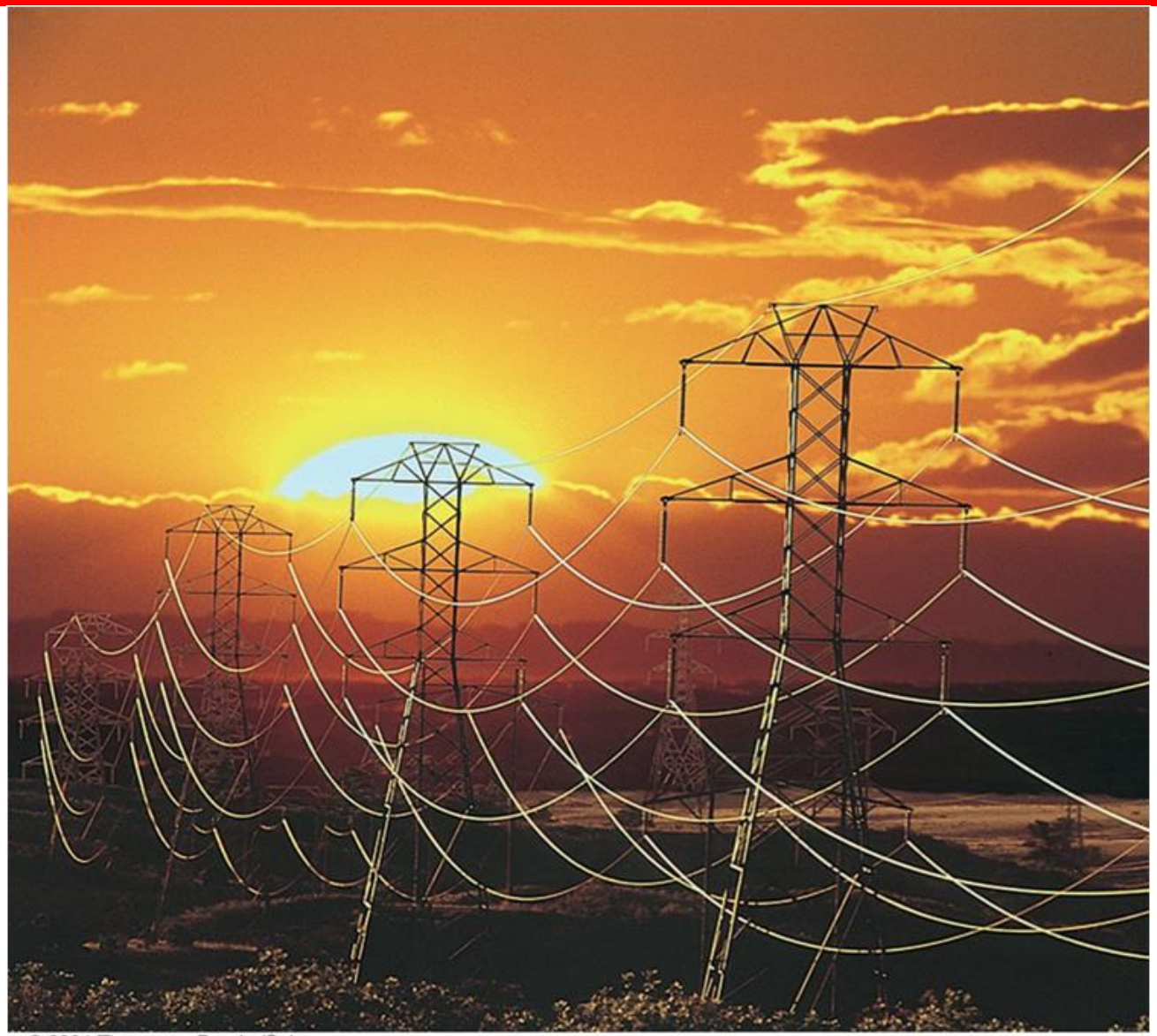
Electric current التيار الكهربي



© 2004 Thomson - Brooks/Cole

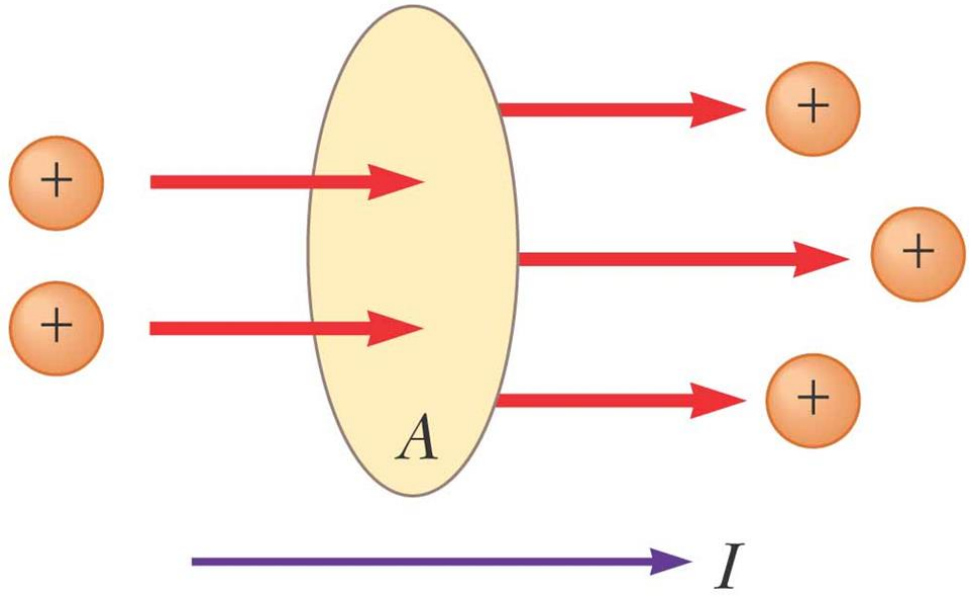
التيار الكهربي Electric current

في الشكل، تتحرك الشحنات خلال سلك مساحة مقطعه A.

شدة التيار تمثل مرور كمية من الشحنة Δq خلال الموصل

في زمن قدره Δt، أي أن:

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



©2004 Thomson - Brooks/Cole

التيار كمية قياسية واتجاه حركته في نفس اتجاه سريان الشحنات الموجبة.

تعرف شدة التيار الكهربي I بأنة الشحنة التي تمر خلال مقطع سلك في الثانية الواحدة.

ووحدتة الامبير (A):

1A= 1Coulomb/1Second

التيار الكهربي Electric current

- الشحنة الكلية للإلكترونات التي تمر في سلك طوله l ومساحة مقطعه S خلال زمن Δt وبسرعة ثابتة قدرها v تعطى بالعلاقة:

$$\Delta q = n\ e\ S\ l = n\ e\ S\ v\ t$$

- n عدد الإلكترونات الحرة في وحدة الحجم، e شحنة الإلكترون

$$I = \Delta q/\Delta t = n\ e\ S\ v$$

التيار الكهربي Electric current

- تعرف كثافة التيار بالعلاقة:

$$J = \frac{I}{S} = nev$$

- يمكن كتابة فرق الجهد بين طرفي بدلالة طول الموصل l والمجال الكهربي E:

$$V = E\,l$$

التيار الكهربي Electric current

التوصيلية الكهربية:

- **تختلف المواد من حيث كثافة التيار الذي يتكون نتيجة لتأثير مجال كهربي E. وتسمى نسبة كثافة التيار الى شدة المجال بالتوصيلية الكهربية ويرمز لها بالرمز σ (conductivity).**

$$\sigma = \frac{J}{E} \qquad \frac{A/m^2}{V/m} = \frac{A}{V.m}$$

- **وكلما زادت توصيلية مادة ما زادت كثافة التيار لها عند قيمة معينة لشدة المجال. وتكون قيمتها كبيرة للموصلات في حدود 10^{8} A/V.m وصغيرة للعوازل في حدود 10^{-13} A/V.m .**
- **ويسمى مقلوب التوصيلية بالمقاومة النوعية للمادة (Resistivity) ويرمز له بالرمز ρ اي ان:**

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{E}{J} = \frac{E\,S}{I} \qquad V.m/A$$

التيار الكهربي Electric current

مثال ٣-١ :

موصل من مادة الفضة مساحة مقطعه الدائري $0.785\ mm^2$ ويحمل تياراً مقداره $1.0\ A$ وعدد الالكترونات الحرة لوحدة الحجم تساوي $5.86 \times 10^{28}\ electron/m^3$ أحسب كثافة التيار وسرعة الالكترونات المتحركة داخل الموصل .

الحل :

$$J = \frac{I}{S} = \frac{1.0}{0.785 \times 10^{-6}} = 1.274 \times 10^{6}\ A/m^2$$

$$v = \frac{J}{ne} = \frac{1.274 \times 10^{6}}{5.86 \times 10^{28} \times 1.602 \times 10^{-19}} = 1.357 \times 10^{-4}\ m/s$$

Electric current التيار الكهربي

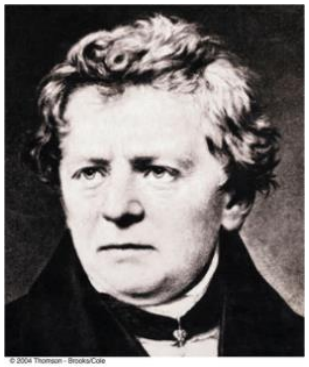
Ohm’s law قانون أوم

- كثافة التيار تتناسب طردا مع المجال الكهربي

وثابت التناسب σ يسمى التوصيلية الكهربية conductivity

$$J = \sigma E$$

- وهذا هو قانون أوم Ohm’s law



التيار الكهربي Electric current

- **المقاومة Resistance**
- نتيجة للاصطدامات المتكررة للإلكترون بذرات الموصل أثناء حركته فإن جزء من طاقته الحركية تنتقل إلى تلك الذرات فتزداد تبعا لذلك درجة حرارة الموصل. هذا التصادم يعيق حركة الشحنات وينتج عنها ما يسمى بمقاومة الموصل التي تعطى بالصيغة:

$$R = \frac{\rho l}{S}$$

- ρ تسمى المقاومة النوعية resistivity وتساوي مقلوب التوصيلية :

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{E}{J}$$

التيار الكهربي Electric current

- مما سبق من معادلات يمكن كتابة R على الصورة:

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

- وهذه أيضا صورة أخرى لقانون أوم
- وتقاس المقاومة R بوحدة فولت/أمبير وتسمى بالأوم Ohm ورمزها Ω
- وعليه فإن المقاومة النوعية ρ تقاس بوحدات $\Omega.m$

التيار الكهربي Electric current

فرق عمل

مثال: قضيب حديدي مساحة مقطعه $3\ cm^2$ وطوله $6\ km$ ، إذا كان فرق الجهد بين طرفيه $120\ V$ فاحسب:

المقاومة الكهربية، التيار الكهربي، كثافة التيار، المجال الكهربي

حيث أن المقاومة النوعية لمادة الحديد تساوي $6x10^{-7}\ \Omega.m$

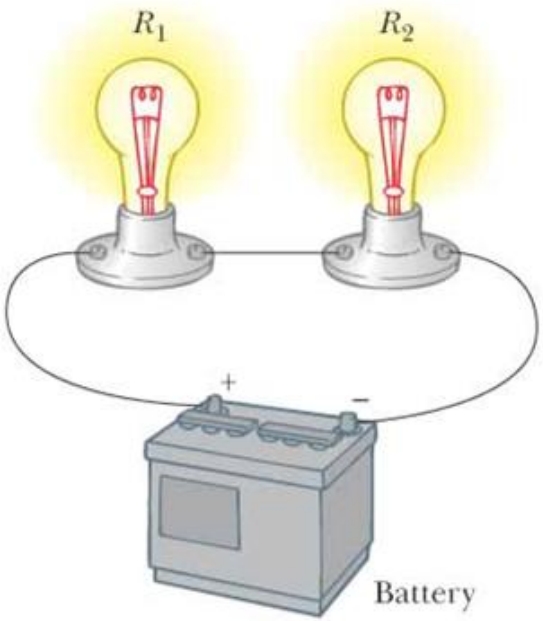
التيار الكهربي Electric current

فرق عمل

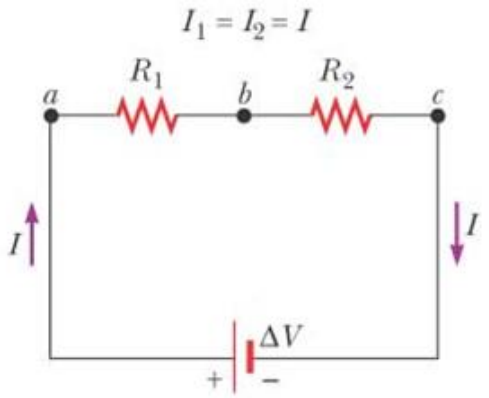
مثال: قضيب حديدي يحتوي على $6x10^{22}$ electrons/cm^3 ومساحة مقطعه 1.2 mm^2 إذا التيار المار في القضيب يساوي 3 A فما هي سرعة الانسياق للإكترونات الحرة ؟

التيار الكهربي Electric current

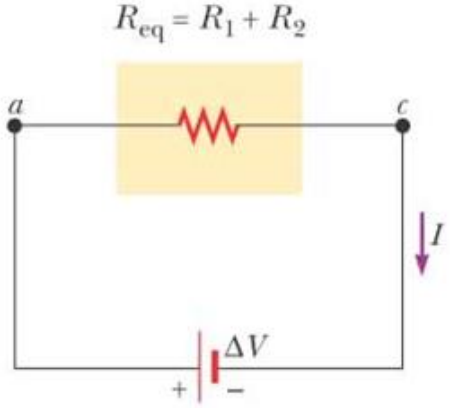
توصيل المقاومات على التوالي



(a)



(b)

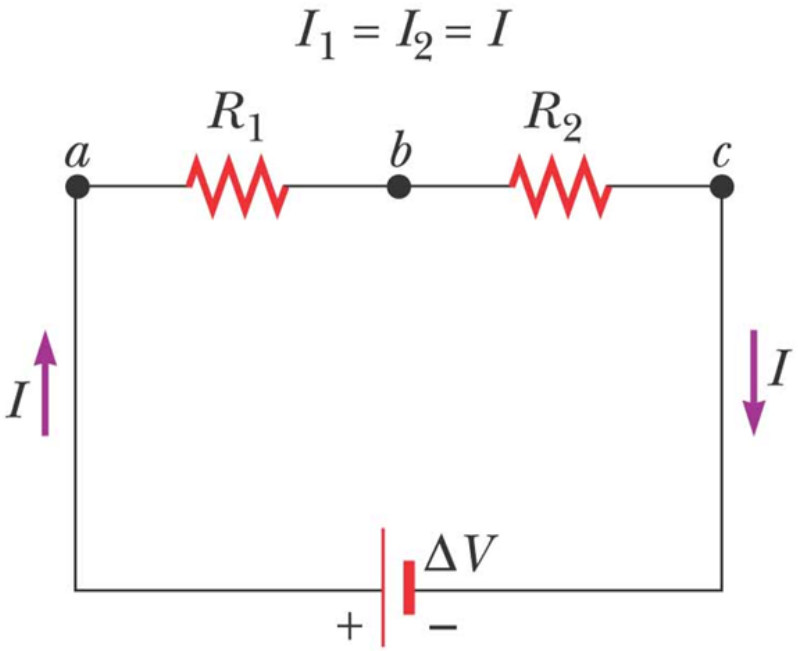


(c)

©2004 Thomson - Brooks/Cole

التيار الكهربي Electric current

في توصيل المقاومات على التوالي، قيمة التيار ثابتة خلال المقاومات



$$I = I_1 = I_2 = ...$$

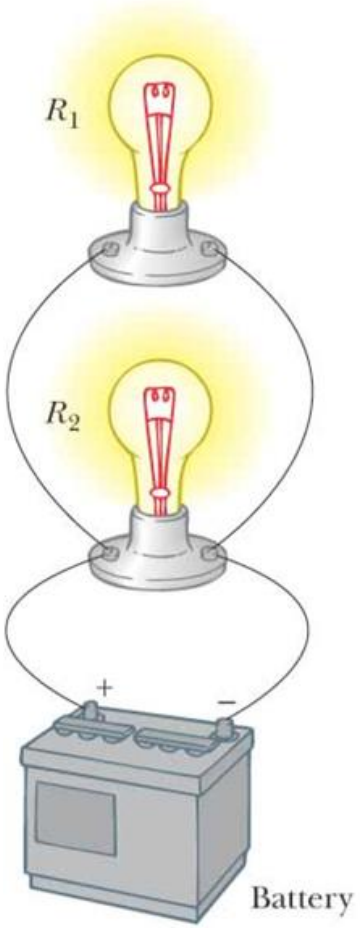
$$V = V_1 + V_2 + ...$$

$$R = R_1 + R_2 + ...$$

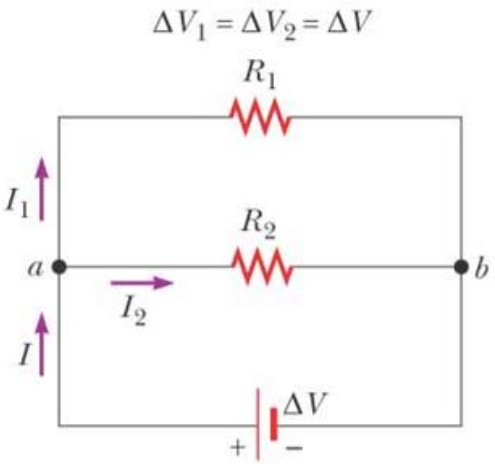
أي أن المقاومة المكافئة (الكلية) R تساوي المجموع الكلي للمقاومات

التيار الكهربي Electric current

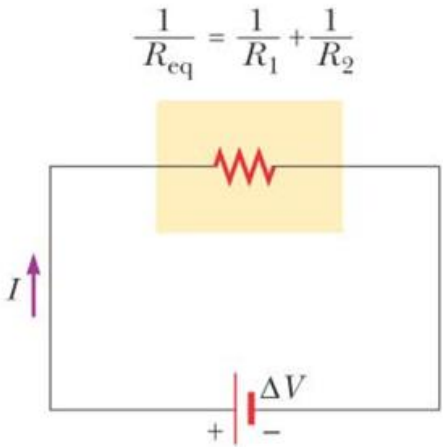
توصيل المقاومات على التوازي



(a)



(b)

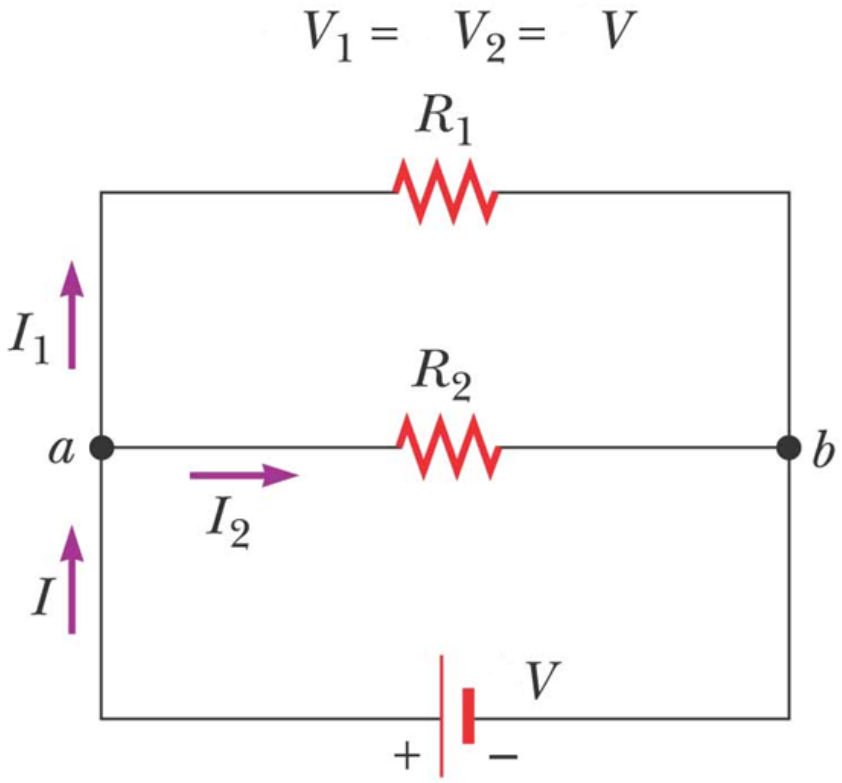


(c)

©2004 Thomson - Brooks/Cole

التيار الكهربي Electric current

في توصيل المقاومات على التوازي، الجهد بين طرفي المقاومات ثابت ويساوي جهد المقاومة المكافئة (الكلية)



$$V = V_1 = V_2 = ...$$

$$I = I_1 + I_2 + ...$$

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

ويلاحظ ان قيمة المقاومة الكلية اقل من اصغر قيمة لاي مقاومة في المجموعة.

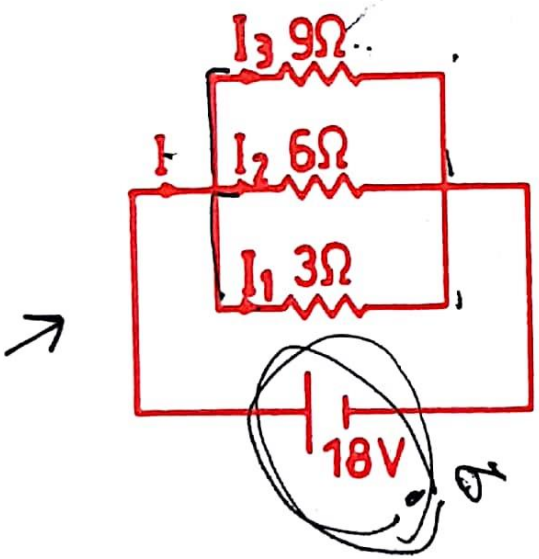
مثال (٣-٥) :

احسب المقاومة المكافئة ثم احسب I_1 و I_2 و I_3 الممثلة في الشكل (٣-٥) .

الحل :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{9} = \frac{6 + 3 + 2}{18} = \frac{11}{18}$$

$$\therefore R = \frac{18}{11}\ \Omega$$



$$I = \frac{V}{R} = 18 \times \frac{11}{18} = 11\ A$$

$$I_1 = \frac{18}{3} = 6\ A$$

$$I_2 = \frac{18}{6} = 3\ A$$

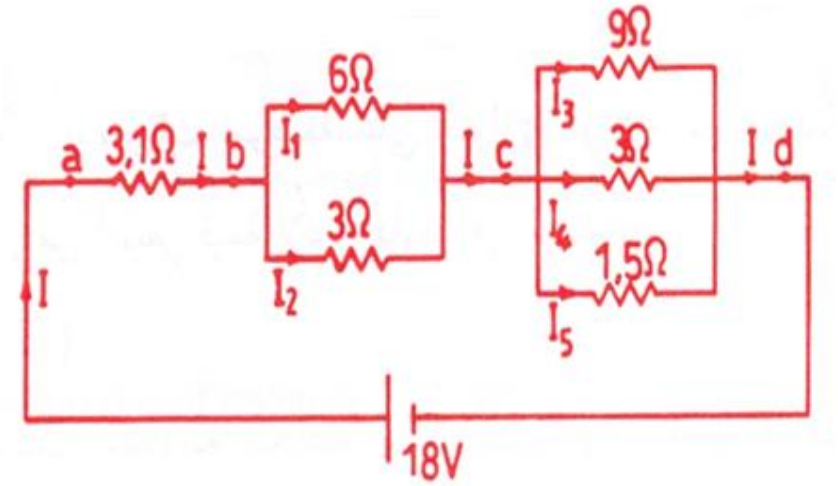
$$I_3 = \frac{18}{9} = 2\ A$$

التيار الكهربي Electric current

فرق عمل

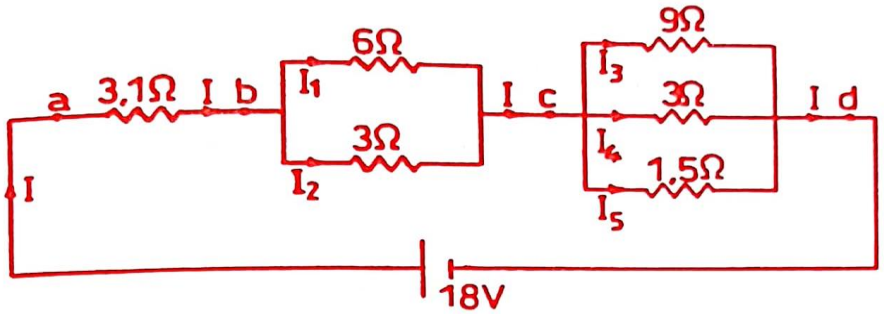
مثال: صفحة 96 في الكتاب:

احسب المقاومة المكافئة ثم احسب التيار المار في كل مقاومة، وكذلك فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة كما في الشكل.



مثال (٣-٦) :

احسب المقاومة المكافئة ثم احسب التيار المار في كل مقاومة وكذلك فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة كما فى شكل (٣-٦) .



شكل (٣-٦) : تابع للمثال (٣-٦)

الحل :

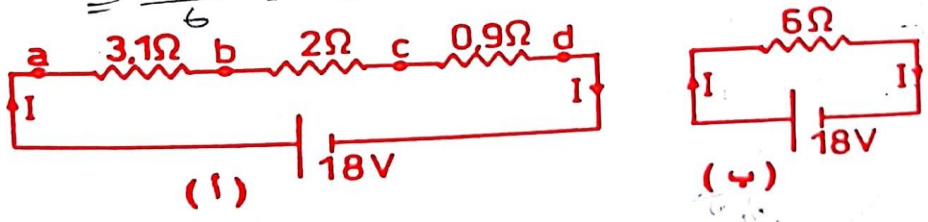
تحسب أولاً المقاومة المكافئة بين النقطتين c و d ثم بين النقطتين b و c:

$$\frac{1}{R_{cd}} = \frac{1}{9} + \frac{1}{3} + \frac{1}{1.5} = \frac{1 + 3 + 6}{9} = \frac{10}{9}$$

$$\therefore \quad R_{cd} = 0.9\ \Omega$$

$$\frac{1}{R_{bc}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{6 + 3 + 2}{3} = \frac{3}{6} \qquad \therefore R_{bc} = 2\ \Omega$$

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



شكل (٣-٧) : تابع لحل المثال (٣-٦)

وتصبح الدائرة مكونة من ثلاث مقاومات متصلة على التوالي كما في شكل (٣-٧أ) . بجمع هذه المقاومات يُحصل على المقاومة المكافئة الكلية ، شكل (٣-٧ب) ، أي أن : $R = 3.1 + 2 + 0.9 = 6\ \Omega$

وبتطبيق قانون أوم على الدائرة المكافئة يحصل على التيار المار في هذه الدائرة :

$$18 = I \times 6 \qquad \therefore \quad I = 3\ A$$

وهذا يعني أن المقاومة الواقعة بين a و b يمر بها تيار مقداره 3A ولذلك فإن الجهد بين طرفيها يساوي :

$$V_{ab} = 3 \times 3.1 = 9.3\ V$$

أما المقاومة المكافئة الواقعة بين b و c فيمر بها نفس التيار وبذلك فإن الجهد بين طرفيها يساوي :

$$V_{bc} = 3 \times 2 = 6\ V$$

وبالرجوع إلى الشكل الأول فيمكن القول أن المقاومتين الواقعتين بين b و c يكون فرق الجهد بين طرفي كل منهما يساوي 6 V لأنهما متصلتان على التوازي وبذلك يمكن حساب I_1 و I_2 حيث :

$$I_1 = \frac{V_{bc}}{6} = \frac{6}{6} = 1\ A \quad \& \quad I_2 = \frac{V_{bc}}{3} = \frac{6}{3} = 2\ A$$

أما المقاومة المكافئة الواقعة بين c و d فيمر بها أيضاً التيار I الذي قيمته 3 A وبذلك فإن الجهد بين طرفيها يساوي :

$$V_{cd} = 3 \times 0.9 = 2.7\ V$$

وبنفس الطريقة السابقة يمكن حساب I_3 و I_4 و I_5 حيث :

$$I_3 = \frac{V_{cd}}{9} = \frac{2.7}{9} = 0.3\ A$$

$$I_4 = \frac{V_{cd}}{3} = \frac{2.7}{3} = 0.9\ A$$

$$I_5 = \frac{V_{cd}}{1.5} = \frac{2.7}{1.5} = 1.8\ A$$

التيار الكهربي Electric current

الطاقة والقدرة في دوائر التيار المستمر

- الطاقة الكهربية U المتحولة إلى طاقة حرارية H:

$$U = I\,V\,t$$

- ووحدتها Watt.sec أو kw-h

- القدرة الكهربية P فتمثل النسبة بين الطاقة والزمن:

$$P = \frac{U}{t} = I\,V$$

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

- أما كمية الحرارة h :

$$h = \frac{U}{j} = \frac{U}{4.186}$$

- وتقاس بوحدات سعرة حرارية Calorie

مثال (٣-٧) :

وصلت سخانة كهربية بمصدر كهربى فكان التيار المار بها 5 A فإذا كانت مقاومتها 20 Ω فاحسب القدرة الكهربية ، وبعد مضي نصف شهر من التوصيل احسب الطاقة الكهربية وكمية الحرارة وما تكاليف هذه الحرارة إذا كان تكلفة الكيلوات ساعة (kW-h) تسع هللات .

الحل :

تحسب القدرة الكهربية من المعادلة :

$$P = I^2R = 5^2 \times 20 = 500\ W = 0.5\ kW$$

أما الطاقة الكهربية فتحسب من المعادلة :

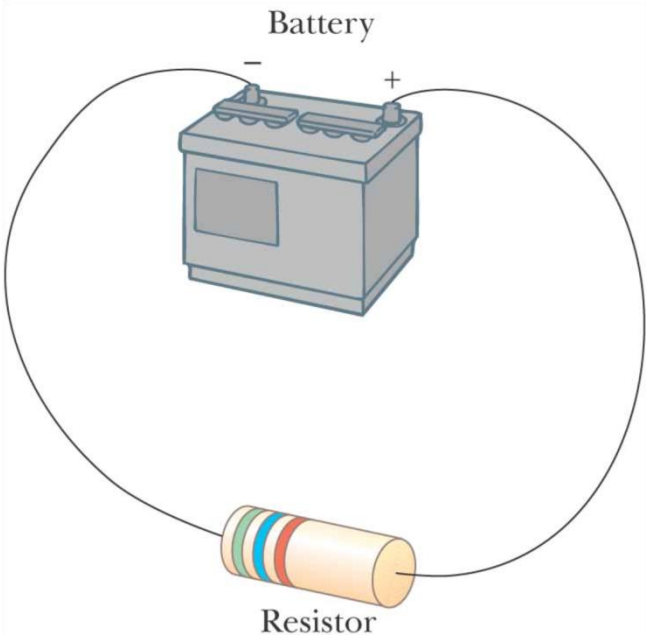
$$U = P\,t = 500 \times 15 \times 24 \times 60 \times 60 = 6.48 \times 10^8\ J$$

or $$U = 0.5 \times 15 \times 24 = 180\ kW\text{-}h$$

كمية الحرارة $$h = \frac{U}{j} = \frac{6.48 \times 10^8}{4.186} = 1.55 \times 10^8\ Cal$$

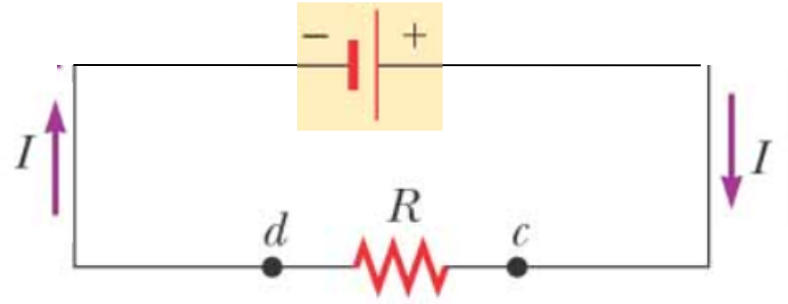
(التكاليف) cost = 180 x 9 = 1620 Halalah = 16.20 ريال

الطاقة والقدرة في دوائر التيار المستمر

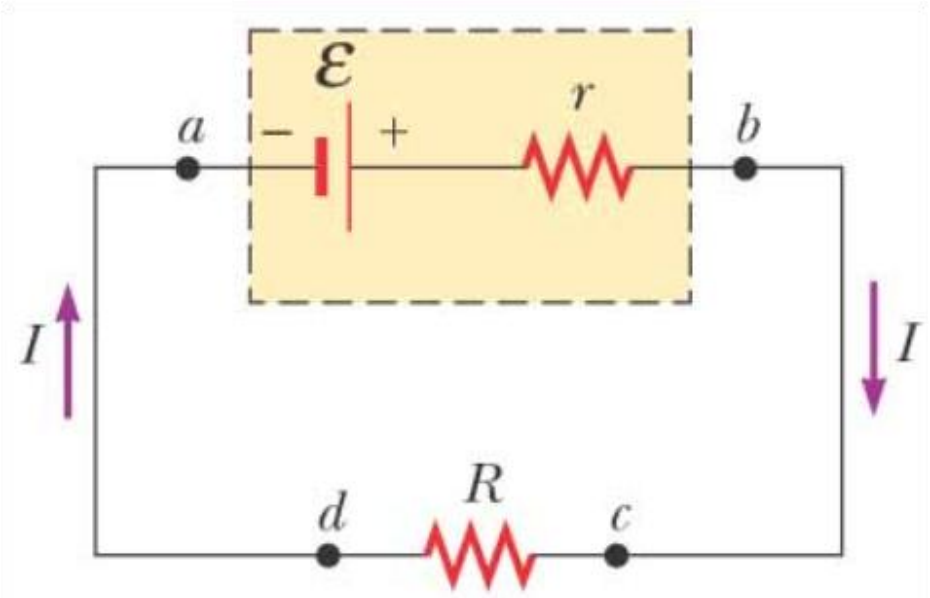


يستمد التيار الكهربي المار في دائرة كهربية طاقته من مصدر للطاقة الكهربية كالبطاريات أو المولدات.

في التيارا المستمر **Direct Current** يكون فرق جهد طرفي البطارية ثابت في دائرة كهربية معينة، والتيار الكهربي في الدائرة أيضا ثابت مقدارا واتجاها. أي أن البطاريات مصدر للتيار المستمر.
تسمى البطارية مصدر القوة الدافعة الكهربية (**electromotive force**) واختصارا **emf** وقيمتها هي **ε** وتقاس بالفولت. أي أن emf لبطارية هي أقصى جهد يمكن أن توفره البطارية بين طرفيها.



يمثل المصدر في حالة التيارالمستمر بطرفين سالب (جهده صفرا) وموجب (جهده مساويا ε) ويسري التيار خارج المصدر من الطرف عالي الجهد وهو الموجب إلى الطرف منخفض الجهد وهو السالب، أما في داخل المصدر فيسري بالعكس.



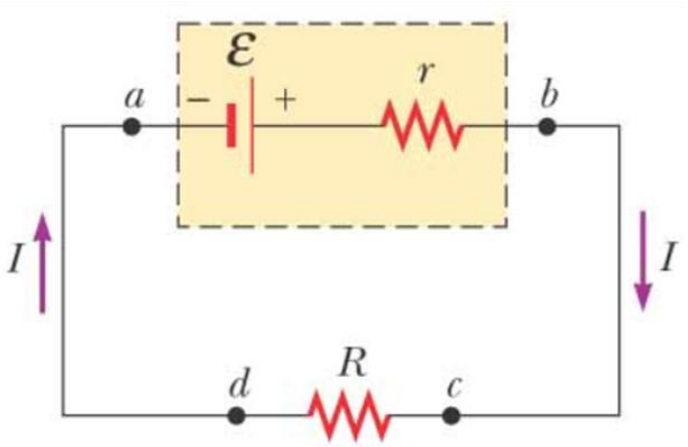
في الحقيقة جهد طرفي البطارية لا يساوي emf للبطارية في الدائرة الكهربية في حالة وجود تيار وإنما ينقص بمقدار Ir وذلك بسبب المقاومة الداخلية للبطارية، ولتوضيح ذلك، في الدائرة الكهربية أعلاه:

emf للبطارية تساوي ε ومقاومتها الداخلية r وقيمة المقاومة الخارجية هي R. عند مرور التيار I من الطرف السالب إلى الطرف الموجب للبطارية فإن الجهد يزداد بمقدار ε ، بينما ينقص الجهد بمقدار Ir عند المرور خلال المقاومة r. إذا فرق الجهد بين طرفي البطارية يساوي:

$$\Delta V = \varepsilon - Ir$$

Fig 28-2, p.860

ΔV للبطارية يجب أن يساوي فرق جهد طرفي المقاومة R وتسمى مقاومة الحمل **load resistance** ، كمثال على ذلك مقاومة بعض الأجهزة مثل المصباح، السخان، المدفئة ... موصلة ببطارية أو بمصدر جهد متردد 110 أو 220 فولت. فرق جهد مقاومة الحمل يساوي $\Delta V = IR$ بالتعويض في المعادلة السابقة:



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

توضح هذه المعادلة أن التيار يعتمد على: مقاومة الحمل R والمقاومة الداخلية r للبطارية. إذا كانت R أكبر بكثير من r ، وهو الحال في أغلب الدوائر الكهربية، فيمكننا اهمال r.

بضرب المعادلة أعلاه في I نحصل على:

$$I\varepsilon = I^2R + I^2r = P_R + P_r$$

بمعلومية أن القدرة $P = I\,\Delta V$ فيمكننا القول أن:

القدرة الكلية $I\varepsilon$ للبطارية تتوزع على: مقاومة الحمل الخارجية R بمقدار I^2R والمقاومة الداخلية r بمقدار I^2r

Fig 28-2, p.860

التيار الكهربي Electric current

7) موصل منتظم المقطع طوله 5 m ومقاومته الكهربية 2 Ω إذا كانت المقاومة النوعية له $1.6x10^{-6}$ Ω m فماهي مساحة مقطعه. إذا كان فرق الجهد بين طرفيه 50 Volt فما قيمة التيار الكهربي والمجال الكهربي؟

التيار الكهربي Electric current

8) موصل طوله 12 m ومساحة مقطعه $0.05\ cm^2$ ومقاومته $1.2\ \Omega$ احسب التوصيلية الكهربية.

11) وصل جهد كهربي قدره 120 Volt بطرفي سخان فمر به تيار قدره 10 A احسب المقاومة والقدرة. إذا استعمل هذا السخان لمدة 30 يوما متصلة فاحسب الطاقة الكهربية والحرارية وكمية الحرارة والتكلفة المادية خلال هذه الفترة إذا علمت أن تعرفة الاستهلاك هي 10 هلالات لكل kW-h .

التيار الكهربي Electric current

13) وصل مصباح كهربي قدرته 100 W بمصدر كهربي جهده 10 Volt احسب التيار الكهربي المار في الفتيلة وكذلك مقاومتها.

التيار الكهربي Electric current

مسائل 1، 2، 3، 4، 5، 12 صفحة 117

التيار الكهربي Electric current

١ - موصل مقطعه منتظم الشكل يحمل تياراً قدره 5.0 A . ما هو عدد الالكترونات المارة خلال زمن قدره دقيقة واحدة .

Electric current التيار الكهربي

٢ – كثافة النحاس تساوي $9.0\ gm/cm^3$ وللمادة الكترون واحد موصل لكل ذرة فإذا مر تيار قدره $50.0\ A$ في سلك مقطعه الدائري منتظم قطره $0.1cm$ ما هي كثافة التيار وكذلك السرعة المتوسطة للالكترونات

Avogadro's number, equal to $6.022140857 \times 10^{23}$. copper atomic weight = 63.546

التيار الكهربي Electric current

٣ - يمر تيار كهربي مقداره 10 A في موصل من الفضة مساحة مقطعه $2mm^2$ فإذا كانت السرعة الانسياقة للالكترونات 5.33×10^{-4} m/s فاحسب عدد الالكترونات الحرة في وحدة الحجوم .

التيار الكهربي Electric current

٤ - قضيب معدني مساحة مقطعه $1.2\ mm^2$ يحتوي على $6 \times 10^{22}\ electrons / cm^3$ إذا كان التيار المار في القضيب $3\ A$ ما هي سرعة الانسياق للالكترونات الحرة .

التيار الكهربي Electric current

٥ - قضيب حديدي مساحة مقطعه $3\ cm^2$ فإذا كانت المقاومة النوعية لمادة الحديد (steel) $6.0 \times 10^{-7}\ \Omega\ m$. احسب مقاومة قضيب طوله 6 كيلومتر . وإذا كان فرق الجهد بين طرفيه 120 V فما قيمة التيار الكهربي وكثافته والمجال الكهربي .

التيار الكهربي Electric current

١٢ - وصل سلكان من البلاتين والتنجستن ببعضهما فإذا كان طول كل منهما 10 m ومساحة مقطع كل منهما $0.88\ mm^2$ والمقاومة النوعية للبلاتين $11 \times 10^{-8}\ \Omega m$ وللتنجستن $5.6 \times 10^{-8}\ \Omega m$ احسب فرق الجهد بين طرفيهما إذا كان التيار المار بهما 10 A .