

## الفصل الثالث: التيار الكهربى

١-٣ التيار الكهربى

٢-٣ التوصيلية الكهربىة

٣-٣ المقاومة

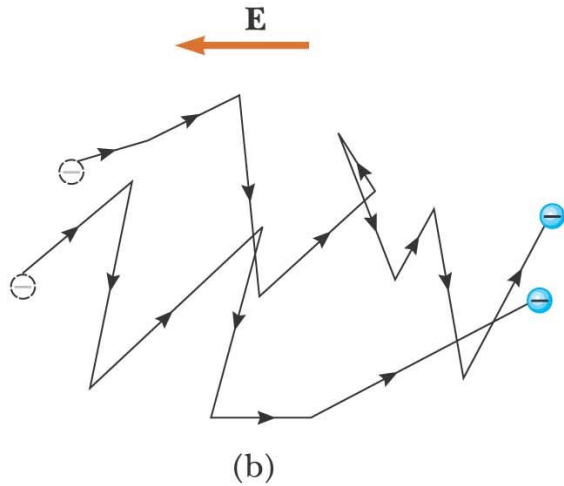
٥-٣ توصيل المقاومات

٦-٣ الطاقة الكهربىة والقدرة فى دوائر التيار المستمر

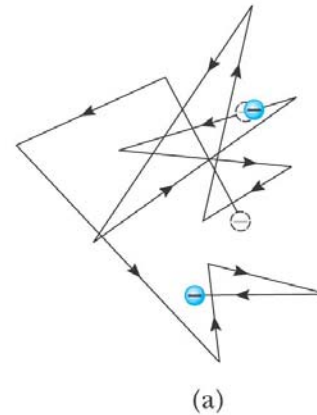
٧-٣ القوة الدافعة الكهربىة والمقاومة الداخلىة

## ٣-١ التيار الكهربى

- اذا وضع موصل معزول فى مجال كهربى، فان الشحنات الكهربائية الحرة داخل الموصل سوف تتحرك تحت تأثير قوة كهربية ( $F = qE$ ) وتصبح محصلة حركة الشحنات فى نفس اتجاه القوة الكهربائية..... أى انة ينشأ تيار كهربى لحظى.....



حركة الشحنات تحت تأثير القوة  
الكهربية (المجال الكهربى)  
©2004 Thomson - Brooks/Cole



حركة عشوائية  
©2004 Thomson - Brooks/Cole

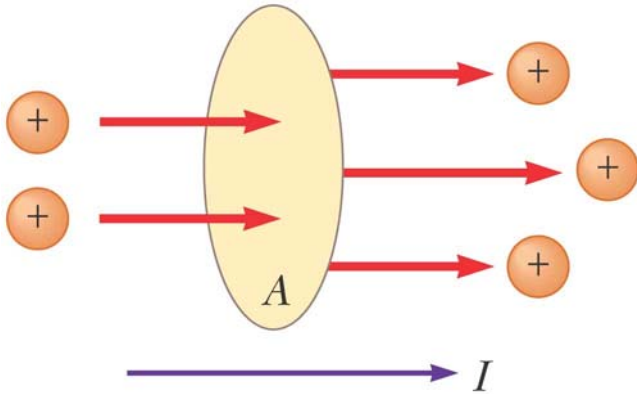
- لكي ينشأ تيار مستمر داخل الموصل لابد من الإبقاء على القوة المؤثرة وذلك بتوصيل الموصل بمصدر للقوة الدافعة الكهربائية (مثل بطارية أو مولد كهربى).

شدة التيار الكهربائي : المعدل الزمني لمرور الشحنات الكهربائية خلال الموصل، ووحدته هي الأمبير (كولوم/ثانية)

$$I_{ave} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

تعطي متوسط شدة التيار الكهربائي المار بموصل بالمعادلة الآتية:

حيث:  $\Delta Q$  هي الشحنة الكهربائية المارة خلال مقطع الموصل خلال الفترة الزمنية  $\Delta t$



وتعطي الشدة اللحظية للتيار بالمعادلة

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

حيث:

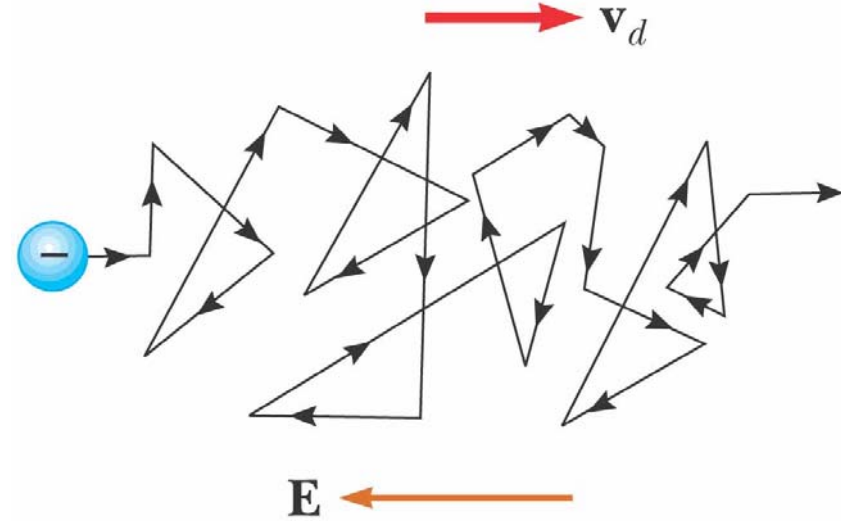
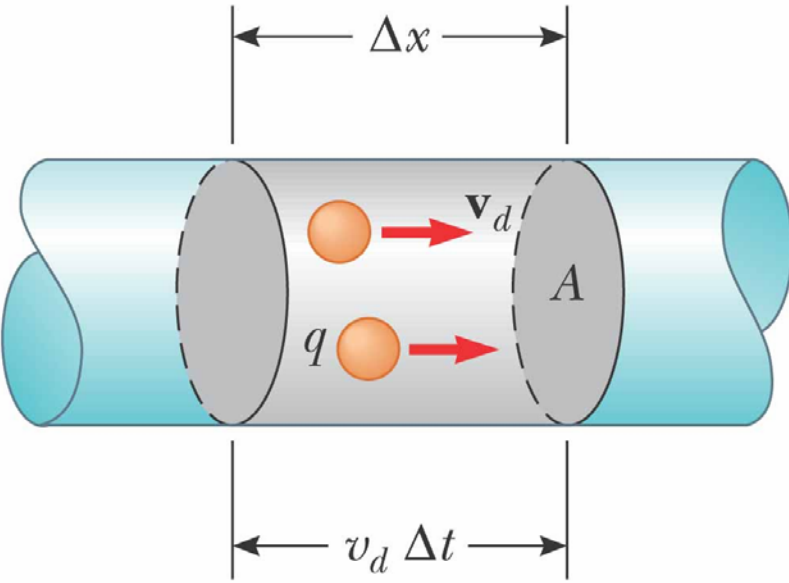
$dQ$  هي عنصر الشحنة الكهربائية المارة خلال مقطع الموصل خلال لحظة  $dt$

©2004 Thomson - Brooks/Cole

- التيار الكهربائي كمية قياسية

تنتقل الشحنات خلال الموصل بواسطة ما يسمى بناقلات الشحنات والتي قد تكون الكثرونات، بروتونات أو ايونات،

ويكون اتجاه التيار الكهربائي المار بالموصل هو اتجاه حركة الشحنات الموجبة أو عكس اتجاه حركة الشحنات السالبة



©2004 Thomson - Brooks/Cole

©2004 Thomson - Brooks/Cole

عند مرور تيار كهربى شدته  $I$  بموصل ما مساحة مقطعة  $A$  وطوله  $\Delta x$  فان حاملات الشحنات تتحرك بسرعة متوسطة قدرها  $v_d$  وتسمى سرعة الانسياب وعدد حاملات الشحنات لكل وحدة حجم  $n$  يكون إجمالي الشحنة الكهربائية بالموصل هي :

$\Delta Q = n q A \Delta x$

$$\Delta Q = n q A \Delta x$$

$$\therefore \Delta x = v_d \Delta t$$

$$\therefore \Delta Q = n q A v_d \Delta t$$

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

$$\therefore I = n q A v_d$$

عدد حاملات الشحنات لكل وحدة حجم بموصل = عدد أفوجادرو . كثافة مادة الموصل/ الوزن الذري

سؤال ٣-١: عند مرور تيار كهربى 10 A خلال موصل من النحاس مساحة مقطعة  $3 \times 10^{-6} \text{cm}^2$ ، احسب سرعة

انسياق الالكترونات (حاملات الشحنات) في الموصل، علما بان كثافة النحاس ٨,٩٥ جرام/سم<sup>٣</sup>، وكل ذرة

نحاس تسهم بالكترون واحد فقط كحامل للشحنات؟

$$\begin{aligned} \therefore I &= \frac{\Delta Q}{\Delta t} & \therefore I &= n q A v_d \\ \therefore v_d &= \frac{I}{n q A} \end{aligned}$$

عدد حاملات الشحنات لكل وحدة حجم بموصل = عدد أفوجادرو . كثافة مادة الموصل/ الوزن الذري

$$n = \frac{(6.022 \times 10^{23} \text{ atom / mol})(8.95 \text{ g / cm}^3)}{63.5 \text{ g / mol}} = 8.48 \times 10^{23} \text{ atom / cm}^3$$

$$= 8.48 \times 10^{29} \text{ electron / m}^3$$

$$\begin{aligned} v_d &= \frac{(10 \text{ A})}{(8.48 \times 10^{28} \text{ electron / m}^3)(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(3 \times 10^{-6} \times 10^{-4} \text{ m}^2)} \\ &= \text{m / s} \end{aligned}$$

ويلاحظ من هذه النتيجة مدى بطء حركة الشحنات خلال الموصل حيث إن الإلكترون يقطع متر واحد من الموصل خلال ٦٨ دقيقة

سؤال ٣-١: موصل مساحة مقطعة منتظمة يحمل تيار قدرة ٥ أمبير، أحسب عدد الكترونات المارة

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad \Delta Q = I \Delta t = (5 \text{ A})(60 \text{ s}) = 300 \text{ C} \quad \text{بمقطعة لكل دقيقة؟}$$

$$N = \frac{Q}{e} = \frac{300 \text{ C}}{1.60 \times 10^{-19} \text{ C/electron}} = \boxed{\text{electrons}}$$

سؤال ٣-٤: موصل مساحة مقطعة  $1.2 \text{ mm}^2$  يحتوي على  $6 \times 10^{22} \text{ electron/cm}^3$  ويمر تيار كهربى  $3 \text{ A}$ ، أحسب سرعة انسياب الكترونات الحرة بالموصل؟

$$\begin{aligned} \therefore I &= \frac{\Delta Q}{\Delta t} & \therefore I &= n q A v_d \\ \therefore v_d &= \frac{I}{n q A} \\ v_d &= \frac{3(\text{A})}{6 \times 10^{22} \times 10^6 (\text{electron} / \text{m}^3) \times 1.6 \times 10^{-19} (\text{C} / \text{electron}) \times 1.2 \times 10^{-4} (\text{m}^2)} = \text{m} / \text{s} \end{aligned}$$

\* انظر المثال ٣-٢، ص ٨٥

سؤال: سلك من الألمونيوم مساحة مقطعة  $4 \times 10^{-6} \text{ m}^2$  ويحمل تيار قدرة  $5 \text{ A}$ ، أوجد سرعة انسياب الكترونات المارة بالسلك، علما أن كثافة  $2.7 \text{ g/cm}^3$  & الوزن الذري

26.98

- كثافة التيار المار بموصل:

كثافة التيار (الكثافة التيارية): تعرف كثافة التيار بشدة التيار المار بموصل لكل وحدة مساحة

مقطعة (A/m<sup>2</sup>) وهي كمية متجه وتأخذ نفس اتجاه التيار الكهربائي المار بالموصل أي اتجاه

$$\begin{aligned} J &= \frac{I}{A} & \therefore I &= nqv_d A \\ \therefore J &= nqv_d \end{aligned}$$

حركة الشحنات الموجبة؛

- يكون التعبير عن كثافة التيار صالحا فقط عندما تكون كثافة التيار المار متجانسة ويكون مساحة المقطع

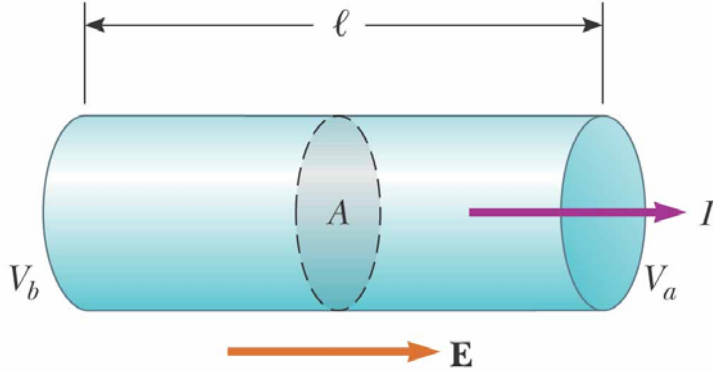
عمودية على اتجاه التيار المار بالموصل. كثافة التيار كمية متجهة، للشحنة الموجبة لها نفس اتجاه المجال

n- = عدد حاملات الشحنات لكل وحدة حجم = عدد الالكترونات لكل وحدة حجم = عدد ذرات المادة لكل وحدة حجم

= الكثافة . عدد افجارو (6.022x 10<sup>23</sup> atom/mole gram) / الوزن الذري

$$n = \frac{D \cdot N_a}{M}$$

## ٢-٣: التوصيلة الكهربائية:



هي نسبة كثافة التيار إلى شدة المجال الكهربائي

-عندما يكون هناك فرق جهد بين طرفي موصل فأنة ينشأ مجال كهربائي وكثافة تيار داخل الموصل،

وإذا كان فرق الجهد ثابت فان التيار الكهربائي المار بالموصل يكون ثابت، وغالبا ما يوجد علاقة

تناسب بين كثافة التيار والمجال الكهربائي حيث؛

$$J \propto E \quad J = \sigma E$$
$$\sigma = J (A / m^2) / E (V / m) \Rightarrow (A / V \cdot m)$$
$$\sigma = \frac{I}{A E}$$

حيث :  $\sigma$  هي ثابت التناسب وتسمى التوصيلية الكهربائية . وتعرف هذه العلاقة بقانون أوم

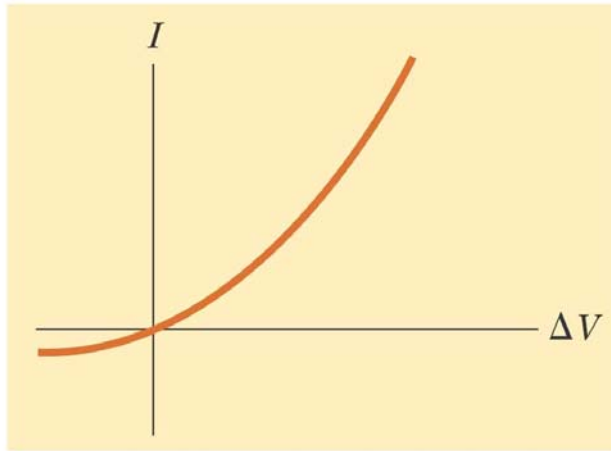
- وتسمى المادة التي تحقق هذه العلاقة بالموصل الأومي أو الموصل الخطي، والتي لا تحققها بالموصل غير الخطي



- المقاومة النوعية للمادة:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{E (V / m)}{J (A / m^2)} \Rightarrow (V \cdot m / A)$$
$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{EA}{I}$$

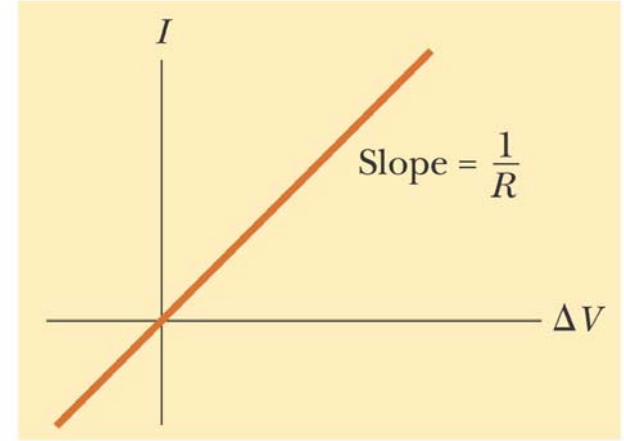
- تعتبر التوصيلية الكهربائية وكذلك المقاومة النوعية من الخواص الفيزيائية للمادة، حيث تختلف كثافة التيار المار بالمادة تحت تأثير مجال كهربائي محدد باختلاف المادة .



(b)

موصل غير خطي (لا يحقق قانون أوم)

©2004 Thomson - Brooks/Cole



(a)

موصل خطي (يحقق قانون أوم)

©2004 Thomson - Brooks/Cole

### ٣-٣ المقاومة:

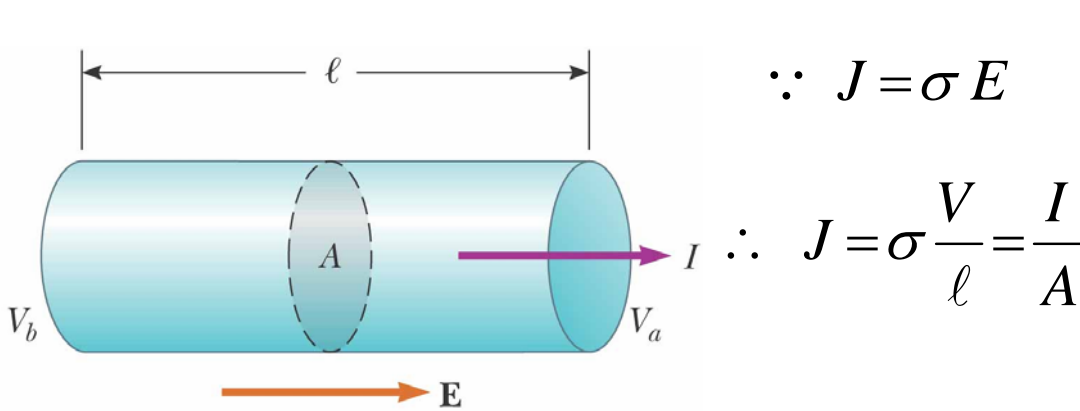
عند مرور تيار كهربى بموصل فإن الشحنات الكهربائية تتحرك، بطاقة حركية وبتسارع معين، من ثم تصطدم بذرات المادة وتفقد جزء من طاقتها التي تنتقل لذرات المادة وتؤدي إلى تزايد حركتها التذبذبية ويزداد تبعاً لذلك درجة حرارة الموصل.



العالم الألماني سيمون أوم ١٧٨٩-١٨٥٤ م

تعرف المقاومة على أنها "ممانعة الموصل لمرور التيار الكهربى خلاله"

- موصل مساحة مقطعة ثابتة  $A$  وطوله  $\ell$  فرق الجهد بين طرفيه  $|V|$  وشدة المجال داخله



$$V = \frac{J \ell}{\sigma} = \frac{I \ell}{A \sigma} = I R$$

$$V = J \ell \rho = \frac{I \ell \rho}{A} = I R$$

$$R = \frac{\ell}{A \sigma} = \frac{\ell \rho}{A} = \frac{V}{I}$$

$$R \propto \ell \quad \& \quad R \propto \frac{1}{A}$$

وحدة المقاومة هي الأوم ( $\Omega$ ) وتكافئ فولت لكل أمبير

$$\therefore R = \rho \frac{\ell}{A}$$

ومن هذه العلاقة فإن وحدة المقاومة النوعية هي أوم.م ( $\Omega.m$ )

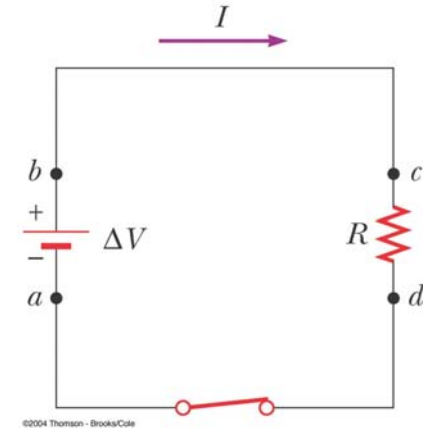
$$\therefore R = \frac{\ell}{A \sigma}$$

ومن هذه العلاقة فإن وحدة التوصيلية هي 1/ أوم.م ( $1/\Omega.m$ )

- تعتمد مقاومة الموصل على الطول ومساحة المقطع وكذلك على نوعية مادة الموصل

$$R \propto \ell \quad \& \quad R \propto \frac{1}{A}$$

$$V = IR$$



سؤال: احسب مقاومة أسطوانة من الألومونيوم و أسطوانة من الزجاج أبعادهما هي ١٠ سم طول & ٢ .٤-١٠ سم<sup>٢</sup> مساحة مقطع، علما بأن المقاومة النوعية للألومونيوم هي ٢,٨٢\*١٠<sup>-٤</sup> أوم.م & وللزجاج ٣\*١٠<sup>-١٠</sup> أوم.م.

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

للألومونيوم؛ المقاومة = ١,٤١\*١٠<sup>-٥</sup> أوم

للزجاج؛ المقاومة = ١,٥\*١٠<sup>-١٣</sup> أوم

يلاحظ أن مقاومة الألومونيوم أقل منها للزجاج وكذلك المقاومة النوعية.

سؤال : سلك من النيكل كروم نصف قطرة ٠,٣٣١ مم ومقاومته النوعية ١,٥\*١٠<sup>-٦</sup> أوم.م، احسب مقاومة

وحدة الأطوال؟ وإذا كان فرق الجهد لكل متر طول من السلك هي ١٠ فولت فما هي شدة التيار الكهربائي المار بالسلك؟

$$A = \pi r^2 = 3.14 \times (0.321 \times 10^{-3} \text{ m})^2 = 3.24 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

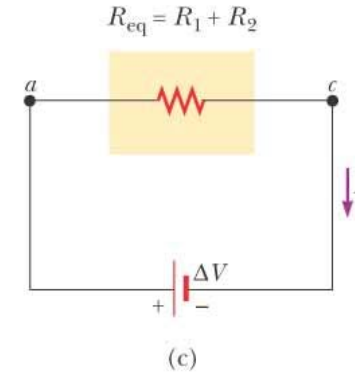
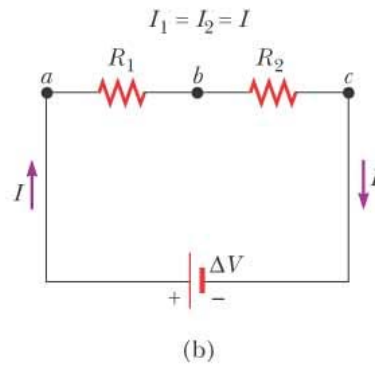
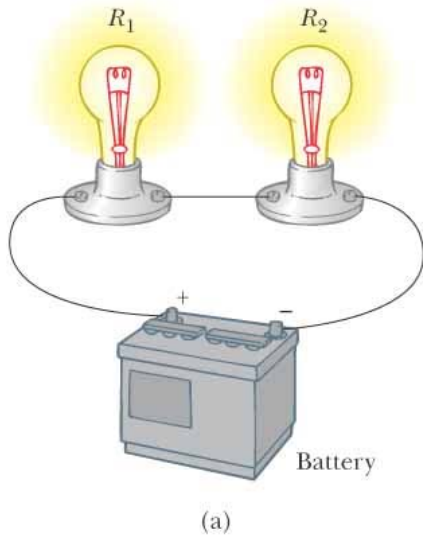
$$\therefore R = \rho \frac{\ell}{A}$$

$$\therefore \frac{R}{\ell} = \frac{\rho}{A} = 4.6 \quad \Omega / \text{m}$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{10}{4.6} = 2.2 \text{ A}$$

### ٥-٣ توصيل المقاومات:

#### - التوصيل على التوالي



©2004 Thomson - Brooks/Cole

$$I = I_1 = I_2$$

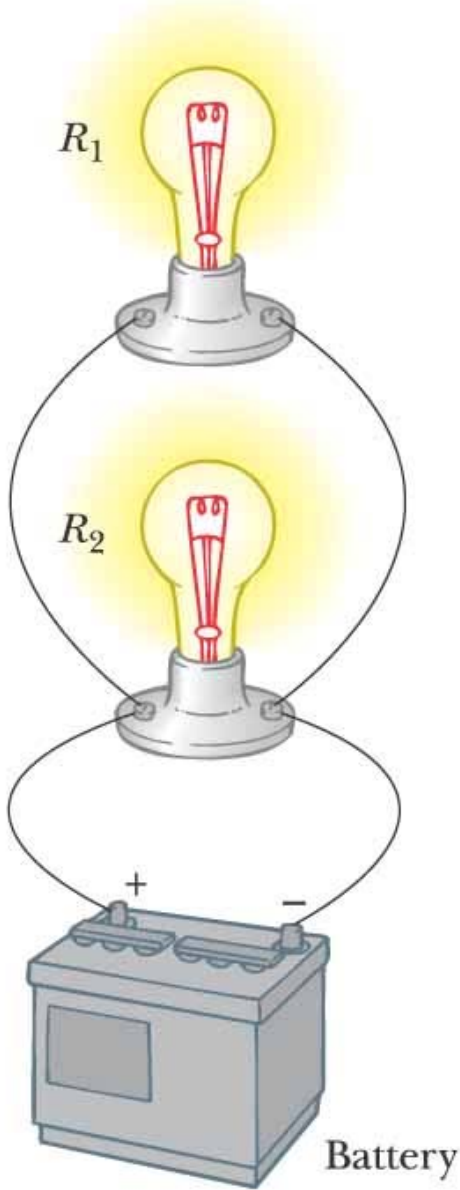
$$\Delta V = V_1 + V_2$$

$$IR = IR_1 + IR_2$$

$$R = R_1 + R_2$$

- المقاومة المكافئة تكون أكبر من أكبر مقاومة بالدائرة وتساوي مجموع المقاومات بالدائرة

- التوصيل على التوازي

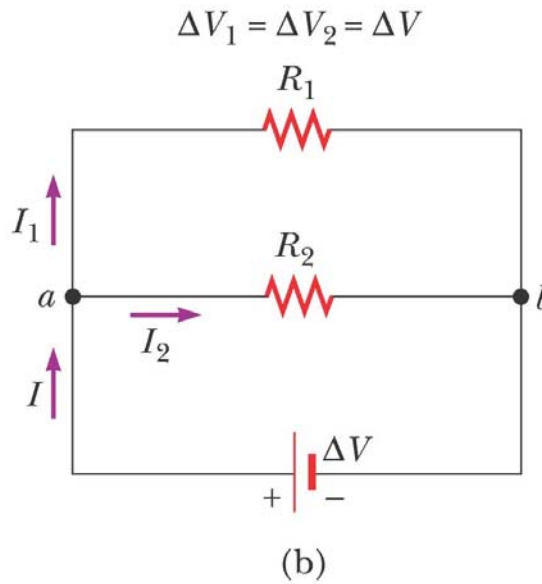


(a)

©2004 Thomson - Brooks/Cole

\* انظر مثال ٣-٥، ص ٩٥ &

مثال ٣-٦، ص ٩٦



©2004 Thomson

$$V = V_1 = V_2$$

$$I = I_1 + I_2$$

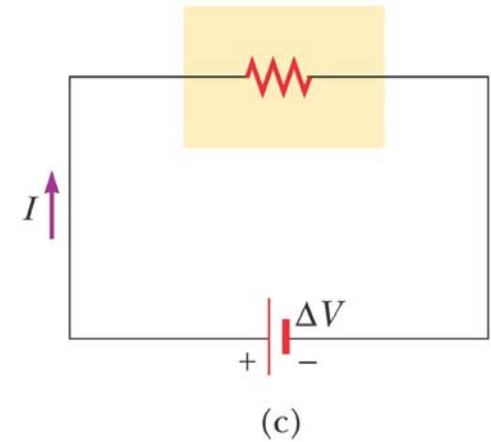
$$\frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2}$$

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

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

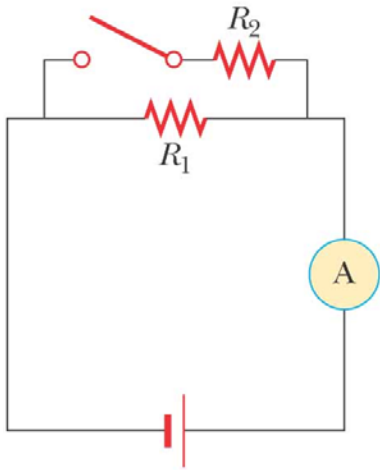
©2004 Thomson - Brooks/Cole

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



المقاومة المكافئة تكون أقل من أصغر مقاومة بالدائرة

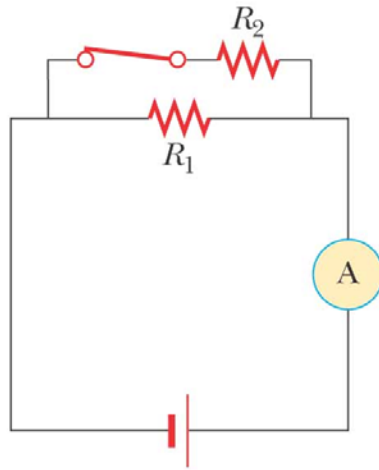
سؤال: احسب التغير في شدة التيار الكهربائي المار بالدائرة عند غلق المفتاح كما هو موضح بالرسم  
 (A) & (B)، علما بان  $R_1 = 5 \text{ Ohm}$  &  $R_2 = 2 \text{ ohm}$  وفرق الجهد بين طرفي البطارية 10  
 volts



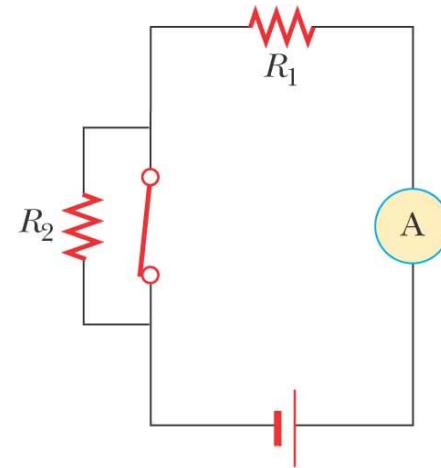
Switch open

©2004 Thomson - Brooks/Cole

**(B)**



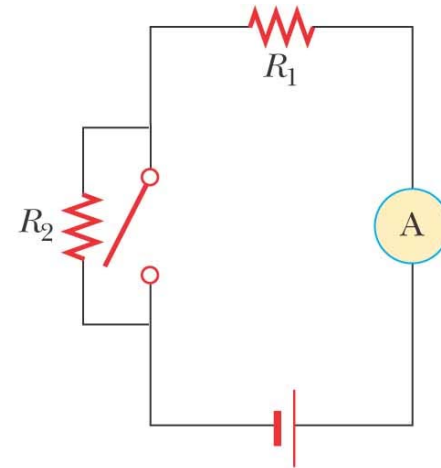
Switch closed



Switch closed

©2004 Thomson - Brooks/Cole

**(A)**



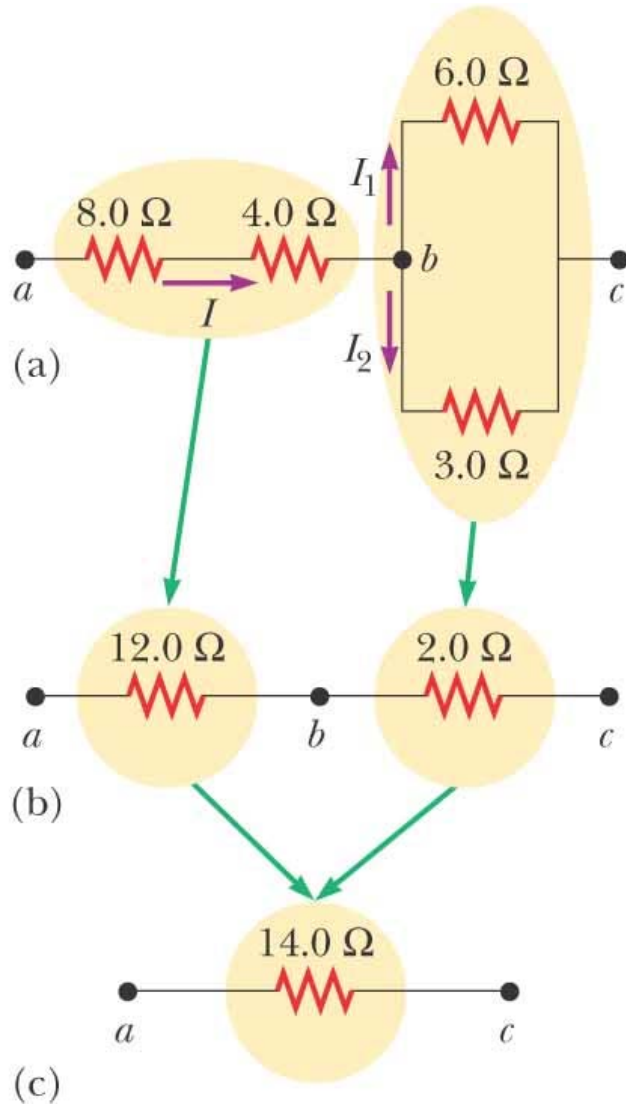
Switch open

سؤال: أحسب الآتي:

- المقاومة المكافئة بين النقطتين a & c

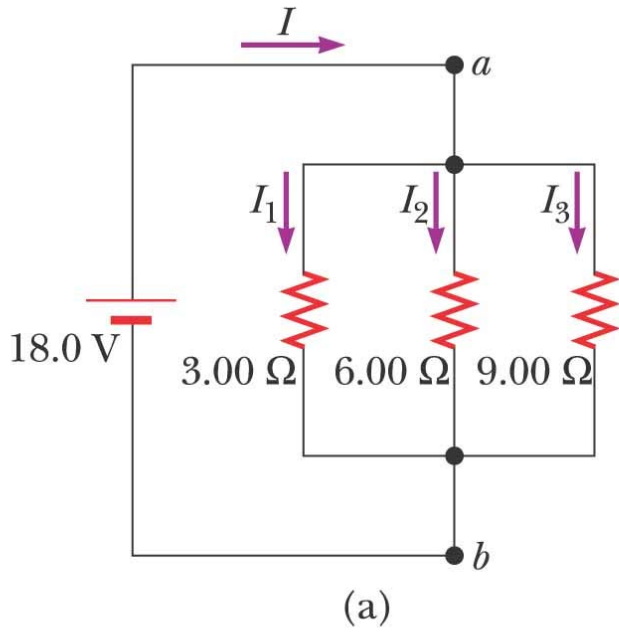
- شدة التيار المار بالدائرة اذا كان فرق الجهد بين النقطتين  $42\text{ V}$

- شدة التيار المار بكل مقاومة بالدائرة؟



©2004 Thomson - Brooks/Cole





سؤال: أحسب الآتي

- المقاومة المكافئة بين النقطتين a & b

- شدة التيار المار بالدائرة

- شدة التيار المار بكل مقاومة بالدائرة؟

### ٣-٦ الطاقة والقدرة في دوائر التيار المستمر:

- عند مرور تيار كهربائي شدة  $I$  في موصل مقاومته  $R$  فإن الطاقة الكهربائية تتحول إلى طاقة حرارية

$$\Delta U = V \Delta q = V I \Delta t$$

- القدرة (Power): المعدل الزمني لفقد أو اكتساب الطاقة، ووحدتها هي الواوات (watt)

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

وحدة الواوات (w) تكافئ J/s

$$- A.V \quad - A^2\Omega \quad - V^2/\Omega$$

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

- وحدة الطاقة الكهربائية المنتجة بواسطة محطات التوليد والمستهلكة بالمنزل والمصانع هي كيلووات ساعة kW-h حيث الطاقة تعطى بالمعادلة الآتية:

$$\Delta U = P \cdot \Delta t \quad (J) \& W.s$$

$$\therefore P = \frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{\Delta H}{\Delta t} = IV$$

$$\therefore \Delta H = I^2 R \Delta t \quad \text{or} \quad H = I^2 R t$$

$$\Delta h = \frac{1}{j} I^2 R \Delta t \quad \text{or} \quad h = \frac{1}{j} I^2 R t$$

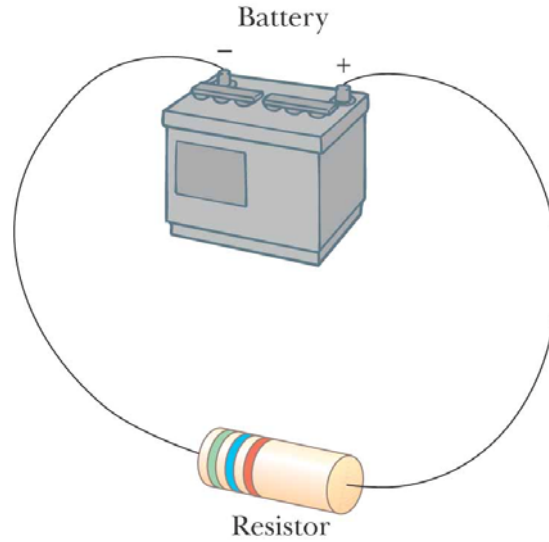
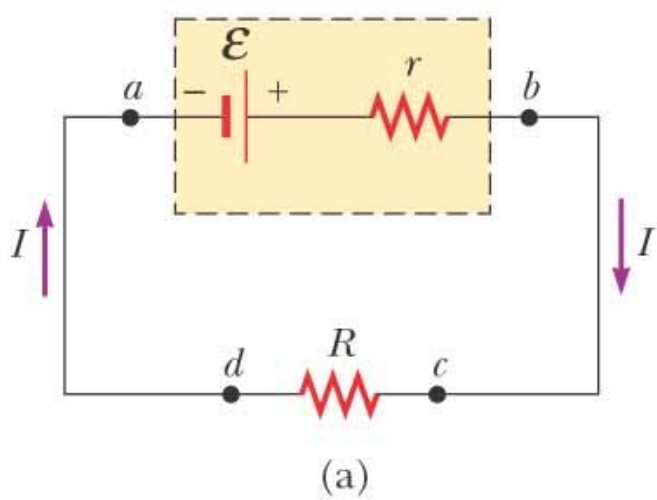
$$h = \frac{H}{j}$$

- عند مرور تيار كهربى شدته  $I$  بموصل فرق الجهد بين طرفيه  $V$  فأن التغير (الفقد) في الطاقة الكهربائية يكون  $\Delta U$  والتغير في الطاقة الحرارية للموصل يكون  $\Delta H$  حيث  $\Delta H = \Delta U$

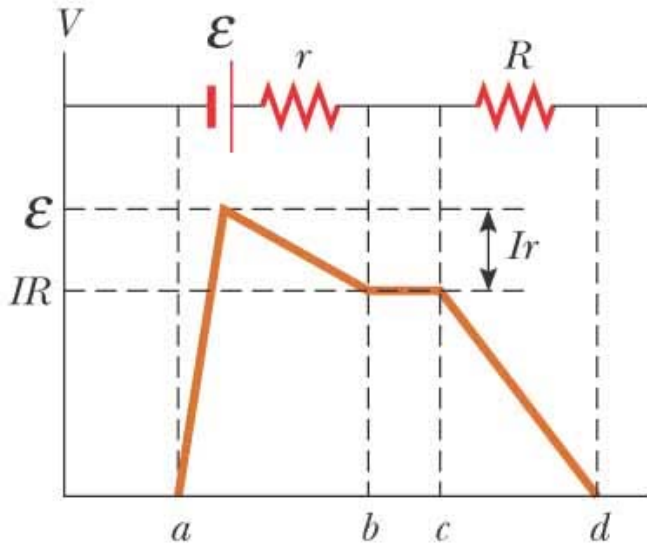
-  $\Delta H$  تعبر عن الطاقة الحرارية ووحدتها الجول بينما  $\Delta h$  تعبر عن كمية الحرارة ووحدتها السعر الحراري (calorie) ويكافئ ٤,١٨٦ جول

J = 4.186 joules/calories      ثابت جول

### ٧-٣ القوة الدافعة الكهربائية:



©2004 Thomson - Brooks/Cole



- يمر التيار الكهربائي بالدائرة نتيجة لمرور الشحنات الكهربائية خلالها والتي تتحرك بسبب الإزاحة بواسطة الشحنات المندفعة من مصدر الطاقة الكهربائية بالدائرة (البطارية أو المولد) ويسمى أيضا بمصدر القوة الدافعة الكهربائية.

يمكن تقسيم الجهد الكلي بالدائرة إلى قسمين:

- الجهد الداخلي الذي يدفع الشحنات (التيار) داخل المصدر، المقاومة الداخلية للمصدر والتي تستهلك (تبدد) طاقة قدرها  $I^2r$

- الجهد الخارجي الذي يدفع الشحنات (التيار) بالأجهزة الخارجية - المقاومة (R) التي تستهلك (تبدد) طاقة قدرها  $I^2R$

©2004 Thomson - Brooks/Cole

الطاقة المبددة (المستهلكة) = الطاقة المولدة

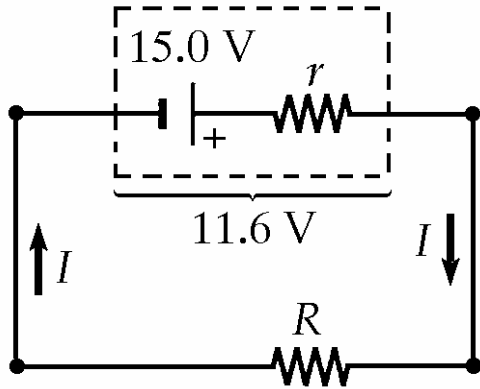
$$I \varepsilon = I^2 R + I^2 r$$

$$\varepsilon = I R + I r = I (R + r)$$

$$V = \varepsilon - I r$$

$$R \gg r \quad V = \varepsilon$$

حيث  $V$  الجهد الطرفي



$$P = \frac{(\Delta V)^2}{R}$$

$$20.0 \text{ W} = \frac{(11.6 \text{ V})^2}{R}$$

$$\Delta V = IR$$

$$\mathcal{E} = IR + Ir$$

سؤال: بالدائرة المرفقة، أحسب قيمة المقاومة الخارجية إذا كان معدل فقد

الطاقة الكهربائية بها هو 20 W، المقاومة

الداخلية وشدة التيار المار بالدائرة؟

$$R = 6.73 \Omega$$

$$11.6 \text{ V} = I(6.73 \Omega)$$

$$I = 1.72 \text{ A}$$

$$15.0 \text{ V} = 11.6 \text{ V} + (1.72 \text{ A})r$$

$$r = 1.97 \Omega$$

سؤال ٣-١١ (ص ١١٨): إذا كان فرق الجهد بين طرفي سخان 120 V ويمر به تيار كهربائي شدة 10 A أحسب المقاومة والقدرة الكهربائية للسخان؟ إذا استعمل السخان لمدة ٣٠ يوماً بصورة مستمرة احسب الطاقة الكهربائية والحرارية وكمية الحرارة؟ إذا كانت تكلفة الكيلووات ساعة ١٠ هللات، احسب تكلفة تشغيل السخان؟

$$\because V = IR \quad \therefore R = \frac{V}{I} = \frac{120}{10} = 12 \Omega$$

$$P = \frac{(\Delta V)^2}{R} = \frac{120^2}{12} = 1200 \text{ W}$$

$$\Delta U = \Delta H = P \Delta t$$

$$= 1200 \text{ (W)} \times 30 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ (s)} = 31.1 \times 10^8 \text{ (J)}$$

$$= 1.2 \text{ (kW)} \times 30 \times 24 = 864 \text{ (kW.h)}$$

$$\Delta h = \frac{\Delta H}{j} = \frac{31.1 \times 10^8 \text{ (J)}}{4.186 \text{ (joules/calories)}} = 74.3 \times 10^7 \text{ Calories}$$

$$\text{cost} = 864 \text{ (kW.h)} \times 0.1 \text{ (SR)} = 86.4 \text{ SR}$$

سؤال ٣-١٣ (ص ١١٩) مصباح كهربى قدرته 100 W وصل بمصدر للجهد الكهربى قدرة 10 V

احسب شدة التيار الكهربى المار فى فتيلة المصباح ومقاومتها؟  
$$P = IV = I^2 R = \frac{(\Delta V)^2}{R}$$

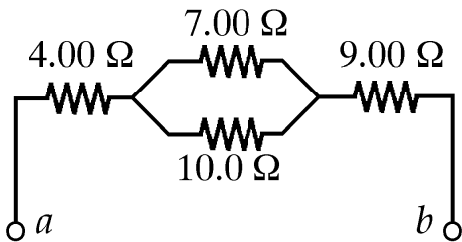
$$I = \frac{P}{V} = \frac{100}{10} = 10 A$$

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{100}{100} = 1 \Omega$$

الواجب مسائل رقم ١٤ & ١٥ ص ١١٩

واجب

سؤال: احسب شدة التيار الكهربى المار بمقاومة 5.6Ω تم توصيلها ببطارية جهدها الطرفى 10 V ومقاومتها الداخلىة 0.2 Ω؟ واحسب القوة الدافعة للبطارية؟



سؤال: احسب المقاومة الكافئة – الرسم المرفق- اذا كان فرق الجهد بين a & b 40 V احسب شدة التيار المار بكل مقاومة والطاقة المستهلكة (المبدده) بكل مقاومة؟