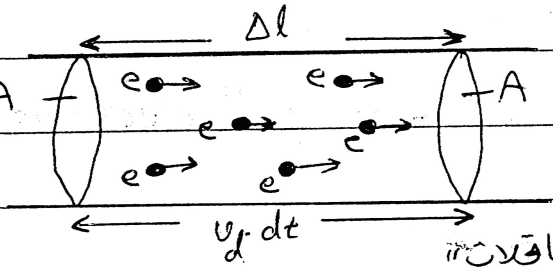
التيار الكهربائي : Electric Current

عندما تتحرك الشحنات فإن تيارًا كهربائيًا ينتج ، وشدة التيار (I) تُعرَّف على أنها مقدار الشحنات (dq) التي تمر خلال سطح مساحته (A) في زمن قدره (dt) ، أي أن :

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

واتجاه التيار الاصطلاحي هو اتجاه الشحنات الموجبة ، أي عكس اتجاه الشحنات السالبة ، ووحدة التيار في النظام العالمي للوحدات وحدة أساسية وتسمى الأمبير (Ampere) ، ويُرمز له بالرمز (A) .

ويمكن أن نجد العلاقة بين شدة التيار ومساحة المقطع (A) الذي تمر خلاله الشحنات « الإلكترونات » وذلك باعتبار سلك موصل كما في الشكل المقابل



ولاحظنا عدد الالكترونات في وحدة الحجوم (n) التي تمر خلال الحجم $(A\Delta l)$ [كثافة حاملات « ناقلات » الشحنة] بسرعة انسياق (v_d) (drift velocity) في فترة زمنية قصيرة (dt) ، فتكون مقدار الشحنة التي تمر في الحجم $(A\Delta l)$:

$$dq = ne(A\,\Delta l)$$

حيث : (e) شحنة الالكترونات .

وحيث أن : $(A\Delta l = Av_d\,dt)$ فإن المعادلة الأخيرة يمكن كتابتها كالتالي :

$$dq = neA\,v_d\,dt$$

$$I = \frac{dq}{dt} = neA\,v_d$$

وقد نعتقد أن (I) تعتمد على (A) ، ولكن الحقيقة أنه إذا تغيرت (A) فإن (v_d) ستتغير حتى تبقى (Av_d)

ثابتة.

ولكن يمكن أن نعرّف كثافة التيار (J) على أنه شدة التيار لكل وحدة مساحة، أي:

$$J = \frac{I}{A} = nev_d$$

وكثافة التيار (J) كمية فيزيائية متجهة وذلك لأن (v_d) كمية فيزيائية متجهة، ووحدة كثافة التيار هي (A/m^2).

- مثال①: يمر تيار كهربائي شدته (7.2 A) في مصباح سيارة. أوجد كمية الشحنة التي تمر في دقيقتين. وعدد الإلكترونات.

- الحل:

$$\because I = \frac{dq}{dt} \Rightarrow dq = I\,dt$$

$$\therefore dq = 7.2 \times 2 \times 60 = 864\ C$$

$$dq = Ne$$

$$864 = N(1.6 \times 10^{-19}) \Rightarrow N = 54 \times 10^{20}\ electrons$$

- مثال②: إذا كانت كثافة التيار المار في سلك منتظم المقطع ($30\ A/cm^2$). أوجد مقدار الشحنة المارة في السلك خلال نصف ساعة، إذا علمت أن مساحة مقطع السلك ($80\ mm^2$).

- الحل:

$$J = \frac{I}{A} \Rightarrow I = JA$$

$$= \left(\frac{30}{10^{-4}}\right)(80 \times 10^{-6}) = 24\ A$$

$$dq = I\,dt$$

$$\therefore dq = 24 \times 30 \times 60 = 4.32 \times 10^{4}\ C.$$

المقاومة وقانون أوم: (Resistance and Ohm's Law)

إذا مرّ تيار كهربائي شدته (I) في سلك طوله (l) ومساحة مقطعه (A)، وكان فرق الجهد بين طرفي السلك (V)، فإن النسبة بين (V) و (I) تكون ثابتة وتسمى بـ "مقاومة السلك" (Resistance) والتي نرمز لها بالرمز (R)، أي أن:

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

ووحدتها في النظام العالمي "الأوم" (Ohm) أو اختصاراً (Ω). ويرمز لها في الدائرة الكهربائية بالرمز (⏦).

ولكن مقاومة السلك تعتمد على الشكل الهندسي للسلك، أي تعتمد على مساحة مقطعه وطوله، فهي تتناسب طردياً مع طول السلك (l) وعكسياً مع مساحة مقطعه (A)، أي أن:

$$R \propto \frac{l}{A}$$

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

حيث: (ρ) مقدار ثابت ويسمى "المقاومة النوعية" (Resistivity)، وتعتمد على المادة المصنوع منها السلك، ووحدتها (Ω.m)، وهي صغيرة جداً للموصلات "للنحاس حوالي $(1.7\times10^{-8}\ \Omega.m)$" وللعوازل كبيرة جداً "للزجاج حوالي $(10^{12}\ \Omega.m)$".

وتوجد كمية فيزيائية أخرى لصيقة بالمقاومة النوعية وهي الموصلية الكهربائية (Electric Conductivity)، ويُرمز لها بالرمز (σ) وتُعطى بالعلاقة:

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

وواضح أنها كبيرة للموصلات وصغيرة للعوازل.

ويجب أن نلاحظ أن المقاومة النوعية تعتمد على درجة حرارة المادة حسب العلاقة التالية:

$$\rho_T = \rho_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$$

(4)

حيث: (ρ) المقاومة النوعية للمادة عند درجة حرارة (T)
و (ρ_0) المقاومة النوعية عند درجة حرارة (T_0).
أما (α) فتُعرف على أنها معامل المقاومة النوعية الحراري
ووحدتها ($/^\circ C$)، وهذا يعني أن المقاومة تزداد مع ارتفاع
درجة الحرارة.

- مثال (1): يمر تيار شدته ($4.5\ A$) في سلك معدني مساحة
مقطعه ($20\ mm^2$) وطوله ($1.5\ m$)، فإذا كانت كثافة
الإلكترونات الحرة لمادة السلك ($7 \times 10^{28}\ electrons/m^3$)
ومقاومته النوعية ($1.6 \times 10^{-8}\ \Omega.m$)، أوجد:

أ) كثافة التيار المار في السلك

ب) سرعة الانسياق.

ج) الزمن اللازم ليقطع الالكترون طول السلك.

د) مقاومة السلك.

هـ) الموصلية الكهربائية.

- الحل:

أ- $J = \frac{I}{A} = \frac{4.5}{20 \times 10^{-6}} = 0.225 \times 10^6\ A/m^2$

ب- $\because I = neAv_d \Rightarrow v_d = \frac{I}{neA} = \frac{J}{ne} = \frac{0.225 \times 10^6}{7 \times 10^{28} \times 1.6 \times 10^{-19}}$

$\therefore v_d = 2 \times 10^{-5}\ m/s$

ج- $\because v_d = \frac{L}{dt} \Rightarrow dt = \frac{L}{v_d} = \frac{1.5}{2 \times 10^{-5}} = 0.75 \times 10^5\ sec$

د- $\because R = \rho \frac{l}{A} = (1.6 \times 10^{-8}) \frac{1.5}{20 \times 10^{-6}} = 0.12 \times 10^{-2}\ \Omega$

هـ- $\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{1.6 \times 10^{-8}} = 6.25 \times 10^{7} \ (\Omega.m)^{-1}$.

• مثال ② : أثبت أن : $J = \sigma E$

حيث (J) كثافة التيار ،

(σ) الموصلية الكهربائية ،

(E) المجال الكهربائي .

• الحل : من قانون أوم : $V = I R$

وحيث أن : $R = \rho \frac{l}{A}$

وبالتعويض عن (R) : $V = I \left(\rho \frac{l}{A}\right)$

$$V = \left(\frac{I}{A}\right) \rho l$$

$$\frac{I}{A} = \frac{V}{\rho l} = \left(\frac{1}{\rho}\right)\left(\frac{V}{l}\right) \ ; \ J = \frac{I}{A} \ , \ E = \frac{V}{l} \ , \ \sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$J = \sigma E$$

• مثال ③ : يمر تيار كهربائي كثافته ($1.6 \ A/cm^2$) في سلك طوله ($80 \ cm$) . فإذا كان فرق الجهد بين طرفي السلك ($6.4 V$) ؛ أوجد موصلية مادة السلك .

• الحل : $J = \sigma E \ ; \ E = \frac{V}{l} = \frac{6.4}{0.8} = 8 \frac{V}{m}$

$$\sigma = \frac{J}{E} = \frac{1.6 \times 10^{6}}{8} = 2 \times 10^{3} \ (\Omega.m)^{-1}$$

• مثال ④ : إذا مرّ تيار كهربائي شدته (50 A) في سلك نحاسي قطره (6mm)، أوجد المجال الكهربائي في السلك.
[المقاومة النوعية للنحاس $(1.7\times10^{-8}\ \Omega.m)$].

• الحل :

$$J = \sigma E$$

$$\frac{I}{A} = \frac{E}{\rho} \quad ; A = \pi r^2$$

$$= 3.14\,(3\times10^{-3})^2 \quad m^2$$

$$\therefore E = \left(\frac{I}{A}\right)\rho$$

$$\therefore E = \frac{50 \times 1.7\times10^{-8}}{3.14\,(3\times10^{-3})^2} = 0.03\ V/m$$

القوّة الدافعة الكهربائية : (Electromotive Force)

لابد من وجود مصدر خارجي للطاقة يحمل التيار الكهربائي يمر في دائرة كهربائية. ويسمى ...

ويمكن أن يكون المصدر كيميائياً مثل "نضيدة" أو ميكانيكياً مثل "محرّك" أو غيره من المصادر. ويسمى مصدر الطاقة بالقوة الدافعة الكهربائية أو اختصاراً (emf) ويُرمز لها بالرمز ($\mathcal{E}$)، وهي في الحقيقة ليست قوة وإنما طاقة تُعرّف على أنها [الشغل المبذول لنقل شحنة مقدارها (1C) خلال الدائرة]، فتكون وحداتها في النظام العالمي للوحدات الفولت (Volt).

أي أن :

$$\mathcal{E} = \frac{W}{q} = \Delta V$$

وتمثل ($\mathcal{E}$) الارتفاع في طاقة الوضع للشحنة (rise in potential)، بينما تمثل (ΔV) الانخفاض في طاقة الوضع للشحنة (drop in potential).

فإذا مرّ تيار كهربائي في الدائرة كالتي في الشكل المقابل فإنه سيلاقي مقاومة نتيجة مروره في المقاومة الخارجية (R)، كما سيلاقي مقاومة أيضاً أثناء مروره في المصدر، وهذه المقاومة تسمى "المقاومة الداخلية للمصدر"، ونرمز لها بالرمز (r)، وحيث أن الارتفاع في الجهد يساوي الانخفاض في الجهد فإن:

$$\mathcal{E} = \Delta V = Ir + IR$$
$$= I(r+R) \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{r+R}$$

بمعنى أن: مقدار شدة التيار الكهربائي الذي يمر في الدائرة الكهربائية يكون مقدار القوة الدافعة الكهربائية مقسوماً على جميع المقاومات في الدائرة سواء كانت خارجية أو داخلية.

- مثال: مقاومة خارجية مقدارها (8.2 Ω) موصلة ببطارية ذات مقاومة داخلية مقدارها (0.3 Ω). فإذا كانت شدة التيار المار في الدائرة (0.34 A)، أوجد القوة الدافعة الكهربائية للبطارية.

- الحل: $I = \frac{\mathcal{E}}{r+R} \Rightarrow \mathcal{E} = I(r+R)$
$$= 0.34\,(0.3 + 8.2)$$
$$\therefore \mathcal{E} = 2.89\ V.$$

القدرة الكهربائية : (Electrical Power)

إذا تحركت شحنة مقدارها (Δq) بين نقطتين (A) و (B) نتيجة لوجود جهد كهربائي بين النقطتين مقداره (V_{AB})، فإن شغلاً سيُبذل يكون مقداره :

$$\Delta W = \Delta q\, V_{AB} \quad ; \quad \Delta q = I\,\Delta t$$
$$= (I\,\Delta t)\, V_{AB}$$

وحيث أن القدرة - والتي نرمز لها بالرمز (P) - تُعرَّف على أنها مُعدّل بذل الشغل فإن :

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = I\, V_{AB}$$

← ووحدات القدرة كما هو معروف "الوات" (Watt) أو (J/s) أو (AV).

ونوع الشغل أو الطاقة أو القدرة يعتمد على نوع الجهاز الكهربائي الذي يمر فيه التيار، فإذا كان محركاً فإن الطاقة تكون ميكانيكية، وإذا كانت مقاومة فإن الطاقة تكون حرارية .... وهكذا...

ويمكن أن تُكتب المعادلة ($P = I\, V_{AB}$) بصيغ أخرى وذلك باستخدام قانون أوم كالتالي :

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

• مثال ①: أوجد قدرة سخانة كهربائية، إذا كانت شدة التيار الكهربائي الذي يمر في مقاومتها (3.5A)، ومقدار المقاومة (80Ω). وكذلك أوجد فرق الجهد بين طرفيها.

• الحل :

$$\therefore P = I^2 R = (3.5)^2 (80) = 980\ W.$$

$$P = IV \Rightarrow V = \frac{P}{I} = \frac{980}{3.5} = 280\ V.$$

• مثال ②: احسب مقاومة مصباح كهربائي قدرته (60W) إذا كان فرق الجهد بين طرفيه (220V).

• الحل: $\because P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow R = \frac{V^2}{P} = \frac{(220)^2}{60} = 807\ \Omega$

• مثال ③: سلك حديدي مقاومته ($15\ \Omega$) عند درجة حرارة ($10^\circ C$). أوجد مقاومته عند درجة حرارة ($35^\circ C$). $[\alpha = 0.0052\ /^\circ C]$.

• الحل: $\because \frac{\rho}{T} = \rho_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$

وحيث أن: $\because R \propto \rho$

$\therefore R_T = R_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$

$= 15 [1 + 0.0052 (35 - 10)]$

$\therefore R_T = 16.95\ \Omega$

• مثال ④: إذا كانت مقاومة الفتيلة في مصباح كهربائي ($20\ \Omega$) عند درجة حرارة ($25^\circ C$) وعندما يسخن تصبح مقاومته ($60\ \Omega$). ما أوجد درجة حرارتها عندما تسخن. $[\alpha_{\text{للفتيلة}} = 4 \times 10^{-3}\ /^\circ C]$.

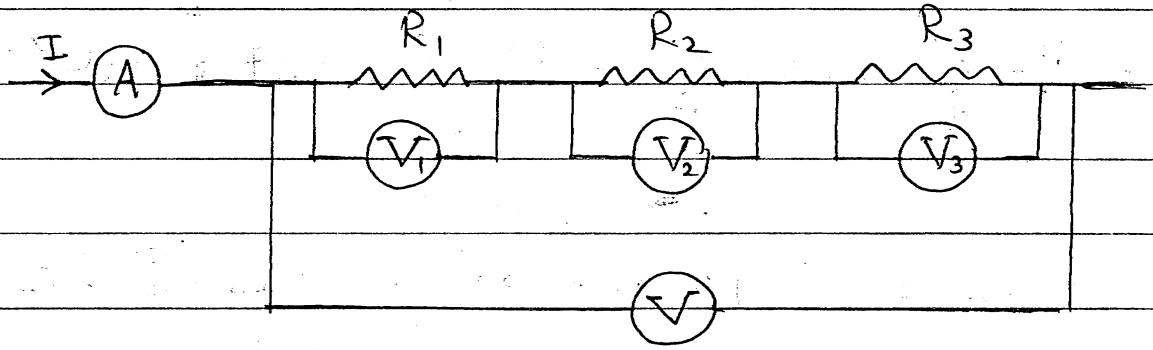
• الحل: $\because \frac{\rho}{T} = \rho_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$

أو: $\frac{R}{T} = R_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$

$60 = 20 [1 + 4 \times 10^{-3} (T - 25)]$

$\therefore T = 502.5\ ^\circ C$

توصيل المقاومات (Connecting Resistance)



إذا وُصّلت المقاومات (R_1) و (R_2) و (R_3) كما في الشكل أعلاه، فإن التيار المار في كل منها يكون (I)، ويكون فرق الجهد عبر كل منها (V_1) و (V_2) و (V_3)، ويكون فرق الجهد الكلي على المقاومات (V)، فيكون:

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

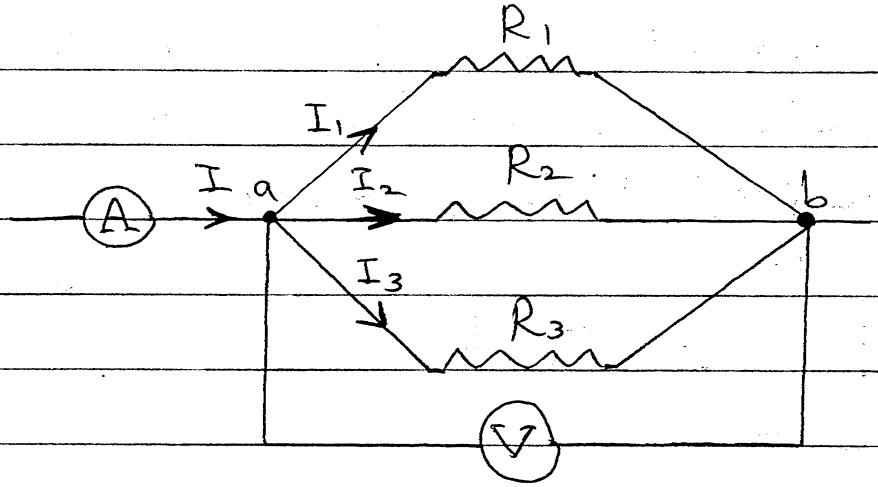
وباستخدام قانون أوم:

$$I_T R_T = I_T R_1 + I_T R_2 + I_T R_3$$

$$I_T R_T = I_T (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$\therefore R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

أي أنه عندما تُوصل المقاومات على التوالي فإن المقاومة المكافئة (R) تكون المجموع الكلي للمقاومات، فمثلاً إذا كانت ($R_1 = 1\,\Omega$) و ($R_2 = 2\,\Omega$) و ($R_3 = 3\,\Omega$) فإن المقاومة الكلية (R) تساوي ($6\,\Omega$).



أما إذا وصّلنا المقاومات كما في الشكل أعلاه، فإن فرق الجهد عبر المقاومات يكون واحدًا وهو (V) ولكن التيار (I) سيتجزأ عند النقطة (a)، فيمر التيار (I_1) في المقاومة (R_1)، والتيار (I_2) في المقاومة (R_2)، والتيار (I_3) في المقاومة (R_3)، ويكون:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

وباستخدام قانون أوم يصبح:

$$\frac{V_T}{R_T} = \frac{V_T}{R_1} + \frac{V_T}{R_2} + \frac{V_T}{R_3}$$

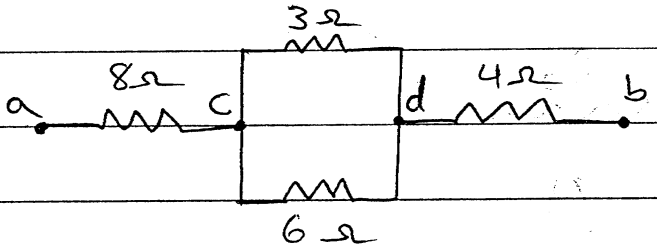
$$\frac{V_T}{R_T} = V_T \left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right]$$

$$\therefore \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

أي أن: مقلوب المقاومة المكافئة (R) يساوي مجموع مقلوب المقاومات، فإذا كانت ($R_1 = 1\,\Omega$)، ($R_2 = 2\,\Omega$) و ($R_3 = 3\,\Omega$) فإن المقاومة الكلية (R) تساوي ($0.545\,\Omega$).

- مثال (1): في الشكل، أوجد المقاومة المكافئة بين النقطتين (a) و (b)، إذا كان فرق الجهد بين النقطتين (a) و (b) (42V). احسب شدة التيار في كل مقاومة.

- الحل:



المقاومتان (3Ω) و (6Ω) موصلتان على التوازي، فتكون المقاومة المكافئة الكلية لهما:

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

$$\therefore R = 2\Omega$$

وهي موصّلة على التوالي مع المقاومتين (8Ω) و (4Ω)، فتكون المقاومة المكافئة الكلية:

$$R_T = 2+8+4 = 14\Omega$$

التيار الكلي يمر في المقاومة (8Ω) ثم يتفرع في المقاومتين (3Ω) و (6Ω) عند النقطة (c) ليلتقي مرة أخرى عند النقطة (d) ويمر في المقاومة (4Ω). أي أن التيار المار في المقاومة (8Ω) و (4Ω) هو التيار الكلي، والذي نجده من العلاقة:

$$I = \frac{V_{ab}}{R_{ab}} = \frac{42}{14} = 3A$$

التيار الكلي عند النقطة (c) سيتفرع إلى (I_3) وهو التيار المار في المقاومة (3Ω) و (I_6) التيار المار في المقاومة (6Ω)، فيكون:

$$I = I_3 + I_6 = 3A$$

$$I_6 = 3 - I_3 \longrightarrow (1)$$

وفرق الجهد بين النقطتين (c) و (d) هو (V_{cd}) حيث:

$$V_{cd} = 3I_3 = 6I_6 \Rightarrow I_3 = 2I_6 \longrightarrow (2)$$

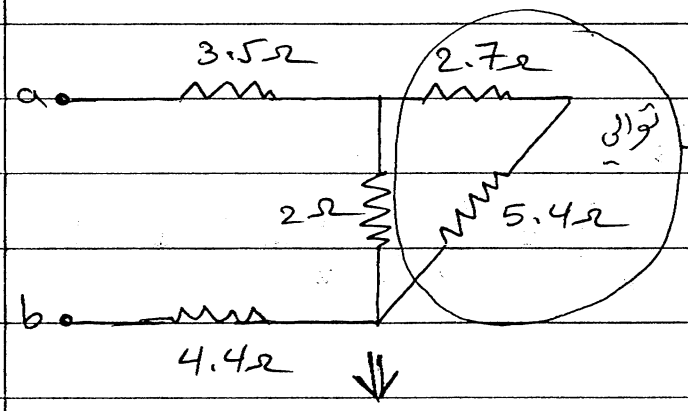
وبالتعويض عن (I_3) في (1) نجد أن:

$$I_6 = 3 - 2I_6 \Rightarrow 2I_6 + I_6 = 3 \Rightarrow 3I_6 = 3 \Rightarrow I_6 = 1A$$

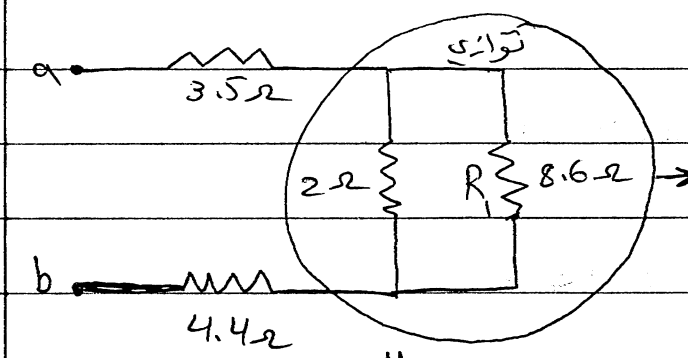
لاحظ أن فرق الجهد عبر المقاومة (8Ω) هو $(24V)$، وعبر المقاومة (4Ω) هو $(12V)$، وعبر النقطتين (cd) هو $(6V)$. فإذا جمعنا فرق الجهد الكلي فإن الناتج يكون $(42V)$ كما هو متوقع.

- مثال ②: في الشكل، إذا كان فرق الجهد بين النقطتين (a) و(b) هو $(24V)$، أوجد شدة التيار المار في المقاومة (4.4Ω).

- الحل:

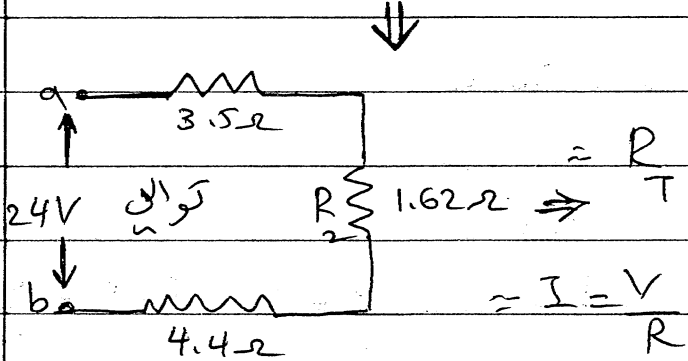


$$R_1 = 2.7 + 5.4 = 8.6\Omega$$



$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{8.6}$$

$$\frac{1}{R_2} = \frac{8.6 + 2}{2(8.6)} \Rightarrow R_2 = 1.62\Omega$$



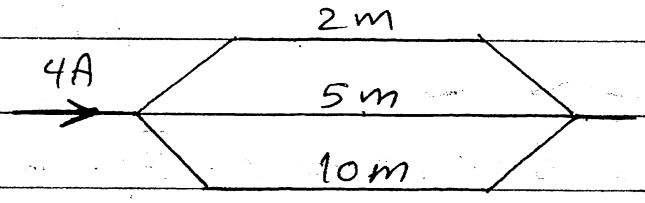
$$R_T = 3.5 + 1.62 + 4.4$$

$$= 9.52\Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{24}{9.52} = 2.52A = I_{(4.4\Omega)}$$

• مثال ③: أُخذت أسلاك الأطوال (2m) و(5m) و(10m) ثم لُحمت النهايات الثلاثة للأسلاك مع بعضها البعض، فإذا كانت المقاومة المكافئة للأسلاك (2.5Ω)، أوجد مقاومة كل سلك. وإذا وُصلت بمصدر كهربائي يعطي تيارًا مقداره (4A)، أوجد التيار في كل مقاومة.

• الحل:



$$R_1 = \rho \frac{l_1}{A}, \quad R_2 = \rho \frac{l_2}{A}, \quad R_3 = \rho \frac{l_3}{A} \longrightarrow (1)$$

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

$$\frac{1}{2.5} = \frac{A}{\rho}\left[\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} + \frac{1}{l_3}\right] = \frac{A}{\rho}\left[\frac{1}{2} + \frac{1}{5} + \frac{1}{10}\right] = 0.8\frac{A}{\rho}$$

$$\frac{\rho}{A} = 2$$

$$R_1 = \frac{\rho}{A} l_1 = 2 \times 2 = 4\ \Omega$$

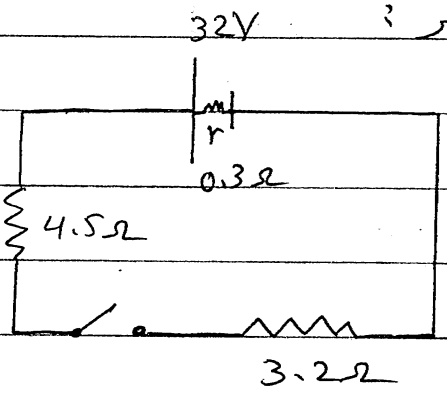
$$R_2 = \frac{\rho}{A} l_2 = 2 \times 5 = 10\ \Omega$$

$$R_3 = \frac{\rho}{A} l_3 = 2 \times 10 = 20\ \Omega$$

$$V = I R = 4 \times 2.5 = 10V$$

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{10}{4} = 2.5A, \quad I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{10}{10} = 1A, \quad I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{10}{20} = 0.5A$$

• مثال ④ : في الدائرة الكهربائية التي في الشكل ، أوجد قراءة الفولتميتر إذا وُضع عبر :



أ- قطبي البطارية .
ب- المقاومة (3.2Ω) .
ج- المقاومة (4.5Ω) .
د- المفتاح .

• الحل :

أ) حيث أن الدائرة مفتوحة ، فإن قراءة الفولتميتر عبر البطارية ستكون (32V) .

ب) (V=0) حيث لا يوجد تيار كهربائي مار في الدائرة .

ج) (V=0) حيث لا يوجد تيار كهربائي مار في الدائرة .

د) (V=0) حيث لا يوجد تيار كهربائي ولا توجد مقاومة .

• مثال ⑤ : في المسألة السابقة ، إذا أغلقنا الدائرة ، أوجد : (أ) ، (ب) ، (ج) و (د) ؟

• الحل :

$$R_T = 0.3 + 3.2 + 4.5 = 8\Omega .$$

$$I_T = \frac{\mathcal{E}}{R_T} = \frac{32}{8} = 4A .$$

أ) الجهد عبر البطارية : $V = \mathcal{E} - Ir$

$$= 32 - 4(0.3)$$

$$\therefore V = 30.8V$$

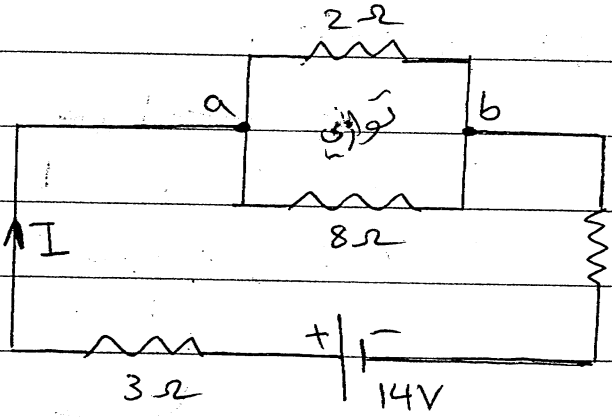
ب) الجهد عبر المقاومة (3.2Ω) : $V = IR = 4(3.2) = 12.8V$.

ج) الجهد عبر المقاومة (4.5Ω) : $V = IR = 4(4.5) = 18V$.

د) الجهد عبر المفتاح : يساوي صفراً ، لأن مقاومة المفتاح تساوي صفراً .

← لاحظ أن مجموع الجهد عبر المقاومة (3.2Ω) و (4.5Ω) يساوي الجهد عبر البطارية .

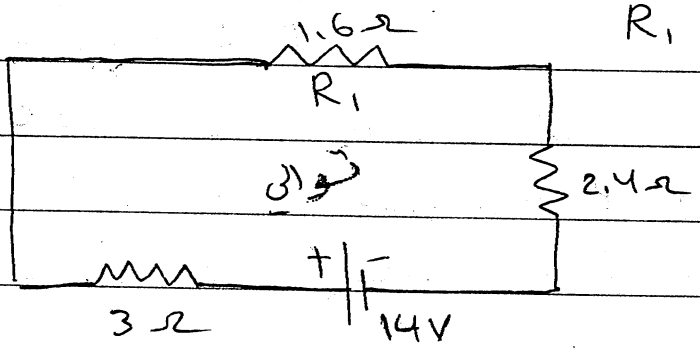
• مثال ⑥ : في الدائرة التي في الشكل ، أوجد شدة التيار المار في كل مقاومة.



• الحل :

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{2} + \frac{1}{8} = \frac{4+1}{8} = \frac{5}{8}$$

$$\therefore R_1 = \frac{8}{5} = 1.6\,\Omega$$



$$R_T = 1.6 + 3 + 2.4 = 7\,\Omega$$

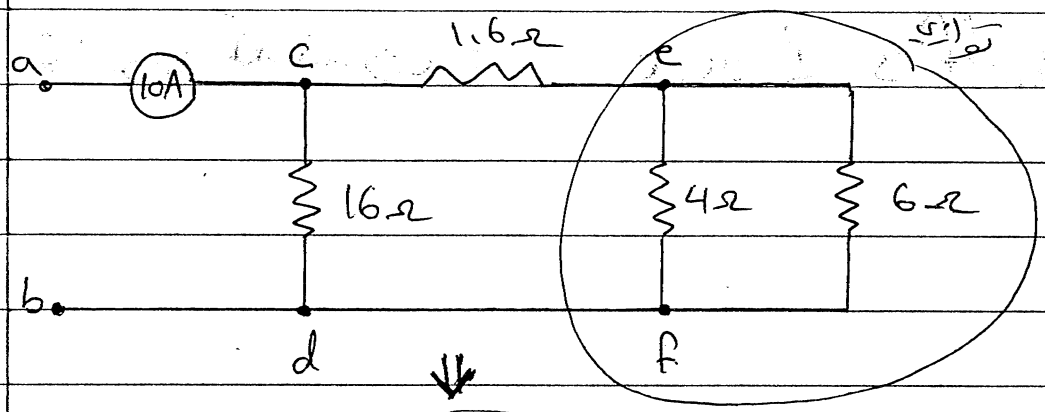
$$\therefore I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{14}{7} = 2A = I_3 = I_{2.4} = I_{1.6}$$

$$V_{1.6} = 2 \times 1.6 = 3.2V = V_8 = V_2$$

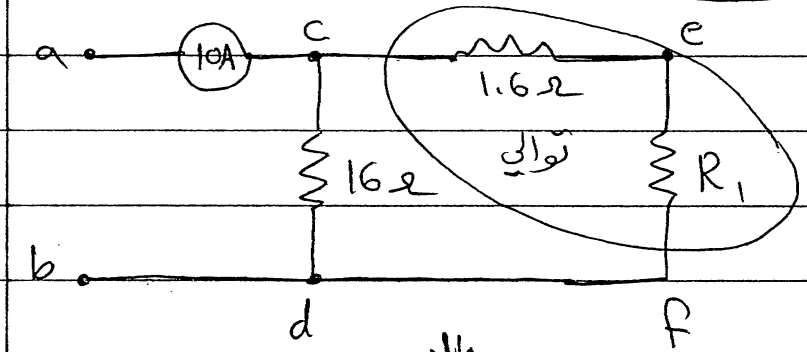
$$I_2 = \frac{3.2}{2} = 1.6A \,,\quad I_8 = \frac{3.2}{8} = 0.4A$$

• مثال ⑦ : في الشكل، أوجد القدرة المبددة في المقاومة (1.6Ω) ؟

(17)



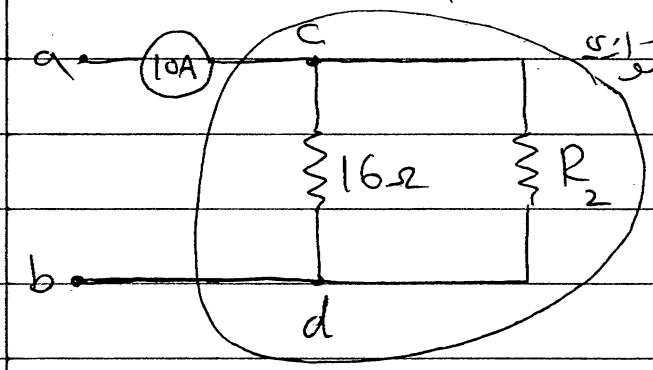
الحل:



$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6}$$

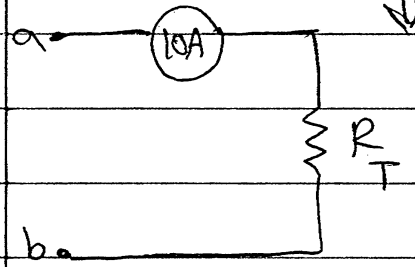
$$= \frac{6+4}{24} = \frac{10}{24}$$

$$R_1 = \frac{24}{10} = 2.4\,\Omega$$



$$R_2 = 2.4 + 1.6 = 4\,\Omega$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{4} + \frac{1}{16} = \frac{4+1}{16} = \frac{5}{16}$$



$$\therefore R_T = \frac{16}{5} = 3.2\,\Omega$$

$$V_{ab} = I_T R_T = 10 \times 3.2 = 32\,V$$

$$= V_{16} = V_{R_2}$$

$$I_{16} = \frac{32}{16} = 2\,A \quad , \quad I_{R_2} = \frac{32}{4} = 8\,A = I_{1.6} = I_{R_1}$$

$$\therefore P_{1.6} = I_{1.6}^2 R = (8)^2(1.6) = 102.4\,W$$