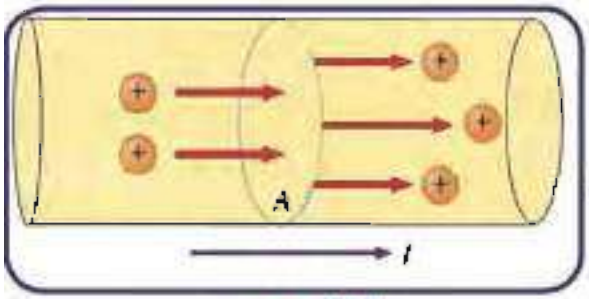
الفصل 9

التيار الكهربائي
Electric Current

معظم الاجهزة التي نستعملها في حياتنا العملية تعتمد على وجود الطاقة الكهربائية مثل الراديو والمصباح والتلفاز والثلاجة والحاسوب . ولكي تعمل هذه الاجهزة الكهربائية فلا بد من وجود مصدر يجهزها بالطاقة الكهربائية ، ومن امثلة هذه المصادر . البطارية الجافة والبطارية السائلة والمولد الكهربائي . ومن المعروف جيداً ان الالكترونات الحرة (الضعيفة الارتباط بالذرات) هي المسؤولة عن تكوين التيارات الكهربائية في الموصلات المعدنية . ولكنه يجب ان نتذكر ان التيارات قد تنشأ ايضاً عن حركة الايونات الموجبة والسالبة معاً كما في حالة المحاليل الالكتروليتية .

9 - 1 التيار الكهربائي :-



الشكل (1)

لتعريف التيار الكهربائي، تصور ان الشحنات الكهربائية المتحركة التي تعبر سطحا مساحة مقطعه العرضي (A) كما مبين في الشكل (1) فاذا كانت (Δq) هي كمية الشحنة الكهربائية المارة خلال مقطع الموصل في وحدة الزمن (Δt) فان :

$$\text{Electric Current} = \frac{\text{Quantity of Charge}}{\text{Time}}$$

$$\left[I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \right]$$

ويقاس التيار الكهربائي بوحدات $\frac{\text{coulomb } (C)}{\text{second } (s)}$ ، وتعرف هذه الوحدة باسم امبير .

$$1\text{ampere} = \frac{1\text{ coulomb}}{1\text{second}}$$

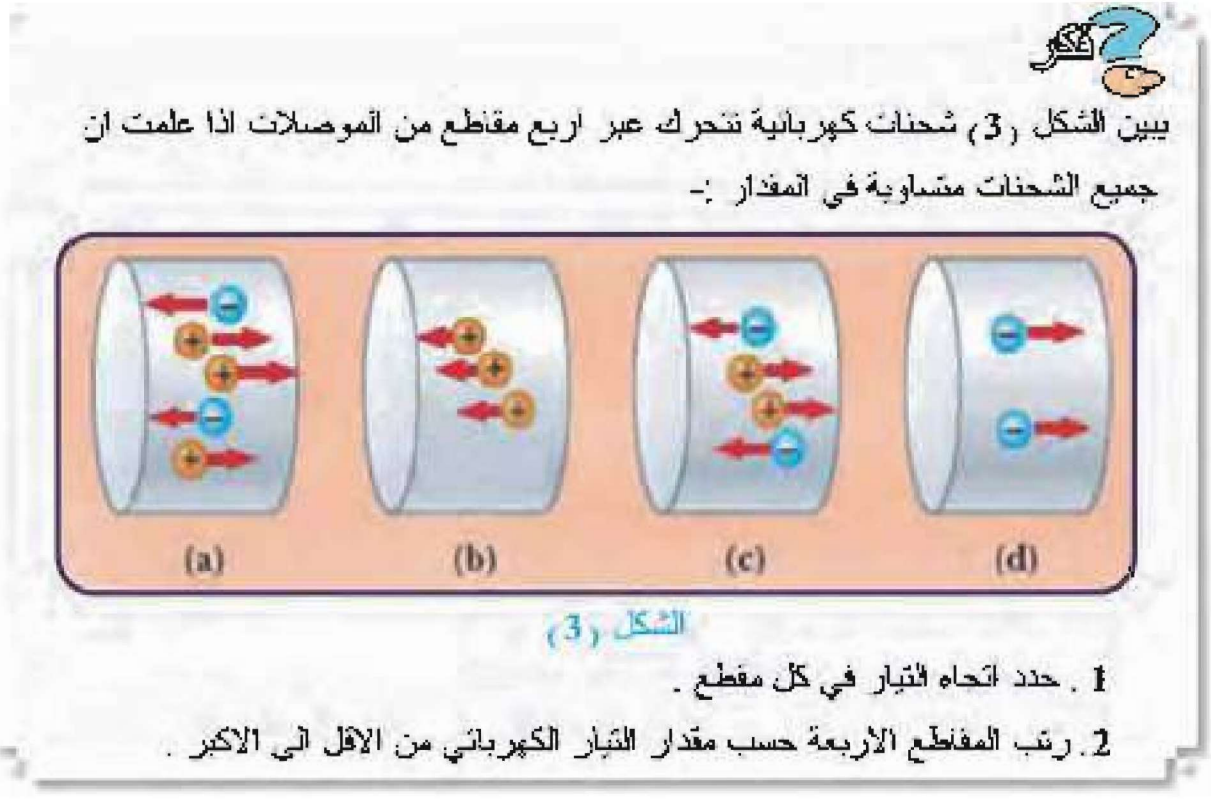
ويمكن تعريف التيار الكهربائي بأنه المعدل الزمني لكمية الشحنة الكهربائية المارة خلال مقطع موصل.

الشكل (2)

ويكون اتجاه التيار الكهربائي باتجاه حركة الشحنات الموجبة وبعكس اتجاه حركة الشحنات السالبة . والشكل (2) يمثل شحنات كهربائية تتحرك في مقطعين من موصلين ، لاحظ ان التيار الكهربائي المار في الموصل (a) اكبر من التيار المار في الموصل (b) ، كما ان اتجاه التيار الكهربائي في الشكل (a) هو باتجاه اليمين و باتجاه اليسار في الشكل (b) ، لان حركة الشحنات الكهربائية السالبة في اتجاه معين تكافيء حركة كمية مساوية من الشحنات الكهربائية الموجبة في الاتجاه المعاكس .

ان الشحنات الكهربائية المختلفة تسير باتجاهين متعاكسين في المجال الكهربائي (E) .

فقد اصطلح على حركة الشحنات الموجبة في الموصل باتجاه معين بالتيار الاصطلاحي (Conventional Current) وتكون حركة الشحنات السالبة (الالكترونات) في الموصلات الفلزية باتجاه معاكس لاتجاه التيار الاصطلاحي .



ومن الجدير بالذكر ان سرعة التيار الكهربائي هي السرعة التي تنتقل بها الطاقة الكهربائية والتي تقترب من سرعة الضوء في الفراغ ($3\times10^{8}m/s$) . في حين ان سرعة انجراف الشحنات الحرة في الموصلات يكون صغيراً. فمثلاً سلك من النحاس قطره (1mm) يمر فيه تيار كهربائي مقداره (1A) ، فان سرعة انجراف الالكترونات تبلغ ($9.4\times10^{-5}m/s$).

وتعطى سرعة الانجراف بالعلاقة الاتية :-

$$\text{سرعة الانجراف للشحنات} = \frac{\text{التيار}}{\text{مساحة المقطع العرضي} \times \text{عدد الالكترونات في وحدة الحجم} \times \text{شحنة الالكترون}}$$

$$\text{Drift velocity } (v_D) = \frac{\text{Current(I)}}{\text{Cross Section Area(A)} \times \text{Number of Electrons per unit volume(N)} \times \text{Electron charge(e)}}$$

$$v_D = \frac{I}{ANe}$$

اذ ان :

v_D تمثل سرعة انجراف الالكترونات وتقاس بوحدات m/s .

N تمثل عدد الالكترونات في وحدة الحجم .

A تمثل مساحة المقطع العرضي .

e شحنة الإلكترون .

مثال 1 عندما تضغط على احد ازرار حاسبة الجيب ، فان بطارية الحاسبة تجهز تياراً مقداره $300 \times 10^{-6} A$ في زمن قدره $10^{-2} s$:

a ـ ما مقدار الشحنة المنسابة في هذا الزمن ؟

b ـ كم هو عدد الالكترونات المنساب في هذه الفترة الزمنية ؟

الحل/

a ـ مقدار الشحنة المنسابة في هذا الزمن

$$\text{Electric Current} = \frac{\text{Quantity of Charge}}{\text{Time}}$$

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

$$\Delta q = I\Delta t$$

$$= (300 \times 10^{-6}\ A) \times (10^{-2}\ s)$$

$$\Delta q = 3 \times 10^{-6}\ C$$ مقدار الشحنة

b. عدد الالكترونات المنساب في هذه الفترة الزمنية

$$\text{عدد الالكترونات } (n) = \frac{\text{الشحنة الكلية } (\Delta q)}{\text{شحنة الالكترون } (e)}$$

$$n = \frac{\Delta q}{e}$$

$$n = \frac{3 \times 10^{-6} C}{1.6 \times 10^{-19} C} = 1.9 \times 10^{13} \text{ electron}$$

مثال 2

سلك نحاس مساحة مقطعه العرضي $(2\ mm^2)$ يمر فيه تيار (10A) . احسب سرعة الانجراف للالكترونات الحرة في هذا السلك، علماً ان عدد الالكترونات الحرة في وحدة الحجم من مادته (N) يساوي $8.5 \times 10^{28} \frac{e}{m^3}$

الحل/

$$\text{Drift velocity } (v_D) = \frac{\text{Current(I)}}{\text{Cross Section Area(A)} \times \text{Number of Electrons per unit volume(N)} \times \text{Electron charge(e)}}$$

$$v_D = \frac{I}{ANe}$$

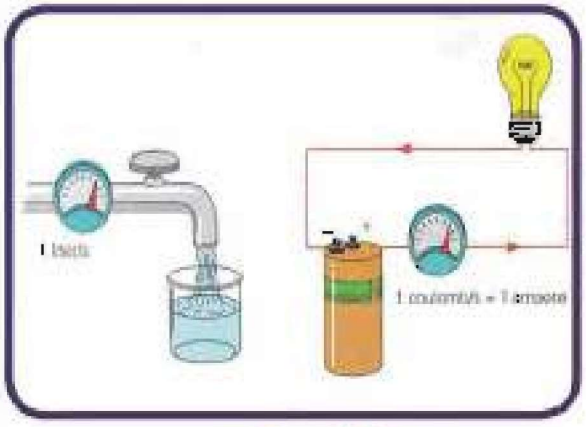
$$v_D = \frac{10A}{(2 \times 10^{-6} m^2)(8.5 \times 10^{28} e/m^3)(1.6 \times 10^{-19} C)}$$

$$= 0.37 \times 10^{-3} m/s$$

$$= 0.37\ mm/s$$

2 – 9 المقاومة الكهربائية وقانون أوم Electric Resistance and Ohm's Law

مر بك سابقا ان التيار الكهربائي يجد مقاومة عند مروره في موصل، سببها تصادم الشحنات الحرة بعضها ببعض وبذرات مادة الموصل. لذلك فان مفهوم المقاومة الكهربائية تمثل مقاومة الموصل للتيار الكهربائي وتعد مقياساً للإعاقة التي تواجهها الالكترونات الحرة في اثناء انتقالها في الموصل . وقد تعلمت سابقاً حساب مقاومة الموصل بقياس فرق الجهد بين طرفيه وقياس التيار المار فيه لاحظ الشكل (4) .



الشكل (4)

ونعرف مقاومة الموصل بانها:

$$\text{Resistance}(R) = \frac{\text{Voltage } (V)}{\text{Current } (I)}$$

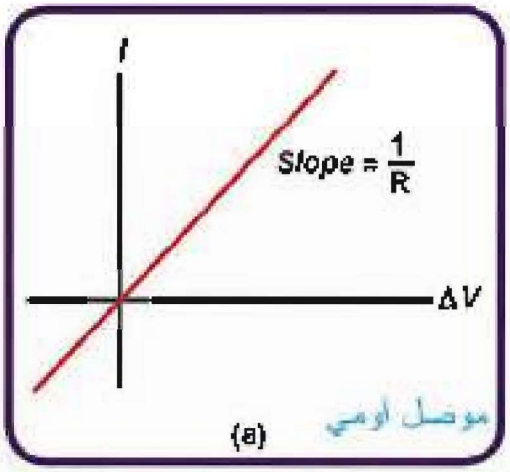
$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow V = I R$$

والمعادلة المذكورة أنفاً تعرف بقانون اوم (ohm's law) الذي ينص :-

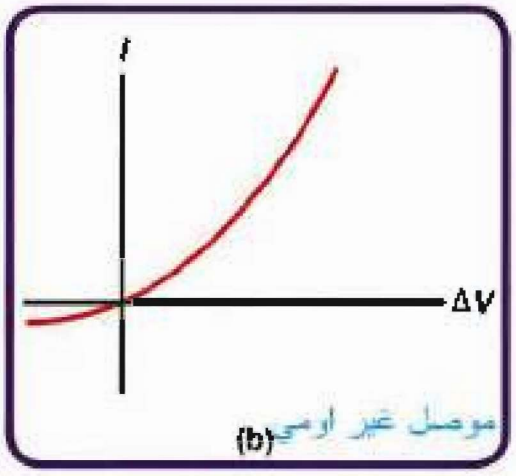
((ان التيار الكهربائي المار في موصل يتناسب طردياً مع فرق الجهد بين طرفيه عند ثبوت درجة حرارته)) .

وتقاس المقاومة بوحدة اوم، ويرمز لها بالرمز (Ω) ويعرف الاوم بانه "مقاومة موصل يمر فيه تيار مقداره (1A) عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه (1V)" .

تسمى الموصلات التي ينطبق عليها قانون اوم بالموصلات الاومية (ohmic conductors) لاحظ الشكل (5a) .



وعندما لا تبقى المقاومة ثابتة عند زيادة التيار المار فيها زيادة كبيرة، تصبح العلاقة بين التيار وفرق الجهد غير خطية، ويسمى الموصل في هذه الحالة موصلاً غير أومي. لاحظ الشكل (5b).



الشكل (5)

لقد درست في مراحل سابقة ان مقاومة الموصل تتناسب طرديا مع طول الموصل وعكسياً مع مساحة مقطعه، وعبرنا عن ذلك رياضياً على النحو الاتي:

$$\text{المقاومة} = \text{ثابت} \times \frac{\text{طول الموصل}}{\text{مساحة مقطعه العرضي}}$$

وهذا الثابت يعتمد على نوع مادة الموصل ودرجة الحرارة ويسمى المقاومية (Resistivity) ويرمز لها بالرمز (ρ) وعليه فان:

$$\text{Resistance}(R) = \text{Resistivity}(\rho) \times \frac{\text{Length}\ (L)}{\text{Cross section Area}\ (A)}$$

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

وحدة قياس المقاومية (ρ) هي (Ω.m)

وتختلف المقاومية (ρ) باختلاف نوع المادة وكذلك درجة الحرارة.

الجدول (1) يبين مقاومية بعض المواد عند درجة حرارة 20°C .

	المادة	المقاومية (Ω.m)
الموصلات	الالمنيوم	2.8×10^{-8}
	النحاس	1.72×10^{-8}
	الذهب	2.44×10^{-8}
	التانكديوم	100×10^{-8}
	الفضة	1.6×10^{-8}
	التنكستن	5.6×10^{-8}
اشباه الموصلات:	السيلكون النقي	3×10^{3}
العوازل:	الزجاج	10^{10}

يبين الجدول اعلاه ان قيمة المقاومية تكون قليلة جداً للمواد جيدة التوصيل مثل الفضة والنحاس في حين ان قيمتها تكون عالية جداً للمواد العازلة مثل الزجاج. اما للمواد شبه الموصلة فان مقاوميتها متوسطة .

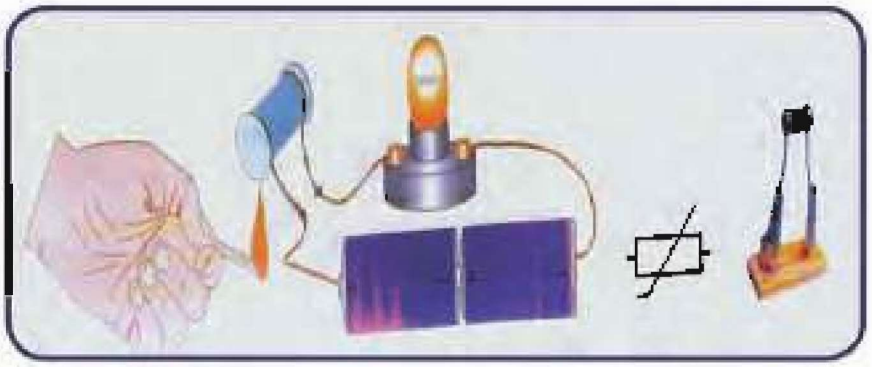
أن مقلوب المقاومية (ρ) يسمى الموصلية الكهربائية ورمزها (σ) أي أن:

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

هل تعلم ؟

ان المقاومية هي صفة للمواد (substances) في حين ان المقاومة صفة للجسم (object) كما ان الكثافة هي صفة للمواد في حين ان الكتلة صفة للجسم.

ومن تطبيقات الدوائر الكهربائية التي تتغير مقاومتها بتغير درجة الحرارة هو المقاوم الحراري Thermostat لاحظ الشكل (6).



الشكل (6)

ويستعمل في دوائر الانذار من الحريق الكهربائي ، كذلك يستعمل جهاز محرار المقاومية Aresistive thermometer لقياس درجة الحرارة من خلال التغير في مقاومة الموصل ويصنع من البلاتين .

مثال 3

قطعة من سلك نحاس مساحة منطعه ($4mm^2$) وطوله (2m) ومقاوميته تساوي ($1.72\times10^{-8}\Omega.m$) عند درجة حرارة 20°C جد :

a) المقاومة الكهربائية للسلك .

b) فرق الجهد على طرفي السلك عندما ينساب فيه تياراً مقداره 10A ؟

الحل//

a) المقاومة الكهربائية للسلك عند درجة حرارة 20°C .

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

$$= \frac{(1.72 \times 10^{-8}\Omega.m)(2m)}{(4 \times 10^{-6}m^2)}$$

$$= (8.6 \times 10^{-3}\Omega)$$

b) فرق الجهد على طرفي السلك عندما ينساب فيه تياراً مقداره **10A** ؟

فرق الجهد = التيار × المقاومة

$$V = I\,R$$

$$V = (10A)(8.6 \times 10^{-3}\,\Omega)$$

$$V = 8.6 \times 10^{-2}$$

$$V = 0.086\ Volt$$

9 - 3 المقاومية ودرجة الحرارة Temperature Coefficient of Resistivity :

تتغير مقاومية الموصلات تقريباً تغيراً خطياً مع تغير درجة الحرارة وفق العلاقة الاتية:

$$\rho = \rho_o \left[1 + \alpha\,(T - T_o)\right]$$

حيث ان: ρ_o تمثل المقاومية في درجة حرارة (T_o=20°C) ، والثابت α يسمى المعامل الحراري للمقاومية (Temperature Cofficient of resistivity) ويعتمد على نوع المادة.

اي ان :

$$\alpha = \frac{1}{\rho_o} \times \frac{\Delta\rho}{\Delta T}$$

حيث $\Delta\rho = \rho - \rho_o$ يمثل تغير المقاومية لدرجات الحرارة $\Delta T = T - T_o$

ان وحدة قياس المعامل الحراري للمقاومية (α) هي $\frac{1}{°C}$.

الجدول (2) يبين المعامل الحراري للمقاومية لبعض المواد بدرجة حرارة الغرفة (20°C).

المادة	الالمنيوم	النحاس	الكاربون	الحديد	لرصلص	الزئبق	الفضة	التنكستن
$\times 10^{-4}(°C^{-1})$	39	39.3	-5	50	43	8.8	38	45

ومما تجدر الاشارة اليه ان المقاومية للموصلات تزداد بزيادة درجة الحرارة كما اشرنا . الا انه علينا أن نتذكر أن هناك مواد أخرى مثل أشباه الموصلات والمحاليل الالكتروليتية تشذ عن هذه القاعدة، حيث تقل مقاوميتها بزيادة درجة الحرارة .

وهذا يعني ان قيمة المعامل الحراري للمقاومية لهذه المواد تكون سالبة

هل تعلم ؟

ان مقاومية خيوط المصباح الكهربائي المتوهج تزداد لاكثر من عشرة امثال عندما تتغير درجة الحرارة من درجة حرارة الغرفة الى ان يصير الخيوط ساخناً الى درجة البياض .

ويمكن التعبير عن التغير في مقاومة الموصل بشكل خطي مع درجة الحرارة طبقاً للمعادلة الآتية:

$$R = R_0 \left[1 + \alpha (T - T_0)\right]$$

مثال 4 في الطباخ الكهربائي سلك بطول ($1.1m$) وبمساحة مقطع عرضي ($3.1\times10^{-6}m^2$) عند اشتغال الطباخ ترتفع درجة حرارة السلك نتيجة لمرور التيار الكهربائي فيه . فاذا كانت المادة المصنوع منها السلك لها مقاومية ($\rho_0 = 6.8\times10^{-5}(\Omega.m)$) في درجة حرارة ($T_0=320°C$) والمعامل الحراري للمقاومية ($\alpha = 2.0\times10^{-3}(1/°C)$) ، أحسب مقاومة السلك في درجة حرارة $420°C$.

الحل/

$$\alpha = \frac{1}{\rho_0} \times \frac{\Delta\rho}{\Delta T}$$

$$\alpha = \frac{1}{\rho_0} \times \frac{\rho - \rho_0}{T - T_0}$$

$$2 \times 10^{-3} = \frac{1}{6.8\times 10^{-5}} \times \frac{\rho - 6.8\times 10^{-5}}{420 - 320}$$

ومنها نحصل على :

$$\rho = 8.16 \times 10^{-5}(\Omega \ . \ m)$$

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

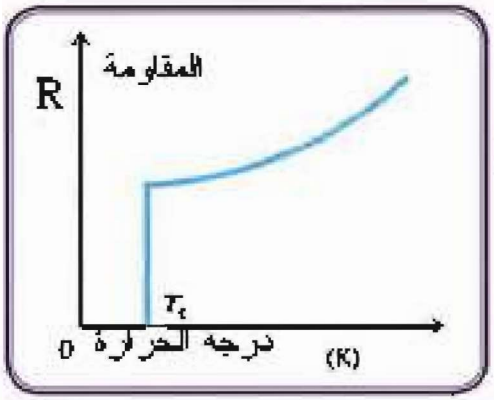
$$= \frac{8.18 \times 10^{-5} \times 1.1}{3.1 \times 10^{-6}} = \frac{8.976 \times 10^{-5}}{3.1\times10^{-6}}$$

مقاومة السلك في $420°C$

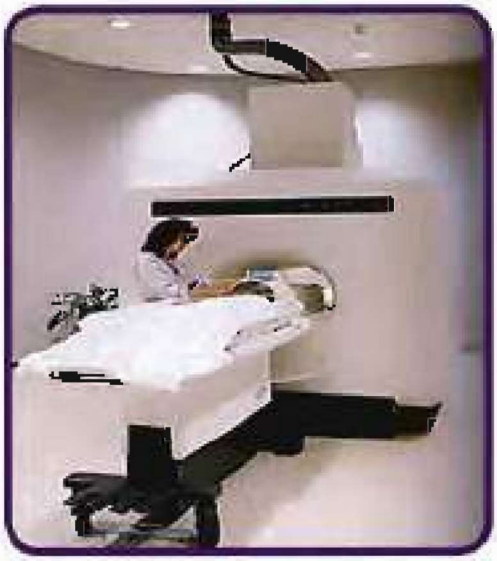
$$= 29\ \Omega$$

9 - 4 المواد فائقة التوصيل Superconductors :

هناك صنف من المعادن والمركبات تهبط مقاومتها بصورة مفاجئة الى الصفر عند درجة حرارة معينة تدعى درجة الحرارة الحرجة (T_c) Critical Temperature.
وهذه الظاهرة تسمى فرط التوصيل (Superconductors) وهذا النوع من المواد تسمى مواد فائقة التوصيل لاحظ الشكل (7) ومن المعالم اللافتة للنظر بالنسبة للمواد فائقة التوصيل ، هو انه في حالة تكوين تيار في دائرة مغلقة مفرطة التوصيل يستمر التيار في تلك الدائرة لزمن قد يدوم عدداً من الاسابيع دون الحاجة الى مصدر للقوة الدافعة الكهربائية في الدائرة ، على عكس ما موجود للتيارات المارة في الموصلات الاعتيادية حيث تنخفض الى الصفر لمجرد رفع مصدر القوة الدافعة الكهربائية عنه ومن التطبيقات المهمة للمواد فائقة التوصيل هي مغانط فائقة التوصيل اذ يكون لها مجال مغناطيسي مقداره عشرة امثال المغانط الكهربائية الاعتيادية. وهذا النوع من المغانط يستعمل في جهاز الرنين المغناطيسي للتصوير (MRI) ، حيث يعطي صور دقيقة للاعضاء الداخلية لجسم الانسان، لاحظ الشكل (8).



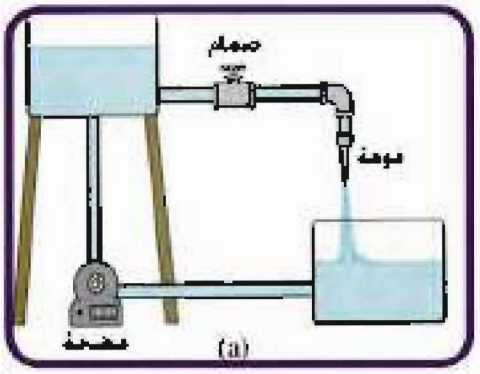
الشكل (7)



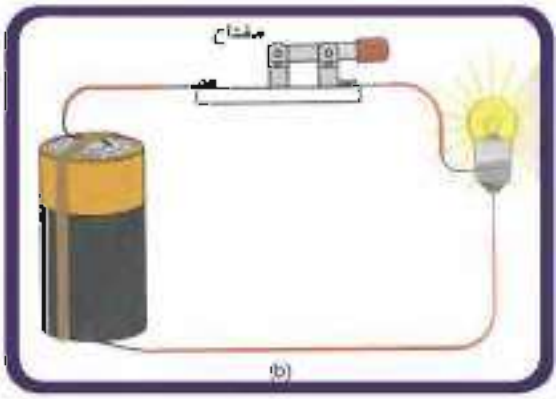
الشكل (8)

9 - 5 القوة الدافعة الكهربائية Electromotive Force

لقد سبق وان درست عزيزي الطالب ان الشحنات الحرة (الالكترونات) داخل السلك الفلزي تتحرك عشوائياً فلا يتولد عن حركتها تيار كهربائي، ولكي ينساب تيار كهربائي في السلك لابدَّ من دفع الالكترونات للحركة في اتجاه معين، وهذا يتطلب وصل طرفي السلك بمصدر يزود الشحنات الكهربائية بالطاقة وهذا يشابه مضخة الماء التي تعمل على ضخ الماء من الخزان السفلي الى الخزان العلوي. لاحظ الشكل (9a).



الشكل (9)



الشكل (9)

ان مصدر تزويد الشحنات الكهربائية بالطاقة يُعرف بمصدر القوة الدافعة الكهربائية، واحد هذه المصادر هو البطارية . لاحظ الشكل (9b).

وتعرف القوة الدافعة الكهربائية للبطارية بانها

مقدار الطاقة الكهربائية التي تكسبها البطارية لكل كولوم من الشحنة ينتقل بين قطبيها بعبارة اخرى انها تمثل الشغل المنجز لوحدة الشحنة من قبل المصدر .

اي ان :

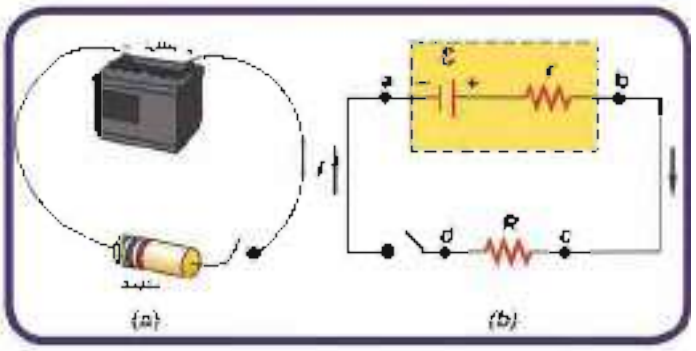
$$\text{القوة الدافعة الكهربائية} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الشحنة}}$$

$$\text{Electromotive force } (\varepsilon) = \frac{\text{Work (W)}}{\text{Charge (q)}}$$

$$\varepsilon = \frac{W}{q}$$

وتقاس القوة الدافعة الكهربائية بوحدات $\frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}}$ وتسمى هذه الوحدة Volt.

9 - 6 قانون الدائرة الكهربائية المقفلة Electric circuit law



الشكل (10)

عندما نصل طرفي سلك بقطبي مصدر جهد كهربائي ، يتشكل مسار مغلق يمر فيه تيار كهربائي ، ولكي نستفيد من هذا التيار نضع اداةً او جهازاً او اي مقاومة في هذا المسار المغلق . وتشكل هذه العناصر الاربعة :(السلك ، البطارية، الجهاز ، المفتاح) المكونات الأساس للدائرة الكهربائية لاحظ الشكل (10) . وعند اغلاق المفتاح تشكل دائرة كهربائية مغلقة يمر فيها تيار كهربائي واذا حدث قطع في السلك عند اية نقطة نقول ان الدائرة مفتوحة .

فاذا افترضنا اهمال مقاومة الاسلاك الناقلة فان فرق الجهد على طرفي البطارية (فولطية الاقطاب) يساوي emf . ولكن للبطارية مقاومة داخلية r لذلك فان فولطية الاقطاب لا تساوي فعلياً emf للبطارية .

يمكن تصور شحنة موجبة تتحرك خلال البطارية من (a →b) اي عندما تمر الشحنة من القطب السالب الى القطب الموجب للبطارية فان جهد الشحنة يزداد بمقدار (ε) وعندما تمر الشحنة في المقاومة الداخلية r فان الجهد يقل بمقدار (I r) حيث I يمثل تيار الدائرة ومنه يمكن اشتقاق معادلة الدائرة الكهربائية المغلقة في قانون حفظ الطاقة كما ياتي:

القوة الدافعة الكهربائية = فرق الجهد على طرفي البطارية + التيار × المقاومة الداخلية

(ε) (ΔV) (I) (r)

$$\varepsilon = \Delta V + Ir$$

$$\varepsilon = IR + Ir$$

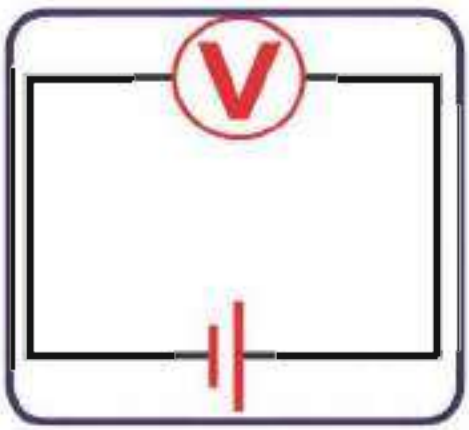
اي ان :

$$\text{Current} = \frac{\text{Electromotive force}}{\text{Resistance + Internal Resistance}}$$

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

قياس القوة الدافعة الكهربائية للتضيدة :-

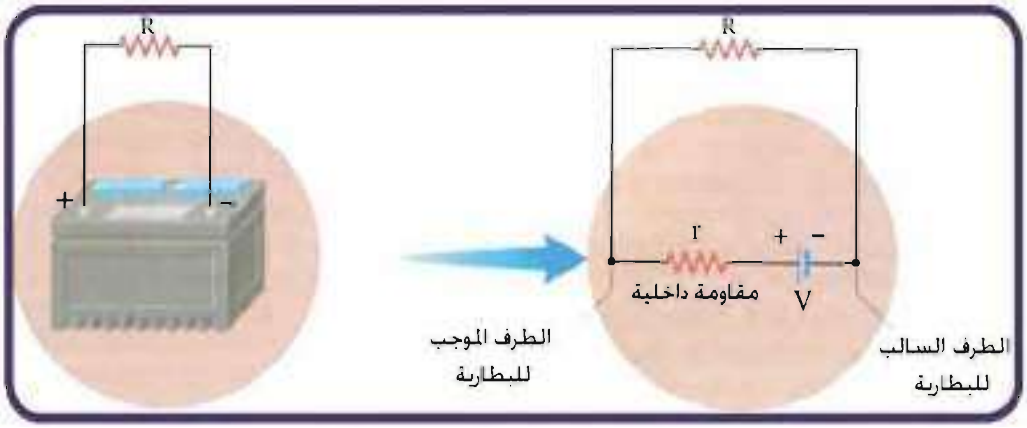
نربط الفولطميتر مباشرة بقطبي التضيدة ولما كانت مقاومة الفولطميتر عالية جداً فان التيار الذي سيمر في الدائرة ضعيف جداً يمكن اهماله ويفرض ان الدائرة الكهربائية مفتوحة لذلك فان قراءة الفولطميتر يمثل (emf) للمصدر بصورة تقريبية لاحظ الشكل (11) .



الشكل (11)

9 - 7 المقاومة الداخلية (r) Internal Resistance

لحد الآن ما تم مناقشته حول مصادر الفولطية (البطاريات أو المولدات) هو تأثير فولطيتها على الدائرة ، ولكنها في الواقع تحتوي فضلاً عن ذلك مقاومة تدعى بالمقاومة الداخلية للبطارية أو مقاومة المولد لأنها موجودة داخل مصدر الفولطية ، وهذه المقاومة في البطارية هي مقاومة المواد الكيميائية وفي المولد هي مقاومة الأسلاك وباقي مكونات المولد لاحظ الشكل (12).



الشكل (12)

عند ربط مصدر الفولطية مع مقاومة خارجية (R) تعتبر المقاومة الداخلية للمصدر مربوطة معها على التوالي وتكون المقاومة الداخلية عادة قليلة ولكن لايمكن إهمال تأثيرها في الدائرة . الشكل (12) يوضح كيف أن التيار عندما يسحب من بطارية ، المقاومة الداخلية تسبب إنخفاض قيمة الفولطية بين القطبين تحت القيمة العظمى المحددة بالقوة الدافعة الكهربائية للبطارية . الفولطية الفعلية بين قطبي البطارية تدعى:

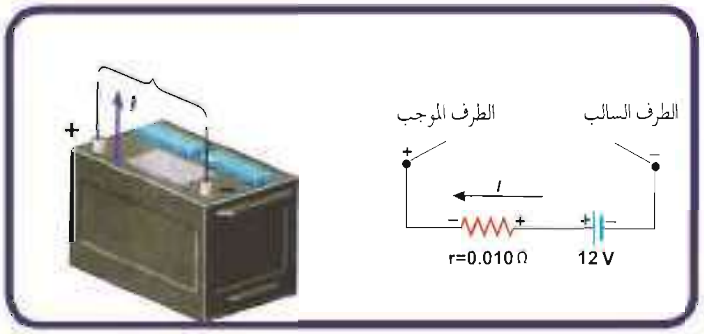
بفولطية الاقطاب (The Terminal Voltage of a Battery).

مثال 5

الشكل (13) يبين بطارية سيارة (emf) لها 12V ومقاومتها الداخلية 0.01Ω ، ما مقدار الفولطية بين الاقطاب عندما يكون تيار البطارية :

a) 10A

b) 100A



الشكل (13)

الحل/

a) نحسب هبوط الجهد في المقاومة الداخلية (الجهد الضائع في المقاومة الداخلية) عندما يكون التيار في **10A** :-

$$V = I\,r$$

هبوط الجهد $V = 10A \times 0.01\Omega = 0.1V$

فرق الجهد على طرفي اقطاب البطارية يساوي

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

$$\Delta V = 12.0V - 0.10V$$

$$= 11.9V$$

b) نحسب هبوط الجهد في المقاومة الداخلية عندما يكون التيار **100A** .

$$V = I\,r$$

$$V = 100A \times 0.01\Omega = 1.0V$$

فرق الجهد على طرفي أقطاب البطارية (ΔV) يساوي :

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

$$\Delta V = 12.0V - 1.0V = 11.0V$$

المثال اعلاه يوضح كيف ان فولطية الاقطاب للبطارية تكون أقل عندما يكون التيار الخارج من البطارية عالياً، وهذا التأثير يمكن ان يميزه صاحب السيارة عند استعماله للبطارية .

فكر ؟

في المثال السابق اذا أُريد توهج مصابيح السيارة .

أي الحالتين تفضل؟ توهج المصابيح قبل تشغيل محرك السيارة أم بعد تشغيل محرك السيارة ولماذا؟

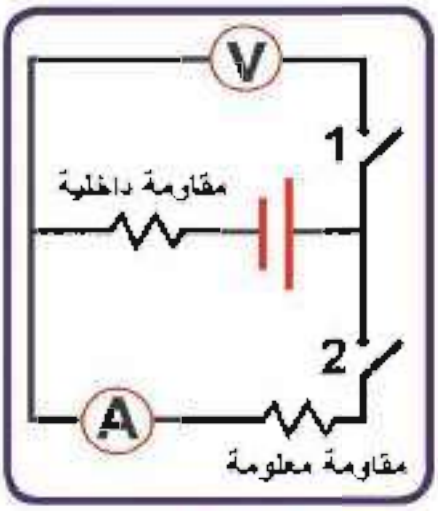
تعيين المقاومة الداخلية (r) للبضيدة :-

تربط الأجهزة كما في الدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل (14) .

أولا : نغلق المفتاح 1 فقط فتكون قراءة الفولطميتر تمثل قيمة القوة الدافعة الكهربائية المذكورة انفاً .

ثانياً : نغلق المفتاح 2 أيضا ونسجل قراءة الأميتر التي تمثل التيار المناسب في الدائرة ثم نحسب r من العلاقة الآتية:

$$\varepsilon - IR + Ir$$



الشكل (14)

وبالتعويض عن قيمة (emf) من قراءة الفولطميتر في الخطوة الأولى . وعن قيمة (I) من قراءة الأميتر في الخطوة الثانية . وان لم تكن (R) معلومة فيمكن التعويض عن (IR) بقراءة الفولطميتر التي تمثل فرق الجهد عبر البضيدة ولا حاجة لنا بمعرفة (R) في هذه الحالة .

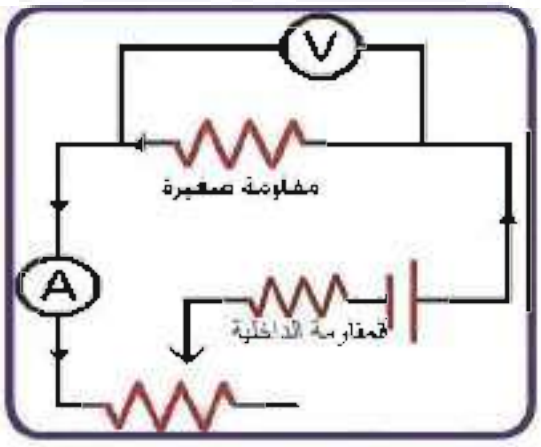
قياس المقاومة: هناك عدة طرائق لقياس المقاومة منها :

1 طريقة الفولطميتر والأميتر :

هذه الطريقة غير دقيقة وذلك لان لحد الجهازين في اي ربط معين لا يعطي قياساً مضبوطاً بالنسبة للمقاومة المراد قياسها ولتقليل الخطأ الى ادنى حد ممكن نتبع ما يأتي :

a/ اذا كانت المقاومة المراد قياسها صغيرة :

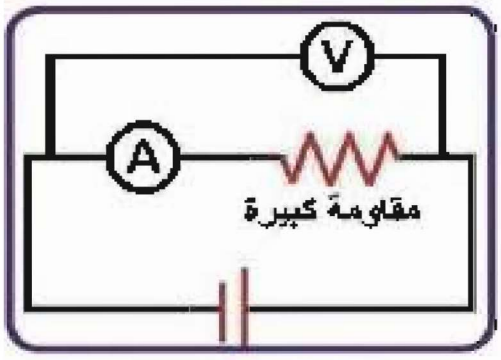
تربط الاجهزة كما في الشكل (15) لان قراءة الفولطميتر هي لفرق الجهد عبر تلك المقاومة فقط اما الاميتر فيقيس مجموع تياري المقاومة الصغيرة والفولطميتر ولما كانت مقاومة الفولطميتر عالية جداً بالنسبة لتلك المقاومة فان التيار المنساب به سيكون قليل جداً بحيث يمكن اهماله واعتبار قراءة الاميتر هي لتيار المقاومة وقيمة المقاومة التقريبية تحسب من العلاقة الآتية :-



الشكل (15)

$$\text{المقاومة } (R) = \frac{\text{قراءة الفولطميتر}}{\text{قراءة الاميتر}}$$

b/ اذا كانت المقاومة المراد قياسها كبيرة تربط الاجهزة كما في الشكل (16) :



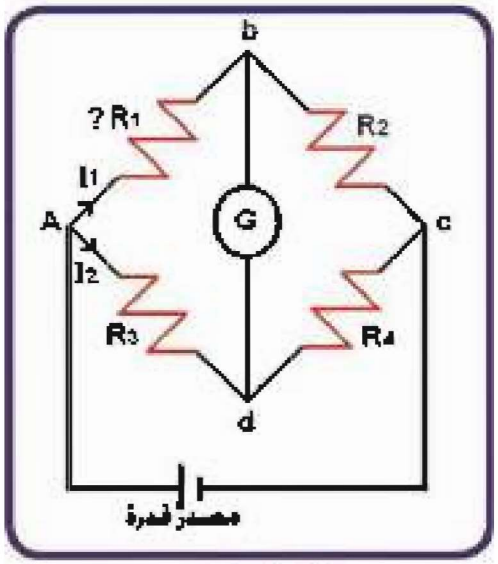
الشكل (16)

أن قراءة الاميتر تمثل بالضبط تيار تلك المقاومة فقط أما قراءة الفولطميتر فتمثل مجموع فرق الجهد عبر كل من المقاومة الكبيرة والاميتر ولما كانت مقاومة الاميتر صغيرة جدا فان فرق الجهد بين طرفيه سيكون قليلاً جداً يمكن اهماله بالنسبة لفرق الجهد عبر تلك المقاومة وعلى هذا يمكن اعتبار قراءة الفولطميتر هي فرق الجهد عبر المقاومة الكبيرة تقريباً وتحسب المقاومة من قراءة الفولطميتر والتيار حسب العلاقة التالية :

$$R=\frac{\text{قراءة}(V)}{\text{قراءة}(A)}$$

(2) طريقة قنطرة وتستون :-

هذه الطريقة دقيقة ومضبوطة لقياس المقاومة وتتكون الدائرة الكهربائية من (ثلاث مقاومات متغيرة معلومة - مقاومة مجهولة - كلفانومتر ومصدر قدرة) تربط الاجهزة كما في الشكل (17) نغير من قيمة المقاومات المتغيرة (R_2 ، R_3 ، R_4) الى ان تتزن الدائرة اي ان الكلفانومتر لا يسجل اي تيار وهذا يعني ان جهدها متساوٍ او فرق الجهد ($V_{db}=0$) عندها :



الشكل (17)

$$V_{Ab}=V_{Ad} \ldots\ldots \Rightarrow I_1R_1=I_2R_3 \ldots\ldots (1)$$

$$V_{bc}=V_{dc} \ldots\ldots \Rightarrow I_1R_2=I_2R_4 \ldots\ldots (2)$$

وبقسمة المعادلة الاولى على الثانية ينتج :

قانون القنطرة

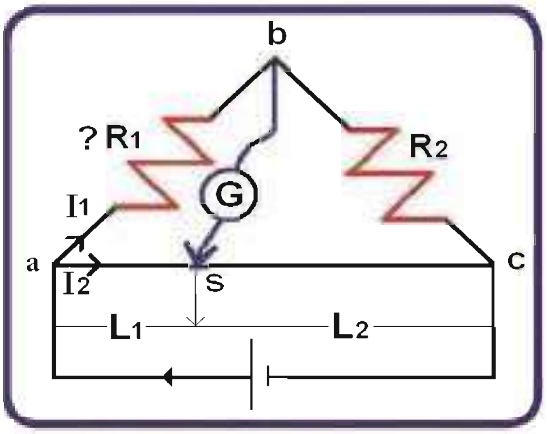
$$\frac{R_1}{R_2}=\frac{R_3}{R_4}$$

حيث أن R_1 هي المقاومة المجهولة . ولما كانت ثلاث مقاومات معلومة فانه يمكن قياس المقاومة الرابعة (المجهولة).

$$R_1=R_2\times\frac{R_3}{R_4}$$

وبالامكان حساب المقاومة المجهولة R_1 على وفق العلاقة المذكورة انفاً في أعلاه .

بالامكان استبدال (R_3 , R_4) بسلك متجانس منبت على قنطرة مترية لاحظ الشكل (18) وبما ان ($R \propto L$) لذلك تصبح العلاقة السابقة في حالة اتزان الدائرة بالشكل الاتي :



الشكل (18)

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{L_1}{L_2}$$

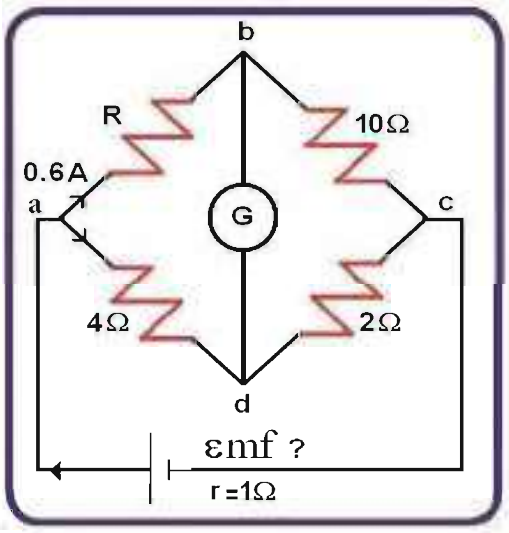
مثال 6

(a b c d) شكل رباعي اضلاعه المقاومات على الترتيب (R , 10 , 2 , 4) وصلت النقطتان (c، a) بقطبي نضيدة كما في شكل (19) مقاومتها الداخلية 1Ω ثم ربط كلفانومتر بين (d، b) فكانت قراءته صفراً عندما مر تيار مقداره 0.6A في المقاومة R احسب:

1) قيمة المقاومة R .

2) التيار المار بكل مقاومة .

3) emf للنضيدة .



الشكل (19)

الحل /

بما ان الدائرة متزنة (قراءة الكلفانومتر = صفر)

1) نحسب قيمة المقاومة R حسب العلاقة الاتية:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

$$\frac{R}{10} = \frac{4}{2} \Rightarrow R = 20\,\Omega$$

2) التيار المار بكل مقاومة.

التيار المار في المقاومة 20Ω هو التيار نفسه المار بالمقاومة 10Ω اي المار بالفرع abc

$$V_{ac} = I\,R$$

$$V_{ac} = (0.6A)\,(20\Omega + 10\Omega) = 18V$$

ولايجاد التيار المار خلال المقاومين 2Ω و 4Ω نستعمل العلاقة :

$$I_{adc} = \frac{V}{R} = \frac{18V}{(4+2)\Omega} = 3A$$

3) emf للمضيدة .

التيار الكلي $I_{Total} = (0.6A) + (3A) = 3.6A$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{abc}} + \frac{1}{R_{adc}}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{(10+20)\Omega} + \frac{1}{(4+2)\Omega} = \frac{1}{5\Omega}$$

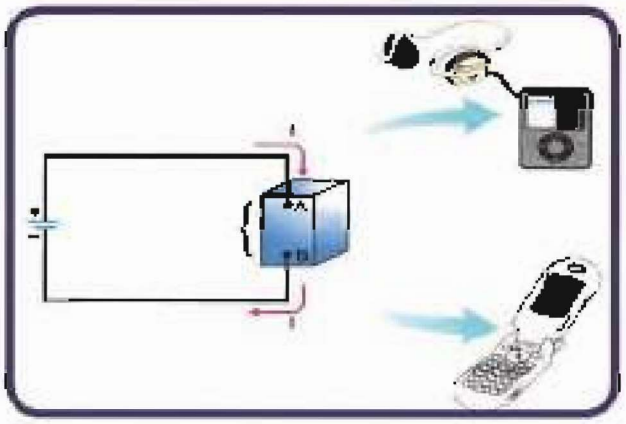
$$\therefore R = 5\Omega$$

$$emf = I R + I r$$

$$emf = (3.6A)(5\Omega) + (3.6A)(1\Omega) = 21.6V$$

8 - 9 القدرة الكهربائية Electric Power

أهم الفوائد للتيار الكهربائي الذي يسري في دائرة كهربائية هي نقل الطاقة من المصدر (البطارية أو مولدة التيار الكهربائي) إلى الأجهزة الكهربائية المختلفة .



الشكل (20)

الشكل (20) يوضح ذلك، لاحظ أن القطب الموجب (+) للبطارية مربوط بالطرف (A) من الجهاز الكهربائي كما أن القطب السالب (−) مربوط إلى الطرف (B) من الجهاز، هذا يعني أن البطارية تقوم بالحفاظ على فرق جهد ثابت بين الطرفين (A , B) هذا الفرق في الجهد يؤدي إلى حركة الشحنات (Δq) من الطرف (A) ذو الجهد العالي إلى الطرف ذات الجهد الواطئ (B) فتفقد طاقتها الكامنة وهذا التفسان في الطاقة يمثل (ΔqV) حيث V فرق الجهد بين الطرفين .

وتعرف القدرة الكهربائية للجهاز بانها :

مقدار الطاقة التي يستهلكها (او يحولها) الجهاز الكهربائي الى وحدة الزمن.

ويعبر عنها رياضياً بالعلاقة الاتية :

$$power = \frac{\text{potential difference (V)} \times \text{quantity of charge}(\Delta q)}{\text{time}(\Delta t)}$$

$$P = \frac{V \times \Delta q}{(\Delta t)}$$

$$P = \frac{(\Delta q)}{(\Delta t)} \times V$$

$$P = IV$$

وتقاس القدرة بوحدات $\frac{\text{Joule}}{\text{second}}$ ، وتعرف باسم watt .

$$\text{(Ampere) (Volt)} = \left(\frac{\text{Coulomb}}{\text{second}}\right)\left(\frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}}\right) = \left(\frac{\text{Joule}}{\text{second}}\right) = \text{watt}$$

ان الاجهزة الكهربائية تحول الطاقة الكهربائية الى شكل او اكثر من اشكال الطاقة ويمكن حساب الطاقة كما يأتي:

الطاقة = القدرة × الزمن

Energy = power × time

$$E = p \times t$$

كما يمكن حساب القدرة من العلاقة الاتية:

$$P = IV$$

$$P = I(IR) = I^2R$$

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

فكر :

يتم نقل اعظم مقدار من القدرة من المصدر الى حمل عندما تتساوى مقاومة الحمل (R) مع المقاومة الداخلية للمصدر (r) . عندها تكون القدرة المستهلكة في الحمل مساوية للقدرة المتبددة في النضيدة ..