدوات قياس حساسة.

٤. تتناسب المقاومة طردياً مع الطول وتتناسب عكسياً مع مساحة المقطع العرضي.

**أ.** يتضاعف الطول فتضاعف المقاومة:

$$R = 400 \Omega$$

**ب.** مضاعفة مساحة المقطع العرضي تخفض المقاومة إلى النصف:

$$R = 100 \Omega$$

**ج.** الطول ومساحة المقطع العرضي كلاهما أكبر بخمس مرات، لذلك لا يوجد تأثير على المقاومة:

$$R = 200 \Omega$$

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

$$\rho = \frac{RA}{l} = \frac{60 \times 2.0 \times 10^{-8}}{20} = 6.0 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$$

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

$$l = \frac{RA}{\rho} = \frac{1000 \times 1.0 \times 10^{-8}}{1.0 \times 10^{-6}} = 10 \text{ m}$$

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

$$A = \frac{\rho l}{R} = \frac{5 \times 10^{-7} \times 2.0}{50} = 2 \times 10^{-8} \text{ m}^2$$

$$A = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{2 \times 10^{-8}}{\pi}}$$

$$= 8 \times 10^{-5} \text{ m}$$

### نشاط ٥-٣: المقاومة النوعية والمقاومة: مسائل متقدمة

$$1. \quad \text{أ. الطول} = 0.15 \text{ m} = 15 \text{ cm}$$

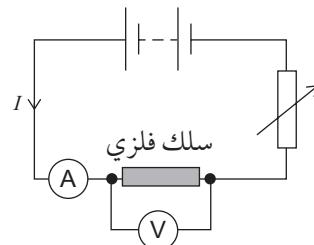
$$\text{القطر} = 0.0020 \text{ m} = 0.20 \text{ cm}$$

بالتعويض عن القولوم والكولوم والجول نجد أن وحدة المقاومة النوعية:

$$\rho = J C^{-1} m A^{-1} = kg m^2 s^{-2} \times (A s)^{-1} \times m A^{-1}$$

$$\text{الوحدة لـ} : \rho = m^3 kg A^{-2} s^{-3}$$

**٣. الرسم التخطيطي للدائرة:** باستخدام الدائرة المبينة مع مصدر جهد كهربائي متغير.



الكميات المقصورة والأدوات: قس كلاً من فرق الجهد الكهربائي (V) عبر السلك وشدة التيار الكهربائي (I) بداخله بالقولتميتر والأميتير على الترتيب.

قس الطول (l) من السلك بالمسطرة المتربة وقطر السلك بالميكروميتر. كرر القياسات مع أطوال مختلفة من السلك. احسب (R) حيث  $R = \frac{V}{I}$ .

**التمثيل البياني:** ارسم تمثيلاً بيانياً لـ (R) مقابل (l).

استخدام الميل: ميل التمثيل البياني  $= \frac{\rho}{A}$ , حيث ( $\rho$ ) هي المقاومة النوعية و ( $A$ ) هي مساحة المقطع العرضي  $= \frac{\pi d^2}{4}$ , و ( $d$ ) تمثل قطر السلك الفلزي.

لذلك,  $\rho = \text{الميل} \times \frac{\pi d^2}{4}$ .

أكبر نسبة عدم يقين: تكون أكبر نسبة عدم يقين في القطر؛ لأن القطر له القياس الأصغر.

**الإجراءات الاحترازية:** للمحافظة على درجة الحرارة ثابتة، استخدم التياريات الكهربائية الصغيرة وأخذ القراءة بسرعة وإيقاف تشغيلها،

ب.

الكمية بالنسبة إلى السلك الأول:	الكمية
أصغر	مساحة المقطع العرضي
أكبر	المقاومة
مماضية	المقاومة النوعية
أصغر	شدة التيار الكهربائي
أصغر	القدرة الناتجة

$$4. \quad 0.0080 \text{ m} = 8.0 \text{ mm}$$

مساحة المقطع العرضي:

$$A = 0.0030 \times 0.0000010 = 3.0 \times 10^{-9} \text{ m}^2$$

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{5.0 \times 10^{-6} \times 0.0080}{3.0 \times 10^{-9}} = 13 \Omega$$

$$5. \quad 0.0000010 \text{ m} = 0.0010 \text{ mm}$$

مساحة المقطع العرضي:

$$A = 0.0030 \times 0.0080 = 2.4 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{5.0 \times 10^{-6} \times 0.0000010}{2.4 \times 10^{-5}} = 2.1 \times 10^{-7} \Omega$$

بما أن  $R = \frac{\rho l}{A}$  ، لذلك فإن:

$$A = \frac{\rho l}{R} = \frac{1.45 \times 10^{-6} \times 0.015}{0.20} = 1.1 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

بما أن  $A = \frac{\pi d^2}{4}$  ، لذلك فإن:

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.1 \times 10^{-7}}{\pi}} = 3.7 \times 10^{-4} \text{ m}$$

نسبة جميع المتغيرات (السلك B : السلك A)

أ. 1:4 أو 0.25

ب. 4:1 أو 4

ج. 1:4 أو 0.25

مساحة المقطع العرضي:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times 0.0020^2}{4} = 3.1 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{5.0 \times 10^{-3} \times 0.15}{3.1 \times 10^{-6}} = 242 \Omega \approx 240 \Omega$$

ب. يعمل خط القلم الرصاص كمقاومة لأن الجرافيت يوصل الكهرباء. لحساب مساحة المقطع العرضي (A) قس المقاومة (R) لخط القلم الرصاص باستخدام المعادلة  $R = \frac{\rho l}{A}$  واستخدام المعادلة  $t = \frac{A}{w}$  لحساب سُمك الخط. لذلك سيكون السُّمك:  $t = \frac{\rho l}{R w}$

$$6. \quad 0.08 \text{ m} = 8 \text{ cm}$$

$$0.015 \text{ m} = 1.5 \text{ cm}$$

مساحة المقطع العرضي:

$$A = \pi d^2 = \pi \times 0.015^2 = 7.1 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{4.0 \times 10^{-3} \times 0.08}{7.1 \times 10^{-4}} = 0.45 \Omega$$

ب. تتناسب المقاومة طردياً مع الطول وتناسب عكسياً مع مربع نصف القطر.

جعل نصف القطر نصف مقداره الأصلي:

يعني أن المقاومة ستكون أكبر بـ 4 مرات.

جعل الطول 4 مرات قدر الطول الأصلي:

يعني أن المقاومة ستكون أكبر بـ 4 مرات.

لذلك، ستكون المقاومة:

$$4 \times 4 = 16$$

$$R = 16 \times 0.45 = 7.2 \Omega$$

7. أ. الحد الأدنى لطول السلك:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{2.0}{3.0} = 0.67 \Omega$$

لذلك:  $R = \frac{\rho l}{A}$

$$l = \frac{RA}{\rho} = \frac{0.67 \times 7.8 \times 10^{-8}}{1.2 \times 10^{-7}} = 0.43 \text{ m}$$

حول المسار المغلق يجب أن يساوي مجموع القوى الدافعة الكهربائية حوله. ويظهر هذا بواسطة:

$$10 \text{ V} = 8.0 \text{ V} + 2.0 \text{ V}$$

٥. أ. مجموع شدة التيارات الكهربائية التي تدخل نقطة التفريع = مجموع شدة التيارات الكهربائية التي تخرج من نقطة التفريع.  
افتراض أن P إلى اليمين:

$$4.0 + 3.0 = P + 8.0$$

$$P = 4.0 + 3.0 - 8.0 = -1.0 \text{ A}$$

الافتراض الأولي غير صحيح: P إلى اليسار ولكن مقدار شدة التيار صحيح.

- ب. يجب المحافظة على الشحنة الكهربائية الكلية التي تدخل وتخرج من نقطة التفريع في كل ثانية، لذلك يجب أن يكون P باتجاه نقطة التفريع (إلى اليسار) لتوفير شحنة إضافية بمقدار C 1.0. فعندما تضاف هذه إلى C 3.0 و C 4.0 من الشحنة الكهربائية التي تدخل بالفعل في نقطة التفريع، نحصل على C 8.0 من الشحنة الكهربائية تخرج من نقطة التفريع نفسها.

$$4.0 \text{ V}$$

- ب. باستخدام القانون الثاني لكيرشوف:  
مجموع فروق الجهد = مجموع القوى الدافعة الكهربائية

$$1.0 + V = 4.0$$

$$V = 3.0 \text{ V}$$

- ج. للبطارية اليسرى قوة دافعة كهربائية أكبر؛ فتسبيب تياراً عكس اتجاه عقارب الساعة في حين أن البطارية اليمنى تسبيب تياراً باتجاه عقارب الساعة، لذلك فإن التيار الكهربائي النهائي يكون بعكس اتجاه عقارب الساعة.

### نشاط ٦-٣: قانوناً كيرشوف

١. القانون الأول لكيرشوف: مجموع التيارات الكهربائية الدالة إلى أي نقطة في دائرة ما تساوي مجموع التيارات الكهربائية الخارجة من تلك النقطة.

القانون الثاني لكيرشوف: مجموع القوى الدافعة الكهربائية في أي مسار مغلق في دائرة ما يساوي مجموع فروق الجهد الكهربائية في ذلك المسار.

٢. أ. الشحنة الكهربائية.  
ب. الطاقة.

$$Q = It = 6.0 \times 10 = 60 \text{ C}$$

- ب. بالانتقال حول دائرة من A إلى B، لا توجد تفريعات، لذا يجب أن تتدفق كل الشحنة الكهربائية التي تتدفق عبر A أيضاً عبر B.

$$J_B = J_C + J_D$$

$$I_D = I_B - I_C = 6.0 - 1.0 = 5.0 \text{ A}$$

$$I_E = I_C + I_D = 5.0 + 1.0 = 6.0 \text{ A}$$

- هـ. المقاومتان الموجودتان على الفرعين لهما مقداران مختلفان (المقاومة الموجودة على الفرع C مقدارها أكبر بخمس مرات من مقدار المقاومة الموجودة على الفرع D).

$$Q = It = 0.20 \times 10 = 2.0 \text{ C}$$

$$W = QV = 2.0 \times 10 = 20 \text{ J}$$

$$V = V_1 + V_2$$

$$10 = (0.2 \times 40) + V_2$$

$$V_2 = 2V$$

- دـ. فرق الجهد الكهربائي هو مقدار الطاقة المنقولة لكل وحدة شحنة. نظراً لأن مقدار الشحنة الكهربائية نفسه يتدافق عبر جميع النقاط في المسار المغلق في 10 s، فإذا كانت الطاقة محفوظة، فإن مجموع فروق الجهد

عُوض في:

$$10 = 5I_2 + 5I_1$$

$$(5 \times 1.6) + 5I_1$$

$$5I_1 = 10 - 8$$

$$I_1 = \frac{2}{5} = 0.4 \text{ A}$$

$$1.6 = I_3 + 0.4$$

$$I_3 = 1.2 \text{ A}$$

$$\text{هـ. } 10 - 8.0 = 5I_1$$

- ٣.** أ. الحد الأقصى لمجموع القوى الدافعة الكهربائية في الدائرة:

$$= 8.0 + 4.0 = 12.0 \text{ V}$$

الحد الأدنى لمجموع القوى الدافعة الكهربائية في الدائرة:

$$= 8.0 - 4.0 = 4.0 \text{ V}$$

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

$$I_{\max} = \frac{12.0}{(3.0 + 1.0)} = 3.0 \text{ A}$$

$$I_{\min} = \frac{4.0}{(3.0 + 1.0)} = 1.0 \text{ A}$$

$$\text{أـ. } I_1 = I_2 + I_3$$

- بـ.** يكون  $I_3 = I_2 + I_4$ , عند تطبيق القانون الأول لكيرشوف عند التفريغ على الجانب الأيمن من الدائرة.  $I_1$  تساوي أيضاً  $I_2 + I_3$

$$\text{جـ. } \varepsilon_1 = RI_1 + RI_2 + RI_4$$

$$\text{دـ. } \varepsilon_2 = RI_3 - RI_2$$

$$\text{هـ. } \varepsilon_1 + \varepsilon_2 = RI_1 + RI_3 + RI_4$$

$$\text{دـ. ١. } W = QV = 1.0 \times 6.0$$

، طاقة منقولة إلى الإلكترونات.  $W = 6.0 \text{ J}$

$$\text{دـ. ٢. } W = QV = 1.0 \times 2.0$$

، طاقة منقولة إلى الإلكترونات.  $W = 2.0 \text{ J}$

$$\text{دـ. ٣. } W = QV = 1.0 \times 1.0$$

، طاقة منقولة من الإلكترونات إلى المحيط.  $W = 1.0 \text{ J}$

### نشاط ٧-٣: تطبيق قانون كيرشوف الثاني على دوائر كهربائية

**١.** أ. المسار المغلق ACDA والمسار المغلق ABCA

**بـ.** المسار المغلق: ABCDA القوة الدافعة الكهربائية الكلية = 2.0 V

المسار المغلق: ACDA القوة الدافعة الكهربائية الكلية = 3.0 V

المسار المغلق: ABCA القوة الدافعة الكهربائية الكلية = -1.0 V

**جـ.** المسار المغلق: ACDA : ABCA المسار المغلق

$$-1.0 = 4.0I_1 + -2.0I_2$$

$$2.0 = 4.0I_1 \quad .1$$

$$I_1 = \frac{2.0}{4.0} = 0.50 \text{ A}$$

$$3.0 = 2.0I_2$$

$$I_2 = \frac{3.0}{2.0} = 1.5 \text{ A}$$

$$I_3 = I_1 + I_2 \quad .2$$

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

$$8.0 = 5I_2 \quad .3$$

$$10 = 5I_2 + 5I_1 \quad .4$$

$$8.0 = 5I_2$$

$$I_2 = \frac{8.0}{5} = 1.6 \text{ A}$$

## نشاط ٨-٣: القوة الدافعة الكهربائية والمقاومة الداخلية

١. أ.

القوة الدافعة الكهربائية لخلية كهربائية ما = فرق الجهد عبر الخلية عندما لا يكون هناك تيار كهربائي.

٤

فرق الجهد الكهربائي بين طرفي خلية عندما يسحب تيار منها أو فرق الجهد بين طرفي المقاومة الخارجية.

٦

فرق الجهد الكهربائي عبر المقاومة الداخلية للخلية أي: «فرق الجهد الكهربائي المفقود».

ب.

الطاقة الكهربائية المكتسبة لكل وحدة شحنة كهربائية في الخلية.

٤

الطاقة لكل وحدة شحنة التي تحول أثناء تحركها من طاقة كهربائية إلى أشكال أخرى في المكون المتصل مع الخلية.

٧

الطاقة لكل وحدة شحنة التي تحول إلى حرارة في المقاومة الداخلية.

٩

٢. أ. عندما لا يكون هناك تيار أو عندما تكون الخلية في «دائرة مفتوحة» أو البطارية مثالية.

ب. عندما تكون الخلية متصلة بمكون، فإن هناك تياراً وفرق جهد كهربائي عبر المقاومة الداخلية. والقوة الدافعة الكهربائية للخلية تكون عبر المقاومة الداخلية وعبر المكون، وبالتالي تكون أكبر من أيٍّ منها.

ج. عن طريق «قصر الدائرة» للخلية؛ أيٌّ توصيل سلك سميك ذي مقاومة منخفضة جداً عبر طرفيها. وعندها تنفذ الخلية بسرعة (لاحظ أنه لا ينصح بإجراء هذا الأمر عملياً).

٣. أ. ٦.٠ ٧

ب. لا يوجد تيار (الدائرة مفتوحة).

فرق الجهد عبر المقاومة الداخلية $\epsilon - V$ (V)	$V$ (V)	$\epsilon$ (V)	شدة التيار (A)
0	1.50	1.50	0
0.25	1.25	1.50	0.5
0.50	1.00	1.50	1.0
1.00	0.50	1.50	2.0
1.50	0	1.50	3.0

ب. الفرق بين القوة الدافعة الكهربائية والجهد المقاس هو ٧ V، وهو «فرق الجهد الكهربائي المفقود» عبر المقاومة الداخلية للخلية.

ج. تقليل المقاومة الخارجية من مقاومة كبيرة جداً (دائرة لا متناهية أو مفتوحة) إلى مقاومة صغيرة جداً (دائرة قصر كهربائي أو يكون طرفاها متصلة بسلك سميك).

٥. لأنه يوجد تيار كبير، حيث يتطلب بعض فرق الجهد الكهربائي لدفع التيار الكهربائي من خلال المقاومة الداخلية للبطارية.

## نشاط ٩-٣: باستخدام معادلات المقاومة الداخلية

١. أ.

$$V = IR$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{8.0}{0.40} = 20 \Omega$$

.٥. أ.  $\epsilon = I(R + r) = 3.0 \times (1.2 + 0.30) = 4.5 \text{ V}$

.ب.  $V = IR = 3.0 \times 1.2 = 3.6 \text{ V}$

.ج.  $\epsilon = I(R + r)$

$$R = \frac{\epsilon}{I - r} = \frac{4.5}{1.5 - 0.3} = 2.7 \Omega$$

.٦. أ. للمقاومات على التوازي:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{120} + \frac{1}{80} = \frac{1}{48}$$

$R_T = 48 \Omega$

هذه المقاومة ( $R_T$ ) على التوالى مع المقاومة الداخلية.

لذلك فإن مقاومة الدائرة:

$$= 48 + 12 = 60 \Omega$$

.ب.  $V = IR$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{6.0}{60} = 0.10 \text{ A}$$

.ج. فرق الجهد الكهربائي المفقود:

$$Ir = 0.10 \times 12 = 1.2 \text{ V}$$

$$V = 6.0 - 1.2 = 4.8 \text{ V}$$

### نشاط ١٠-٣: مجزئ الجهد الكهربائي

.١. أ.  $6 + 4 = 10$

$$\frac{30}{10} = 3$$

: 6 يكون

$$6 \times 3 : 4 \times 3 = 18 : 12$$

.ب.  $6 + 4 = 10$

$$\frac{80}{10} = 8$$

: 6 يكون

$$6 \times 8 : 4 \times 8 = 48\text{V} : 32\text{V}$$

.ج.  $12 + 3 = 15$

$$\frac{60}{15} = 4$$

: 12 يكون

$$12 \times 4 : 3 \times 4 = 48\text{V} : 12\text{V}$$

.ب. الجهد المفقود:

$$= 9.0 - 8.0 = 1.0 \text{ V}$$

.ج.  $V = Ir$

$$r = \frac{V}{I} = \frac{1.0}{0.40} = 2.5 \Omega$$

.٢. أ.  $I = \frac{\epsilon}{(R + r)} = \frac{4.0}{(9.0 + 1.0)} = 0.40 \text{ A}$

.ب.  $V = IR = 0.40 \times 9.0 = 3.6 \text{ V}$

.ج.  $V = 3.6 \text{ V}$  (فرق الجهد بين طرفي المقاومة

الخارجية يساوى فرق جهد البطارية).

.د.  $V = 4.0 \text{ V}$  (وهي القوة الدافعة الكهربائية للخلية؛ لأنه لا يوجد تيار في الدائرة).

.٣. أ.  $V = IR$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{4.0}{1.0} = 0.40 \text{ A}$$

$$r = \frac{(\epsilon - V)}{I} = \frac{(6.0 - 4.0)}{0.40} = 5.0 \Omega$$

.٤. أ.  $\epsilon = V + Ir$

.ب.  $V = \epsilon - Ir$

.ج.  $V = -rI + \epsilon$

بالمقارنة مع معادلة الخط المستقيم

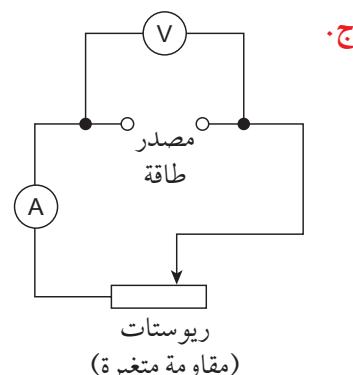
$x = I$ ،  $y = V$ ،  $y = mx + c$

والميل ( $m$ )  $= -r$  ، ونقطة التقاطع ( $c$ )  $= \epsilon$

.ب.  $\Omega = \frac{(0.00 - 1.50)}{(3.0 - 0.0)} = -0.50 \Omega$  = الميل

$-r = -0.50$  = الميل

$r = 0.50 \Omega$



٣. فرق الجهد الكهربائي:

$$= 4.8 - 4.8 = 0.0 \text{ V}$$

### نشاط ١١-٣: مقياس الجهد الكهربائي

$$V = \frac{10}{100} = 0.10 \text{ V} . \text{١. أ.}$$

$$V = 20 \times 0.10 = 2.0 \text{ V} . \text{١. ب.}$$

$$V = 25 \times 0.10 = 2.5 \text{ V} . \text{٢}$$

$$V = 40 \times 0.10 = 4.0 \text{ V} . \text{٣}$$

$$V = 2.0 - 2.0 = 0.0 \text{ V} . \text{١. ج.}$$

$$V = 2.0 - 2.5 = (-)0.5 \text{ V} . \text{٢}$$

$$V = 2.0 - 4.0 = (-)2.0 \text{ V} . \text{٣}$$

.١. .٢. .٣.

$I (\text{mA})$	$V_B (\text{V})$	$\epsilon_A (\text{V})$
0.30	0.60	2.0
0.22	0.44	2.0
0.40	0.60	1.5
0.80	4.8	6.0

$$V_{\text{out}} = \frac{V_{\text{in}} \times R_2}{(R_1 + R_2)} = \frac{2.00 \times 10}{(90 + 10)} = 0.20 \text{ V} . \text{١. ب.}$$

$$V_B = \frac{0.245 \times 0.20}{1.000} = 0.049 \text{ V} . \text{٢}$$

٣. لأن هناك جهداً كهربائياً صغيراً خلال السلك.

$$V_{\text{out}} = \frac{V_{\text{in}} \times R_2}{(R_1 + R_2)} . \text{٤. ج.}$$

$$R_1 = \frac{V_{\text{in}} R_2}{V_{\text{out}}} - R_2 = \frac{6.00 \times 10}{0.0030} - 10$$

$$R_1 = 20000 \Omega$$

(يسمح للمقاومة  $\Omega$  19990)

٢. صل الدائرة كما هو معطى واضبط موضع

حتى يقيس المقياس الحساس (الأمبير

أو الجلافلنوميتر) صفرًا. قس / كرر

المحاولة وجد المتوسط.

$$I = \frac{V_{\text{in}}}{R_1 + R_2} . \text{٥. د.}$$

$$I = \frac{V_{\text{out}}}{R_2} . \text{٦. هـ.}$$

$$\frac{V_{\text{in}}}{R_1 + R_2} = \frac{V_{\text{out}}}{R_2} . \text{٧. وـ.}$$

$$V_{\text{out}} = \frac{V_{\text{in}} \times R_2}{(R_1 + R_2)} . \text{٨. زـ.}$$

$R_2 (\Omega)$	$R_1 (\Omega)$	$V_{\text{in}} (\text{V})$	$V_{\text{out}} (\text{V})$
250	50	6.0	5.0
25	100	10.0	2.0
200	1000	24.0	4.0
184	400	16.2	5.1

يحدث الجهد الأقصى عندما يكون للمقاومة المتغيرة مقاومة تساوي صفرًا.

$$V_{\text{out}} = \frac{V_{\text{in}} \times R_2}{(R_1 + R_2)} = \frac{6.0 \times 2000}{(0 + 2000)} = 6.0 \text{ V}$$

يحدث الجهد الأدنى عندما تكون للمقاومة المتغيرة مقاومة تساوي  $\Omega$  4000

$$V_{\text{out}} = \frac{V_{\text{in}} \times R_2}{(R_1 + R_2)} = \frac{6.0 \times 2000}{(4000 + 2000)} = 2.0 \text{ V}$$

٣. ٦.٠ V . .٣

٠ V . .٤

$$V_{\text{out}} = \frac{V_{\text{in}} \times R_2}{(R_1 + R_2)} = \frac{6.0 \times 8.0}{(4.0 + 8.0)} = 4.0 \text{ V} . .٤$$

$$V_{\text{out}} = \frac{V_{\text{in}} \times R_2}{(R_1 + R_2)} = \frac{6.0 \times 2000}{(500 + 2000)} = 4.8 \text{ V} . .٤$$

$$V_{\text{out}} = \frac{V_{\text{in}} \times R_2}{(R_1 + R_2)} = \frac{6.0 \times 200}{(400 + 200)} = 2.0 \text{ V} . .٤$$

$$V_{\text{out}} = \frac{V_{\text{in}} \times R_2}{(R_1 + R_2)} = \frac{6.0 \times 400}{(400 + 400)} = 3.0 \text{ V} . .٤$$

$$V_{\text{out}} = \frac{V_{\text{in}} \times R_2}{(R_1 + R_2)} = \frac{6.0 \times 1600}{(400 + 1600)} = 4.8 \text{ V} . .٤$$

٤. ١. فرق الجهد الكهربائي:  
 $= 4.8 - 2.0 = 2.8 \text{ V}$

٤. ٢. فرق الجهد الكهربائي:  
 $= 4.8 - 3.0 = 1.8 \text{ V}$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times (1.2 \times 10^{-3})^2}{4}$$

$$A = 1.1 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{1.7 \times 10^{-8} \times 10}{1.1 \times 10^{-6}}$$

$$R = 0.15 \Omega$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{12 \times 1}{R} = \frac{12}{R}$$

$$R_T = \frac{R}{12} = \frac{0.15}{12} = 0.013 \Omega$$

ج. ١.

.٢

.٣

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad \text{أ. ٣}$$

ب. باستخدام المسار المغلق الخارجي:

$$\epsilon = 8 I_2 + 4 I_2$$

$$12 = 12 I_2$$

$$I_2 = \frac{12}{12} = 1.0 \text{ A}$$

ج. باستخدام مسار مغلق داخلي مع الخلية :

$$\epsilon = 20 I_3$$

$$12 = 20 I_3$$

$$I_3 = \frac{12}{20} = 0.6 \text{ A}$$

د. يجب أن يكون مجموع فروق الجهد حول هذا المسار المغلق صفرًا؛ نظرًا إلى عدم وجود قوى دافعة كهربائية، وتحقيق ذلك يتم (إذا تقدمنا باتجاه عقارب الساعة) فإن  $I_3$  يكون سالبًا.

$$8 I_2 + 4 I_2 - 20 I_3 = 0$$

$$(8 \times 1.0) + (4 \times 1.0) - (20 \times 0.6) = 0$$

$$8 + 4 - 12 = 0$$

هـ. للحصول على المقاومة المكافئة باستخدام التيار الكهربائي عبر البطارية:

$$I_1 = I_2 + I_3 = 1.0 + 0.6 = 1.6 \text{ A}$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{12}{1.6} = 7.5 \Omega$$

٣. يُحسب الجهد بضرب طول السلك

(بالأمتار) في 3.0 mV

### إجابات أسئلة نهاية الوحدة

١. أ. تغيرت كمية الطاقة من الأشكال الأخرى إلى طاقة كهربائية لكل وحدة شحنة تنتجه الخلية.

$$Q = It = 300 \times 1 = 300 \text{ C} \quad \text{ب.}$$

$$n = \frac{Q}{q} = \frac{300}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.9 \times 10^{21}$$

$$I = nAvq$$

$$v = \frac{I}{nAe} = \frac{300}{1.6 \times 10^{29} \times 9.0 \times 10^{-4} \times 1.6 \times 10^{-19}}$$

$$v = 1.3 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$$

٢. متوسط السرعة المتجهة الانجراافية هو متوسط المسافة التي يقطعها الإلكترون في ثانية واحدة باتجاه طول السلك، أما متوسط السرعة فهو كمية عددية وهي المسافة المقطوعة في الثانية ولأن الحركة ليست بخط مستقيم، فإن متوسط السرعة أكبر بكثير من متوسط السرعة المتجهة الانجراافية.

٣. في الجزء الأضيق من الكابل يجب أن تنتقل الإلكترونات بشكل أسرع وذلك للمحافظة على شدة التيار الكهربائي؛ حيث أن كثافة عدد الإلكترونات الحرّة ثابتة؛ لأنها خاصية للمادة.

٤. أ. إن التيار في الموصى يتاسب طرديًا مع فرق الجهد على طرفي هذا الموصى، مؤمّناً الشروط الفيزيائية كمثال فإن درجة الحرارة تبقى ثابتة.

بـ. المقاومة ثابتة.

الكهربائي بالاتجاه نفسه، الأمر الذي ينتج عنه تيار كبير جدًا (وخطر).

- لن يُعاد شحن بطارية السيارة عند توصيلها بهذه الطريقة، وسيكون في الواقع مزيد من التفريغ.

**٥. أ.** هي المقاومة داخل البطارية التي تقلل من فرق الجهد الكهربائي بين طرفي البطارية عندما يكون هناك تيار، وهي تساوي الفرق بين القوة الدافعة الكهربائية للبطارية وفرق الجهد الكهربائي بين طرفيها مقسوماً على شدة التيار الكهربائي.

**ب.** القوة الدافعة الكهربائية للبطارية هي الطاقة بالجول لكل وحدة شحنة التي تحول من طاقة كهربائية إلى أشكال أخرى من الطاقة. بعض هذه الطاقة يتبدّل في المقاومة الخارجية وبعضاً منها الآخر يتبدّل في المقاومة الداخلية. ومن خلال مبدأ حفظ الطاقة يجب أن يكون هناك طاقة أقل لكل وحدة شحنة في المقاومة الخارجية مما هو متوفّر.

**ج.** شدة التيار الكهربائي الكلي:

$$I = 0.5 + 0.5 + 1.0 + 1.0 + 4.0 + 4.0 = 11 \text{ A}$$

$$V = \epsilon - Ir = 12.0 - (11 \times 0.150)$$

$$V = 10.35 \text{ V} \approx 10 \text{ V}$$

(مع رقمين معنويين)

$$R = \frac{V}{I} = \frac{10.35}{4.0} = 2.6 \Omega$$

**هـ.** المقاومة المكافئة في الدائرة:

$$= \frac{2.6}{2} + 0.150 = 1.45 \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12.0}{1.45} = 8.3 \text{ A}$$

**وـ.** عند تشغيل جميع المصايبح تكون شدة التيار الكهربائي كبيرة وبالتالي يكون «فقد فرق الجهد الكهربائي» أكبر عبر المقاومة

**٤. أ.** القانون الأول لكيرشوف: مجموع التيارات الكهربائية الداخلة إلى أي نقطة في دائرة ما يساوي مجموع التيارات الكهربائية الخارجة من تلك النقطة.

**بـ.** الشحنة الكهربائية.

**جـ.** القوة الدافعة الكهربائية وفرق الجهد الكهربائي يعبران عن الطاقة المنقولة لكل وحدة شحنة تعبّر في الدائرة. تتبدّل الطاقة المنقولة بواسطة الخلية إلى الإلكترونات حرارة عندما تمر الإلكترونات عبر المقاومتين على التوالي، بافتراض عدم وجود مقاومة للأislak الموصلة، وهذا يؤكد مبدأ حفظ الطاقة، وهو أساس القانون الثاني لكيرشوف.

**دـ.** المقاومة المكافئة للدائرة:

$$= 0.70 + 0.10 = 0.80 \Omega$$

٢. القوة الدافعة الكهربائية الفعالة في الدائرة:

$$= 16 - 8.0 = 8.0 \text{ V}$$

(لأن شاحن البطارية وبطارية السيارة يحاولان دفع التيار الكهربائي باتجاهين متعاكسيين).

$$I = \frac{V}{R} = \frac{8.0}{0.80} = 10 \text{ A}$$

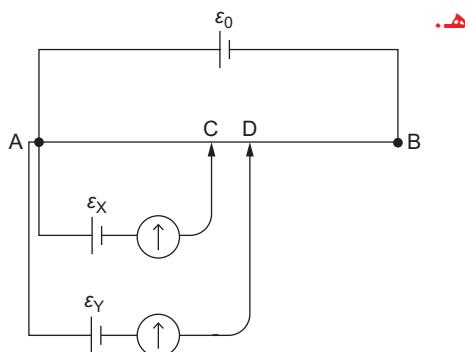
٣. باستخدام  $I = 2.0 \text{ A}$ : المقاومة المكافئة الجديدة:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{8.0}{2.0} = 4.0 \Omega$$

المقاومة الإضافية:

$$= 4.0 - 0.70 - 0.10 = 3.2 \Omega$$

٤. - سيعمل كل من شاحن البطارية وبطارية السيارة بعد ذلك على دفع التيار



حرّاك المنزلق حتى يقيس الأميّر صفرًا، ثم سجّل المسافة لطول السلك، مكرّرًا مع الخلية الأخرى. نسبة المسافتين هي النسبة بين القوّة الدافعة الكهربائيّة للخلتين.

الداخلية. وهذا يقلل من فرق الجهد

الكهربائي بين طرفي البطارية، وشدة التيار الكهربائي في المصايد الجانية تكون أصغر.

٦٠- دائرة يتم فيها تجزئة الجهد الكهربائي أو فرق الجهد الكهربائي إلى جزأين أو أكثر، ويكون عادةً بواسطة مقاومات متصلة على التوالى.

**بـ.** المقاومات المتصلة على التوالي لها شدة

التيار الكهربائي نفسها أو يتدفق فيها مدار الشحنة الكهربائية نفسه لكل ثانية. وترتبط المقاومة الأكبر فرق جهد كهربائي أكبر عند شدة التيار الكهربائي نفسه  $V$ ، لأن  $IR = V$ .

$$V_{\text{out}} = \frac{V_{\text{in}} \times R_2}{(R_1 + R_2)} = \frac{6.0 \times 1600}{(1200 + 1600)} = 3.4 \text{ V} \quad \text{جـ.}$$

لذلك، المقاومة المكافأة للشبكة على التوازي الجديدة =  $\frac{1}{3}$  (ثالث) مقاومة الدائرة المكافأة =  $600 \Omega$  (نظرًا لأن فرق الجهد الكهربائي عبر المقاومة الأخرى  $1200 \Omega$ ، يجب أن يكون  $.(4.0 \text{ V})$

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

$$\frac{1}{600} = \frac{1}{1600} + \frac{1}{R}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{10}{9600}$$

$$R = 960 \Omega$$