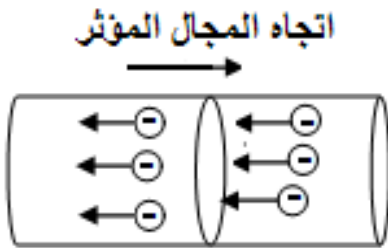
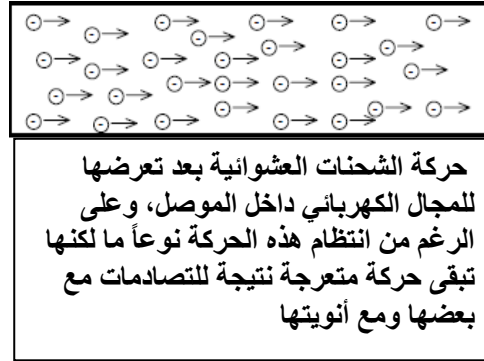
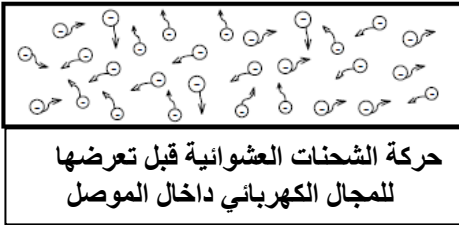


التيار الكهربائي

- تقسم المواد الى مواد عازلة وموصلة وشبه موصلة، حيث أن هذه التقسيمات جميعها تعتمد على درجة حرية الشحنات.

- في الموصلات يكون المجال الكهربائي داخلها مساوٍ للصفر وتكون الشحنات الكهربائية فيها حرة الحركة ولكنها عشوائية. ولكن إذا تعرضت إلى مجال خارجي فان هذه الشحنات ستتحرك باتجاه واحد مكونة ما يسمى بالتيار الكهربائي.



التيار الكهربائي :

كمية الشحنة التي تعبر هذا المقطع في وحدة الزمن.

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

متوسط التيار الكهربائي

أما التيار اللحظي يعرف بأنه المشتقة الأولى للشحنة بالنسبة للزمن = $\frac{dQ}{dt}$

وحدة قياس التيار الكهربائي = $\frac{\text{كولوم}}{\text{ثانية}}$ أمبير

ملاحظة :

١- يكون اتجاه التيار الاصطلاحي مع اتجاه المجال الكهربائي أي مع حركة الشحنات الموجبة وعكس حركة الشحنات السالبة.

٢- يكون التيار الكهربائي نتيجة حركة الشحنات الموجبة (بروتونات) أو حركة الشحنات السالبة (الإلكترونات).

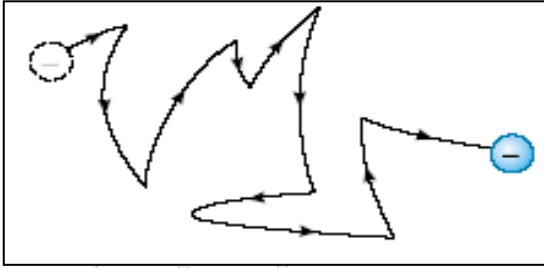
- في مادة النحاس مثلاً ينشأ التيار الكهربائي نتيجة لحركة الإلكترونات السالبة فيكون اتجاه التيار الكهربائي معاكس لحركة الإلكترونات.

٣- تختلف المواد من حيث سهولة انتقال الشحنات الحرة عبرها عند تعرضها إلى مجال كهربائي خارجي:

أ- المواد الفلزية والمحاليل الكهربية والغازات المخلخلة (سهولة الانتقال نسبياً).

ب- أوساط الهواء أو الفراغ وأوساط مثل الخشب والمطاط (صعبة الانتقال إلا إذا تعرضت لمجال قوي جداً).

(المواد العازلة للتيار الكهربائي) .



- نلاحظ من خلال الشكل المجاور أن الإلكترونات تتحرك

حركة متعرجة عبر الموصل بغياب المجال الكهربائي .

(راجع الشكل ص ١)

منشأ الحركة المتعرجة للإلكترونات يكون نتيجة التصادمات العديدة التي يجريها الإلكترون مع الإلكترونات الأخرى ومع الذرات الأخرى الذي يسير عبره .

تكون هذه الحركة أكثر انتظام بوجود المجال الكهربائي (راجع الشكل ص ٢)

- ينتج عن تصادم الإلكترونات مع بعضها ومع ذرات الفلز على نحو متكرر أن تفقد جزءاً من طاقتها الحركية

أو جميعها ولكن ما تلبث أن تتسارع ثانية باتجاه القوة المؤثرة فيها (بسبب وجود المجال الكهربائي). حيث

تندفع الإلكترونات الحرة باتجاه معاكس لاتجاه المجال وبسرعة متوسطة تدعى " السرعة الانسيابية "

السرعة الانسيابية : متوسط السرعة التي تتحرك بها الإلكترونات الحرة باتجاه معاكس لاتجاه المجال

الكهربائي عندما يسري التيار الكهربائي .

- الطاقة الحركية التي تفقدها الإلكترونات في أثناء انسيابها تنتقل إلى ذرات الموصل، مما يؤدي إلى زيادة

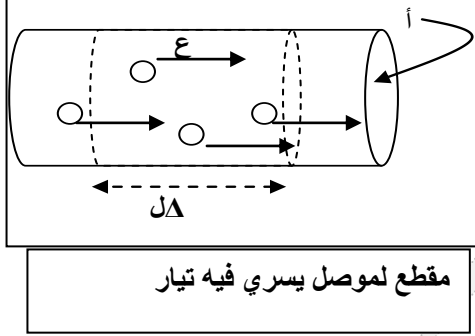
اتساع اهتزازاتها و ارتفاع درجة حرارة الموصل.

- العلاقة بين التيار المار في الموصل والسرعة الانسيابية للإلكترونات :

في مقطع من سلك موصل، مقدار الشحنات التي تعبر جزء من طول هذا السلك مقداره (Δl)

$$\Delta q = \text{عدد الشحنات الموجودة في الطول } (\Delta l) \times e$$

فاذا اعتبرنا (ن) عدد الشحنات في وحدة الحجم لمادة الموصل



$$\Delta ش = ن \times \text{حجم المقطع} \times ش_e$$

$$\text{وبما ان الحجم} = \text{مساحة المقطع} \times \text{الارتفاع} = A \times \Delta l$$

وعلى افتراض ان الالكترونون يقطع مسافة (Δl) بسرعة (v_d) وبزمن (Δt) :

$$\Delta l = v_d \times \Delta t$$

$$\Delta ش = ن \times A \times v_d \times \Delta t \times ش_e, \text{ بالقسمة على } (\Delta t)$$

$$I = n A v_d e$$

$$I = \frac{\Delta ش}{\Delta t}$$

حيث :

n : عدد الشحنات لكل وحدة حجم (ن/م^٣) .

A : مساحة مقطع السلك (م^٢) .

$ش_e$: شحنة الالكترون (كولوم) .

v_d : سرعة الالكترون داخل الموصل (السرعة الانسيابية) .

سؤال :

فسر كلاً مما يلي :

١- تكون السرعة الانسيابية صغيرة جداً .

٢- ارتفاع درجة حرارة الموصل عند سريان التيار الكهربائي فيه .

الحل :

١- لأن عدد الإلكترونات لكل وحدة حجم في الموصلات الفلزية كبير جداً فتكون فرصة تصادم الإلكترونات مع

بعضها ومع ذراتها كبيرة جداً، مما يعيق حركتها .

٢- بسبب تصادم الإلكترونات مع بعضها ومع ذرات الفلز، فتفقد الإلكترونات جزءاً من طاقتها الحركية أو

جميعها فتنتقل إلى ذرات الفلز مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الموصل .

مثال (١) :

- إذا علمت أن (2×10^{18} إلكترون) تعبر مقطع عرضياً لموصل فلزي خلال زمن (٠.١) ث، فجد :
- ١- متوسط التيار الكهربائي المار في الموصل (عدّ شحنة الإلكترون : 1.6×10^{-19} كولوم) .
 - ٢- كمية الشحنة التي تعبر المقطع العرضي للموصل في (٠.٥) ث .

الحل :

$$\Delta \text{ش} = n \text{ش}_e$$

$$\Delta \text{ش} = 2 \times 10^{18} \times 1.6 \times 10^{-19} = 0.32 \text{ كولوم}$$

$$1- \quad I = \frac{\Delta \text{ش}}{\Delta t} = \frac{0.32}{0.1} = 3.2 \text{ أمبير}$$

$$2- \quad \Delta \text{ش} = I \Delta t = 3.2 \times 0.5 = 1.6 \text{ كولوم}.$$

مثال (٢) :

- سلك نحاسي مساحة مقطعه العرضي ٢ مم^٢ ويمر فيه تيار ١٠ أمبير، احسب السرعة الانسيابية للإلكترونات الحرة في هذا السلك، علماً بأن عدد الإلكترونات الحرة في وحدة الحجم من مادته يساوي 8.5×10^{28} إلكترون/م^٣.
- الحل :

$$I = n A v_d \text{ش}_e \quad \leftarrow \quad 10 = 8.5 \times 10^{28} \times 2 \times 10^{-6} \times v_d \times 1.6 \times 10^{-19} \times 10$$

$$v_d = 0.37 \times 10^{-3} \text{ م/ث}$$

مثال (٣) :

- موصل اسطواني الشكل قطر قاعدته يساوي ٤ سم، تتركز فيه الإلكترونات بمقدار (6×10^{22} إلكترون/م^٣). فإذا تحركت الإلكترونات بسرعة (٤سم/ث) عندما وصل مع مصدر للجهد. احسب
- ١- الزمن اللازم لعبور شحنة مقدارها (π كولوم) من خلال مقطعه؟
 - ٢- كم الكترونات سيعبر المقطع الموصل في (١٠ ثواني) ؟ (عدّ شحنة الإلكترون : 1.6×10^{-19} كولوم)

الحل :

$$1- \quad I = n A v_d \text{ش}_e \quad \leftarrow \quad I = 6 \times 10^{22} \times \pi \times 4 \times 10^{-2} \times 4 \times 10^{-2} \times 1.6 \times 10^{-19} = 0.154 \pi \text{ أمبير}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta \text{ش}}{I} = \frac{\pi}{0.154 \pi} = 6.49 \text{ ث}.$$

$$2- \quad \Delta \text{ش} = I \Delta t \quad \leftarrow \quad \Delta \text{ش} = 0.154 \times 3.14 \times 10 = 4.84 \text{ كولوم}$$

$$\text{ش} = n \text{ش}_e \quad \leftarrow \quad 4.84 = 1.6 \times 10^{-19} \times n \quad \leftarrow \quad n = 3.025 \times 10^{19} \text{ إلكترون}.$$

مثال (٤) :

سلكان موصلان من المادة نفسها يمر في كل منهما المقدار نفسه من التيار ، إذا كان نصف قطر الأول ضعف نصف قطر الثاني ، فما نسبة السرعة الإنسيابية في الأول إلى الثاني .

الحل :

$$\pi r_1^2 = \pi r_2^2$$

$$\frac{t}{\pi r_1^2 \times n_1 \times e} = \frac{t}{\pi r_2^2 \times n_2 \times e} = e$$

$$(1) \dots\dots\dots \frac{t}{\pi r_1^2 \times n_1 \times e} = e_1$$

$$(2) \dots\dots\dots \frac{t}{\pi r_2^2 \times n_2 \times e} = e_2$$

$$n_1 r_1^2 = n_2 r_2^2$$

$$\frac{1}{4} = \frac{e_1}{e_2} \leftarrow \frac{n_2 r_2^2}{n_1 r_1^2} = \frac{e_1}{e_2}$$

المقاومة الكهربائية وقانون أوم

سبب سريان التيار الكهربائي في موصل معين هو وجود فرق جهد كهربائي (بطارية مثلاً) يعمل على توليد مجال كهربائي خارجي يؤثر بقوة على الشحنات لينظم حركتها العشوائية داخل الموصل وبالتالي تتدفق الشحنات الكهربائية داخل الموصل.

عند سريان التيار الكهربائي في الموصلات، تكون حركة الإلكترونات ليست سهلة، إذ تؤثر في هذه الحركة عوامل كثيرة منها:

١- اصطدام الإلكترونات بالذرات .

٢- والالكترونات الأخرى .

فيظهر كأن الموصل يمانع (يعيق) حركة هذه الالكترونات، وهذا ما يسمى بالمقاومة الكهربائية للموصل.

مقاومة موصل:

النسبة بين فرق الجهد والتيار المار في الموصل، وتعدّ مقياساً للإعاقة التي تواجهها الإلكترونات الحرة في أثناء انتقالها في الموصل. ويرمز للمقاومة بالرمز (م) .

قانون أوم :

"التيار الكهربائي المار في موصل فلزي يتناسب طردياً مع فرق الجهد بين طرفيه عند ثبوت درجة حرارته"

قانون أوم

$$J \propto T \quad \leftarrow J = m \times T$$

حيث :

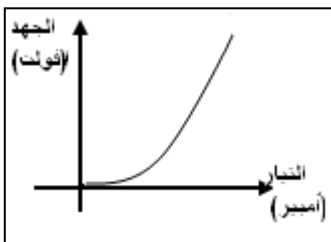
ج: فرق الجهد بين طرفي الموصل (فولت).

ت: شدة التيار في الموصل (أمبير).

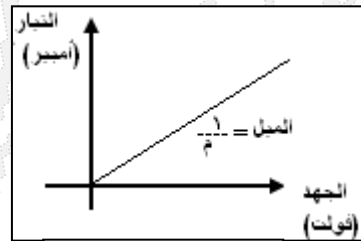
م: المقاومة الكهربائية (أوم) .

نلاحظ أن :

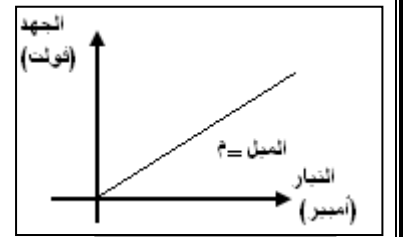
العلاقة بين فرق الجهد والتيار الكهربائي في قانون أوم علاقة خطية ففي العلاقات الرياضية $V = IR$ فإن ميل الإقتران الخطي هو معامل س .



موصل فلزي لا أومي



موصل فلزي أومي



موصل فلزي أومي

الأشكال السابقة تمثل :

١ - الموصلات الأومية أو الخطية (الموصلات التي ينطبق عليها قانون أوم) .

٢ - الموصلات اللاأومية أو اللاخطية (الموصلات التي لا ينطبق عليها قانون أوم) مثل المحاليل الكهرلية وأشباه الموصلات .

وحدة قياس المقاومة (فولت/أمبير) وتدعى أوم ويرمز لها Ω .

ويعرف الأوم :

مقاومة موصل يمر فيه تيار (١ أمبير) وفرق الجهد بين طرفية (١ فولت) .

ملاحظة :

يرمز للمقاومة الثابتة في المقدار ~~~~~ و يرمز للمقاومة المتغيرة في المقدار ~~~~~ .

العوامل التي تعتمد عليها المقاومة الكهربائية في موصل:

(١) نوع مادة الموصل

(٢) درجة الحرارة

(٣) طول الموصل (ل) "تناسب طردي"

(٤) مساحة مقطع الموصل (أ) "تناسب عكسي"

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

حيث ρ : مقاومة الموصل (تعتمد على درجة الحرارة ونوع الموصل)

المقاومية (المقاومة النوعية) : مقاومة موصل مساحة مقطعه (١ م^٢) وطوله (١ م).

$$\rho = \frac{R}{L} \text{ ، وحدة قياسها } (\Omega \cdot \text{م})$$

سؤال :

ان مقاومة النحاس تساوي $1.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{م}$ ، ماذا يعني ذلك ؟

الحل:

أي مقاومة سلك من النحاس طوله متر واحد ومساحة مقطعه العرضي متر مربع واحد تساوي $1.6 \times 10^{-8} \Omega$ أوم

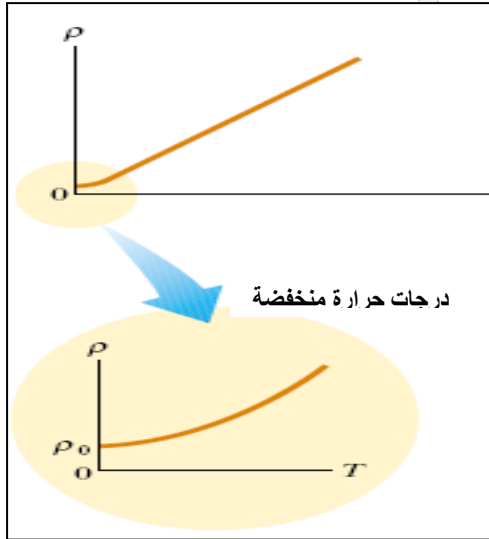
الموصلية σ : مقلوب المقاومة ، وهي تعبر عن سهولة مرور الالكترونات في المادة $(\Omega \cdot \text{م})^{-1}$

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{L/A}$$

أثر درجة الحرارة على المقاومة والمقاومية :

تؤثر درجة الحرارة على المقاومة بحيث تزداد مقاومة الفلزات مع ازدياد درجة الحرارة، (علل) ذلك لان ارتفاع درجة الحرارة يؤدي الى زيادة الطاقة الحركية للالكترونات مما يؤدي الى زيادة التصادمات فتزداد الاعاقة.

اما في المواد العازلة، تقل المقاومة بازدياد درجة الحرارة، ذلك لأن هذه المواد لا تحتوي على الكترونات حرة الحركة، فعند رفع درجة حرارتها تتأين الذرات منتجة الكترونات حرة الحركة تتحرك لإنتاج التيار وهذا يعني أن المقاومة قد قلت.



علاقة المقاومة مع درجة الحرارة علاقة خطية طردية في الموصلات الفلزية إلا عند درجات الحرارة المنخفضة (تحت ٢٠ كلفن) إذ تنشأ المقاومة عن السلوك الخطي بسبب وجود شوائب من عناصر أخرى في الفلز وبالتالي يمكن استخدام المقاومة التي تقاس عند درجات حرارة منخفضة لمعرفة نسبة الشوائب في الفلز.

سؤال :

ما أثر ازدياد درجة الحرارة على موصلية كل من (الزجاج، النحاس) .

الحل:

الزجاج: تنخفض مقاومته بارتفاع درجة الحرارة وبذلك تزداد الموصلية .

النحاس: تزداد مقاومته بارتفاع درجة الحرارة وبذلك تقل الموصلية .

الموصلية الفائقة:

هي ظاهرة تظهر للفلزات بحيث تؤول فيها المقاومة الكهربائية إلى الصفر (تنعدم المقاومة) superconductor عند درجات حرارة منخفضة .

ملاحظة: يأمل الباحثون الفيزيائيون للحصول على موصل يمتلك موصلية فائقة عند درجة حرارة الغرفة

٢٥°س لأنه سيشكل إنجاز كبير في مجالات

تطبيقية عدة منها:

١- نقل الطاقة من غير ضياع أي جزء منها .

٢- إنتاج مجالات مغناطيسية قوية .

سؤال :

لديك لفة سلك طويلة، اقتطع جزء صغير منها طولها (ل). كيف يمكنك، بالاستعانة بفولتميتر وأميتر، تطبيق قانون أوم لتحديد طول السلك الكلي؟

الحل:

نحدد مقاومة السلك ذو الطول (ل) ولتكن (م)، ومقاومة السلك الكلي ذو الطول (ل) ولتكن (م)، وذلك باستخدام الأميتر والفولتميتر من خلال تطبيق قانون أوم . ونلاحظ أن كلاً من مقاومة الموصل ومساحة المقطع ثابتة .

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad (1)$$

$$R' = \frac{\rho L'}{A} \quad (2)$$

$$\frac{R}{R'} = \frac{L}{L'} \quad \leftarrow \quad \frac{L}{L'} = \frac{R}{R'} = \frac{\rho L}{\rho L'} = \frac{L}{L'}$$

سؤال:

هل من المتوقع أن تختلف قيمة (ρ) لو زاد طول الموصل أو قل ؟ علل إجابتك.

الحل:

لن تتغير قيمة ρ لو زاد طول الموصل أو قل، فالمقاومية خاصية تميز المواد عن بعضها وتكون ثابتة للمادة الواحدة عند درجة حرارة معينة .

مثال (٥):

سلك من النحاس مساحة مقطعه (١.٠ × ١٠^{-٧} م^٢ وطوله (١) م، احسب :

١- مقاومة السلك .

٢- التيار المار في السلك، عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه (١) فولت .

(عدّ مقاومة النحاس = ١.٦ × ١٠^{-٨} Ω م)

الحل:

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{1.6 \times 10^{-8} \times 1}{1.0 \times 10^{-7}} = 0.16 \, \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1}{0.16} = 6.25 \, \text{أمبير}$$

مثال (٦):

موصل فلزي طوله $(\pi^2 \text{ م})$ ونصف قطر مقطعه $(1.0 \times 10^{-3} \text{ م})$ و مقاومته $(2.0 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{م})$ ويحوي $(1.6 \times 10^{18} \text{ إلكترون/م}^3)$. وصل طرفي الموصل بمصدر للجهد، عبر مقطعه شحنة مقدارها $(\pi \text{ كولوم})$ في زمن مقداره (0.5 ث) ، احسب :

(أ) مقاومة الموصل (ب) ثابت الموصلية (ج) السرعة الانسيابية

الحل :

$$1- \rho = \frac{L}{A} = \frac{\pi^2 \times 10^{-8} \times 2}{\pi \times 10^{-6}} = 2 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{م} \leftarrow$$

$$2- \sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{2 \times 10^{-2}} = 50 \text{ م.}\Omega^{-1} \leftarrow$$

$$3- t = n A e \Delta \leftarrow \Delta = \frac{Q}{n A e} = \frac{\pi}{1.6 \times 10^{18} \times \pi \times 10^{-6} \times 1.6 \times 10^{18} \times 0.5} = 1.9 \times 10^{-19} \text{ ث} \leftarrow$$

مثال (٧):

يمثل الشكل المجاور العلاقة بين مقاومة موصل فلزي وطوله. إذا كانت مساحة المقطع العرضي للموصل 2.8 مم^2 فجد موصلية هذا الفلز .

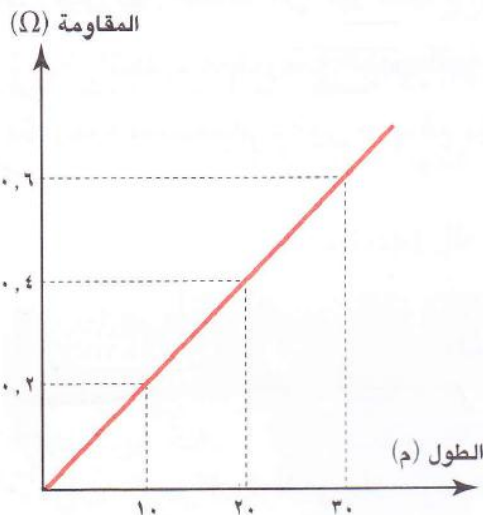
الحل:

$$\frac{\rho}{L} = \frac{\Delta R}{\Delta L} = \text{الميل}$$

$$\rho / \Omega = \frac{0.2 - 0.6}{1.0 - 3.0} = \frac{\Delta R}{\Delta L}$$

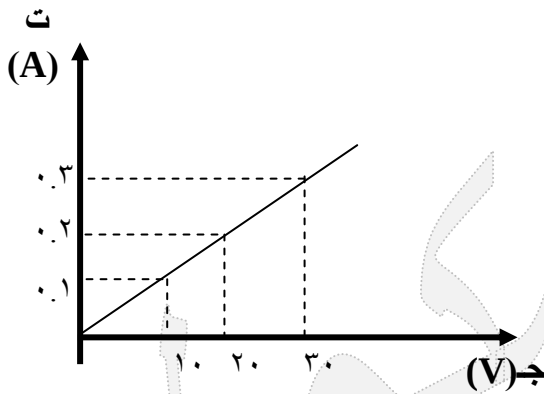
$$\frac{\rho}{2.8 \times 10^{-6}} = 2.0 \times 10^{-2} \leftarrow$$

$$\frac{1}{\rho} = \sigma \leftarrow \sigma = \frac{1}{2.8 \times 10^{-6} \times 2.0 \times 10^{-2}} = 1.8 \times 10^7 \text{ م.}\Omega^{-1} \leftarrow$$



مثال (٨):

يمثل الرسم البياني المجاور العلاقة بين فرق الجهد بين طرفي موصل فلزي منتظم المقطع والتيار المار به فإذا كان طول الموصل (٢,٥ م) ومساحة مقطعه (١٠×١٠^{-٦} م^٢).



احسب :

أ) مقاومة الموصل.

ب) موصلية الموصل.

الحل :

$$\text{أ- الميل} = \frac{1}{m}$$

$$\text{الميل} = \frac{\Delta \text{ ت}}{\Delta \text{ ج}} = \frac{0.1 - 0.3}{1.0 - 3.0} = -1.0 \times 10^{-1} \Omega^{-1}$$

$$\boxed{\leftarrow} m = 100 \Omega$$

$$\text{ب- } \rho = \frac{m}{l} \leftarrow \rho = \frac{1.0 \times 10^{-1} \times 100}{2.5} = 4.0 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{م}$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \leftarrow \sigma = \frac{1}{4.0 \times 10^{-3}} = 250 \times 10^{-3} (\Omega \cdot \text{م})^{-1}$$

مثال (٩):

سلك من الفضة طوله (١٠٠) سم ومساحته (٠.٥) مم^٢ ومقاومته تساوي مقاومة سلك من النحاس مساحة مقطعه (٠.٠٥) مم^٢. فإذا كانت المقاومة للفضة تساوي ١٣ مرة قدر المقاومة للنحاس فاحسب طول سلك النحاس .

الحل :

$$\boxed{\rho_{\text{فضة}} = 13 \rho_{\text{نحاس}}}$$

$$\rho_{\text{فضة}} = \rho_{\text{نحاس}} \leftarrow \frac{\rho_{\text{فضة}} \cdot l_{\text{فضة}}}{A_{\text{فضة}}} = \frac{\rho_{\text{نحاس}} \cdot l_{\text{نحاس}}}{A_{\text{نحاس}}}$$

$$\leftarrow \frac{\rho_{\text{نحاس}} \cdot l_{\text{نحاس}}}{1.0 \times 10^{-5}} = \frac{13 \rho_{\text{نحاس}} \cdot 1}{1.0 \times 10^{-5}}$$

$$\boxed{\leftarrow} l_{\text{نحاس}} = 1.3 \text{ م}$$

مثال (١٠):

يبين الجدول التالي مواصفات ثلاثة أسلاك مواد مختلفة (س، ص، ع) ولها نفس مساحة المقطع، أي من هذه الموصلات لها أكبر موصلية، ولماذا؟

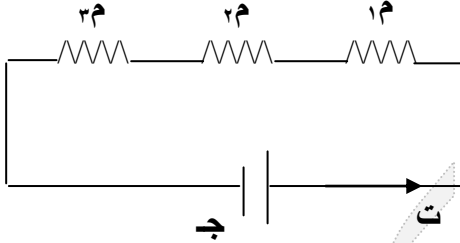
المادة	طول السلك (م)	مقاومة الموصل (Ω)
س	٠,٤	٥
ص	١,٢	١٢
ع	١,٢	٢٠

$$\text{الحل : } \rho = \frac{\rho \cdot l}{A} = \sigma, \quad \frac{1}{\rho} = \sigma$$

$$\rho_s = \frac{5}{0.4} = 12.5, \quad \rho_v = \frac{12}{1.2} = 10, \quad \rho_e = \frac{20}{1.2} = 16.7$$

المادة (ص) الأكبر موصلية لان لها أقل مقاومة

توصيل المقاومات



التوصيل على التوالي :

في هذا النوع من التوصيل :

- ١- تتصل المقاومات مع بعضها البعض مباشرة دون تفرع .
- ٢- يمر في المقاومات الموصولة على التوالي التيار نفسه .
- ٣- يكون فرق الجهد الكلي بين طرفي المقاومات يساوي المجموع الجبري بين طرفي كل مقاومة.

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

وبما أن $R = I \times R$

$$I \times R = I \times R_1 + I \times R_2 + I \times R_3 \quad \text{ولأن} \quad I = I_1 = I_2 = I_3$$

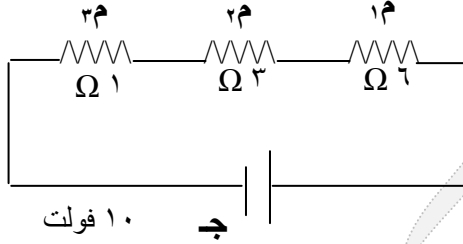
$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

ملاحظات:

- ١- المقاومة المكافئة لمجموعة من المقاومات تساوي مجموع هذه المقاومات .
 - ٢- في حالة تساوي المقاومات فإن :
- $$R = n \times R_1$$
- ٣- المقاومة المكافئة لمجموعة من المقاومات تكون أكبر من أكبر مقاومة في المجموعة .
 - ٤- يمر في المقاومات الموصولة على التوالي التيار نفسه، ويكون فرق الجهد الكلي بين طرفي المقاومات يساوي المجموع الجبري بين طرفي كل مقاومة. ويمكن حساب الجهد بين طرفي مجموعة المقاومات الموصولة على التوالي :
- $$U = I \times R \quad (\text{كلتي}) \quad \text{مكافئة} \times I \quad (\text{أي مقاومة من المقاومات الموصولة على التوالي})$$
- ٥- إذا قطع سلك الدارة في هذا النوع من التوصيل فإن الدارة تفتح ويتوقف نمو التيار فيها .
 - ٦- ويفيد هذا النوع من التوصيل في حماية الأجهزة من فروق الجهد العالية لأن الجهد يتوزع على جميع الأجهزة فهذا النوع من التوصيل يجرى الجهد القادم من المصدر على الأجهزة الموصولة معاً.
- من التطبيقات العملية على هذا النوع من التوصيل تحويل الغلفانوميتر إلى فولتميتر

مثال (١١) :

بالإعتماد على المعلومات المبينة في الدارة المجاورة أوجد ما يأتي :



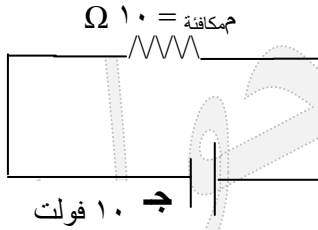
١ - المقاومة المكافئة .

٢ - التيار الكهربائي المار في كل مقاومة .

٣ - فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة .

الحل:

$$١ - \text{مكافئة} = ١\Omega + ٢\Omega + ٣\Omega = ٦\Omega \leftarrow \text{مكافئة} = ١ + ٢ + ٣ = ٦ \Omega$$



$$٢ - \text{ت} = \frac{\text{ج}}{\text{م}} = \frac{١٠}{٦} = ١.٦٦ \text{ أمبير} \leftarrow$$

١ ت = ٢ ت = ٣ ت = ١ أمبير (لان المقاومات موصولة على التوالي)

$$٣ - \text{ج} = ١\Omega \times ١.٦٦ \text{ ت} = ١.٦٦ \text{ فولت} \leftarrow$$

$$\text{ج} = ٢\Omega \times ١.٦٦ \text{ ت} = ٣.٣٣ \text{ فولت} \leftarrow$$

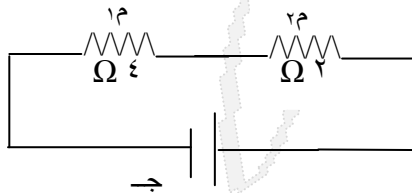
$$\text{ج} = ٣\Omega \times ١.٦٦ \text{ ت} = ٥.٠٠ \text{ فولت} \leftarrow$$

نلاحظ أن مجموع فروق الجهد بين طرفي كل مقاومة يساوي فرق الجهد بين طرفي المقاومة المكافئة

مثال (١٢) :

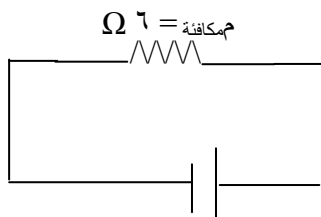
في الشكل المجاور أوجد فرق الجهد بين طرفي المصدر . إذا علمت أن التيار المار في (٢م) يساوي ٢ أمبير .

الحل:



$$\text{مكافئة} = ٢\Omega + ٤\Omega = ٦\Omega \leftarrow \text{مكافئة} = ٢ + ٤ = ٦ \Omega$$

١ ت = ٢ ت (لان المقاومات موصولة على التوالي)



$$\text{فرق جهد المصدر} = \text{ت} \times \text{مكافئة}$$

$$\text{فرق جهد المصدر} = ٢ \times ٦ = ١٢ \text{ فولت}$$

التوصيل على التوازي :

تتشارك المقاومات في نقطتي البداية والنهاية فيكون فرق الجهد بين طرفي كل منهما متساوٍ ومساوياً لفرق الجهد بين طرفي المصدر (البطارية) أما التيار فإنه يتجزأ في كل مقاومة وحسب قانون حفظ الشحنة يكون مجموع التيارات المارة في كل فرع يساوي التيار الكلي:

$$I_{\text{كلي}} = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\frac{I_{\text{كلي}}}{R_{\text{مكافئة}}} = \frac{I_1}{R_1} + \frac{I_2}{R_2} + \frac{I_3}{R_3}$$

$$I_{\text{كلي}} = I_1 = I_2 = I_3$$

$$\frac{1}{R_{\text{مكافئة}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

ملاحظات :

١- مقلوب المقاومة المكافئة لمجموعة من المقاومات يساوي مقلوب مقاومة كل منها.

٢- في حالة تساوي المقاومات فإن : $\frac{\text{قيمة أحد المقاومات}}{\text{عدد المقاومات}} = R_{\text{مكافئة}}$

٣- المقاومة المكافئة لمجموعة من المقاومات تكون أقل من أقل مقاومة في المجموعة.

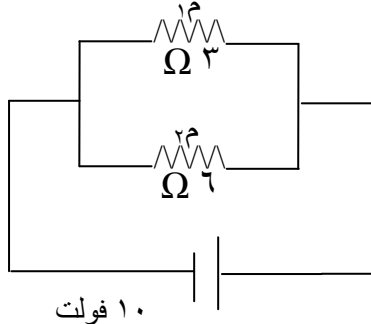
٤- جهود المقاومات متساوية، وبحسب الجهد المشترك (ج) من العلاقة التالية:

$$I_{\text{مشترك}} = I_{\text{كلي}} \times R_{\text{مكافئة}}$$

٥- إذا قطع أحد أسلاك المقاومات ينقطع التيار على السلك الموصل بالمقاومة ولا يؤثر على بقية المقاومات.

٦- ومن التطبيقات على هذا النوع من التوصيل (توصيل المصابيح والأجهزة في البيوت ومصابيح الشوارع)

مثال (١٣):



بالإعتماد على المعلومات المبينة في الدارة المجاورة أوجد ما يأتي:
١- المقاومة المكافئة .

٢- فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة .

٣- التيار الكهربائي المار في كل مقاومة .

الحل:

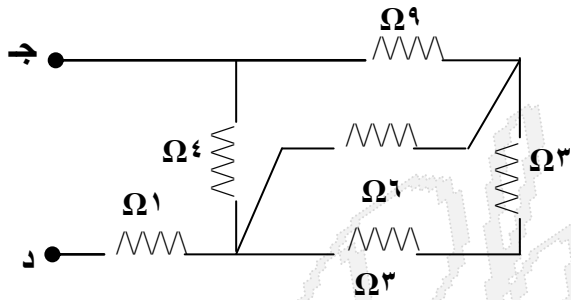
$$1 - \frac{1}{R_{\text{مكافئة}}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{2} = \frac{1}{1.2} \Rightarrow R_{\text{مكافئة}} = 1.2 \Omega$$

٢- $V_1 = V_2 = 10 \text{ فولت}$ (لان المقاومات موصولة على التوازي)

$$3 - I_1 = \frac{10}{3} = 3.33 \text{ أمبير} , I_2 = \frac{10}{6} = 1.67 \text{ أمبير}$$

مثال (١٤):

في الشكل المجاور أوجد المقاومة المكافئة بين ج و د .



الحل : $(3, 3)$ توازي $\Rightarrow 6 \Omega$

$(6, 6)$ توازي $\Rightarrow 3 \Omega$

$(3, 9)$ توازي $\Rightarrow 2.25 \Omega$

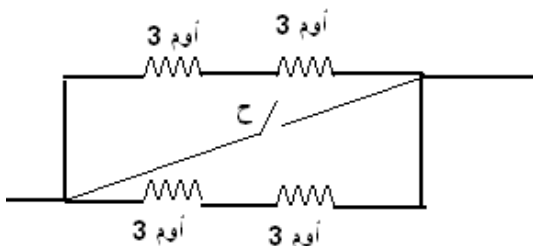
$(12, 4)$ توازي $\Rightarrow 3 \Omega$

$(3, 1)$ توازي $\Rightarrow 0.75 \Omega$

مثال (١٥) :

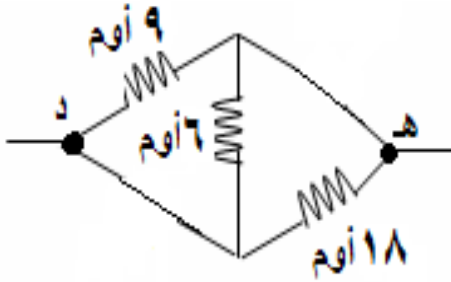
في الشكل المجاور أوجد قيمة المقاومة المكافئة قبل وبعد إغلاق (ح).

الحل:



مثال (١٦) :

في الدارة الكهربائية المجاورة احسب المقاومة المكافئة بين النقطتين د، هـ.
الحل:

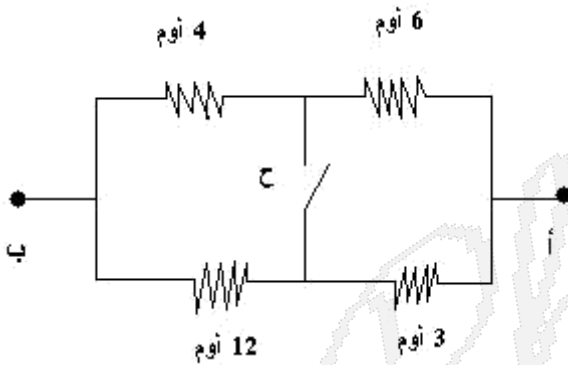


مثال (١٧) :

في الشكل المجاور ، احسب المقاومة المكافئة بين النقطتين أ ، ب في الحالات التالية:

١- عندما يكون المفتاح ح مفتوحاً ؟

٢- عندما يكون المفتاح ح مغلقاً ؟



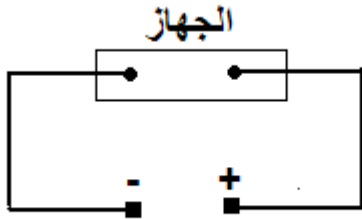
القدرة الكهربائية

القدرة:

هي الشغل المبذول في وحدة الزمن (المعدل الزمني للتغير في الطاقة) ومن تكافؤ الشغل والطاقة نستطيع اعتبار القدرة بأنها المعدل الزمني للاستهلاك الطاقة. و يعبر عنها رياضياً:

$$\text{القدرة} = \frac{\Delta \text{الشغل}}{\Delta t} , \quad \text{وحدة القياس} = \frac{\text{جول}}{\text{ثانية}} = \text{واط}$$

فلو افترضنا أن جهازاً موصولاً بمصدر فرق جهد (ج) بحيث يولد تياراً (ت) فيدخل التيار الكهربائي هذا الجهاز من طرف ويخرج من الطرف الآخر. واستمرار مرور التيار بالجهاز الكهربائي فإن الجهاز يستمر في العمل واستهلاك الطاقة الكهربائية.



فإذا انتقلت كمية من الشحنة Δq ش في فترة زمنية مقدارها Δt داخل جهاز كهربائي فيكون الشغل المبذول في نقلها

$$\text{الشغل} = \Delta q \times \text{ج}$$

وعليه تكون القدرة المستهلكة في تشغيل الجهاز:

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الشغل}}{\Delta t} = \text{ج} = \frac{\Delta q \times \text{ج}}{\Delta t}$$

وحسب مبرهنة الشغل والطاقة تكون الطاقة المصروفة داخل الجهاز خلال زمن Δt ز.

$$\text{الطاقة} = \text{القدرة} \times \text{الزمن}$$

$$\text{ج} \times \Delta t =$$

وإذا مثلنا الجهاز الكهربائي بمقاومة أومية فيكون فرق الجهد $\text{ج} = \text{ت} \times \text{م}$ بالتعويض في العلاقة السابقة:

$$\text{القدرة} = \text{ت}^2 \times \text{م} = \frac{\text{ج}^2}{\text{م}} \quad \leftarrow$$

الطاقة المصروفة داخل المقاومة (حرارية) في زمن مقداره (ز) = $\text{ت}^2 \times \text{م} \times \text{ز}$

بعض الأمثلة على تحولات الطاقة الكهربائية التي يزودها مصدر فرق جهد ما:

- ١- طاقة كيميائية عند شحن البطارية .
- ٢- طاقة حركية كما في المحركات (سوف يتم توضيح مبدأ عمل المحركات الكهربائية في بنود لاحقة)
- ٣- ضوئية كما في المصابيح .
- ٤- حرارية وهذا النوع يصاحب أي نوع من أنواع الطاقة السابقة (سبق وأن أوضحنا هذا المفهوم).

ملاحظة:

وحدة قياس القدرة تكافئ: - فولت.أمبير

- أمبير^٢ . أوم

- فولت^٢ / أوم

- (فولت×كولوم) / ثانية

مثال (١٨) : سخان كهربائي كتب عليه: ٢٢٠٠ واط، ٢٢٠ فولت. صنعت مقاومته من سلك فلزي مساحة مقطعه

العرضي ٠.١٦ مم^٢ ومقاومته مادته ١.٦×١٠^٨ Ω .م. إحسب:

١ . طول السلك الفلزي الذي صنعت منه المقاومة.

٢ . أكبر تيار يمر في مقاومة السخان.

٣ . موصلية مادة سلك المقاومة.

٤ . الطاقة المصروفة عند تشغيل السخان لمدة ساعتين.

الحل:

$$١- القدرة = \frac{ج\ddot{و}}{م}$$

$$م = \frac{ج\ddot{و}}{القدرة} = \frac{P}{(٢٢٠)}$$

$$٢٢٠ = \Omega$$

$$لكن: م = \frac{م}{ل}$$

$$\Leftarrow ل = \frac{١.٦ \times ١٠^8 \times ٢٢٠}{٨ \times ١.٦ \times ١.٦} = ٢٢٠ م$$

$$٢- ج = م \times ق \Leftarrow ق = \frac{٢٢٠}{١.٦} = ١٣٠ \text{ أمبير}$$

$$٣- \frac{١}{م} = ٥ = \frac{١}{١.٦ \times ١٠^8 \times (٢٢٠)} = ١.٦ \times ١٠^8$$

$$٤- الطاقة المصروفة = القدرة \times الزمن$$

$$= ٢٢٠ \times ٦٠ \times ٢ = ٢٦٤٠٠ \text{ واط}$$

$$= ١٥٨٤٠٠٠٠ \text{ جول}$$

$$= ٤,٤ \text{ كيلوواط. ساعة}$$

مثال (١٩) :

في مجموعة من المقاومات الموصولة على التوازي تكون المقاومة الأقل مقدارا هي الأكثر استهلاكاً للطاقة .فسر ذلك .

الحل :

المقاومات الموصولة على التوازي متساوية في فرق الجهد وبما أن القدرة تساوي $\frac{J}{m}$ إذا المقاومة الأقل هي الأكثر استهلاكاً للطاقة (الطاقة = القدرة × الزمن) .

مثال (٢٠) :

مصباحان كتب على الأول (٤٠ واط ، ١٢٠ فولت) وعلى الثاني (٦٠ واط ، ١٢٠ فولت) جد القدرة المستهلكة في كل مصباح في الحالتين الآتيتين :

أ- إذا وصلا معا على التوالي، ثم وصلا مع مصدر للجهد يعطي (١٢٠ فولت) .

ب- إذا وصلا معا على التوازي، ثم وصلا مع مصدر للجهد يعطي (١٢٠ فولت) .

الحل

:

$$\text{مقاومة كل مصباح : } m = \frac{J}{\text{القدرة}}$$

$$\Leftarrow m = \frac{(120)^2}{40} = 360 \text{ } \Omega , m = \frac{(120)^2}{60} = 240 \text{ } \Omega$$

٢- عند وصل المقاومين على التوالي ، يمر في كل منهما تياراً مقداره :

$$I = \frac{J}{m + m} = \frac{120}{360 + 240} = 0.2 \text{ (أمبير)}$$

لذا فإن القدرة المستهلكة في كل مقاومة = $I^2 m$

$$\Leftarrow \text{القدرة في الأول} = 360 \times (0.2)^2 = 28.8 \text{ واط}$$

$$\text{والقدرة في الثاني} = 240 \times (0.2)^2 = 19.2 \text{ واط}$$

ب- عند وصل المقاومين على التوازي يكون فرق الجهد بين طرفي كل منهما مساوٍ لفرق جهد البطارية

$$= 120 \text{ فولت ، لذا القدرة المستهلكة في كل منهما} = \frac{J}{m}$$

$$\Leftarrow \text{القدرة في الأول} = \frac{(120)^2}{360} = 40 \text{ واط}$$

$$\text{والقدرة في الثاني} = \frac{(120)^2}{240} = 60 \text{ واط}$$

مسائل :

١- سلك منتظم المقطع طوله ١٠٠ متر وقطره ٢ مم ومقاومته النوعية 10^{-8} أوم.متر ، ويمر به تيار مقداره

٢ أمبير احسب :

أ- المقاومة الكهربائية للسلك ؟

ب- القدرة الكهربائية المستنفذة به ؟

٢- أولاً: احسب طول السلك اللازم لعمل مقاومة مقدارها ١٥ أوم من سلك ألمونيوم نصف قطره ١ مم ومقاومته النوعية $2,8 \times 10^{-8}$ (أوم.متر).

ثانياً: إذا عبرت هذا السلك شحنة مقدارها ٩٠٠ ميكروكولوم خلال ٣ ملي ثانية بفعل مصدر للجهد مقداره ٣ فولت, احسب:

أ- الشغل المبذول في نقل كمية الشحنة هذه من قبل مصدر الجهد.

ب- القدرة الكهربائية المستهلكة لنقل كمية الشحنة عبر السلك.

٣- سخان كهربائي مكتوب عليه: ٢٢ Ω , ٢٢٠ فولت. صنعت مقاومته من سلك فلزي مساحة مقطعه العرضي

٠,١٦ مم^٢ ومقاومته $1,6 \times 10^{-8}$ (م. Ω) احسب:-

١ - طول السلك الفلزي الذي صنعت منه المقاومة.

٢- أكبر تيار يمر في مقاومة السخان.

٣- موصلية مادة سلك المقاومة.

٤- الطاقة المصروفة عند تشغيل السخان لمدة ٢ ساعة.

٤- وصلت مقاومتان على التوالي، فكانت المقاومة المكافئة لهما ٢٥ Ω ، وعند وصلهما على التوازي كانت

المقاومة المكافئة لهما ٦ Ω . احسب قيمة كل من المقاومتين.

٥- وصلت مكواة كهربائية قدرتها ١٦٠٠ واط إلى مصدر جهد مقداره ٢٢٠ فولت، احسب :

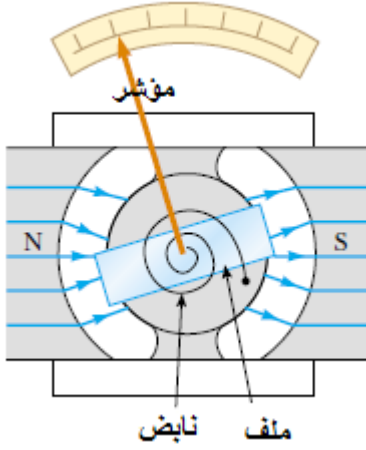
- التيار المار في المكواة .

- مقاومة أسلاك المكواة .

الغلفانوميتر

هو جهاز يستخدم لقياس التيارات الكهربائية وفروق الجهد في الدارات الكهربائية.

تركيبه :



١- ملف قابل للدوران حول محور في مجال مغناطيسي منتظم مثبت عليه قسبة خفيفة من الألمونيوم تعمل مؤشراً لقراءة قيمة التيار .

٢- نابض خفيف يتصل بالملف وظيفته:

- يعمل على إعاقه دوران الملف .

- يعمل على إرجاع الملف مع المؤشر إلى الوضع الأصلي بعد زوال التيار .

٣- مؤشر يشير إلى مقدار التيار ويدور هذا المؤشر بزاوية تتناسب طردياً مع مقدار التيار .

ملاحظة هامة:

يقيس الغلفانوميتر التيارات الضعيفة ولا يمكنه قياس التيارات الكبيرة لأنها ستؤدي إلى إتلافه.

استخدامات الغلفانوميتر :

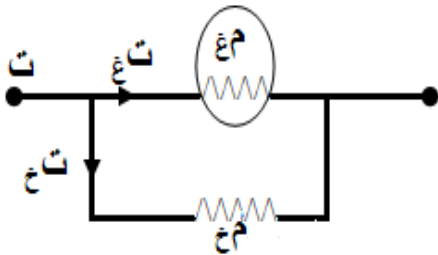
١- الكشف عن التيارات الصغيرة جداً وقياسها .

٢- صنع أميتر لقياس التيارات الكبيرة نسبياً .

٣- صنع فولتميتر لقياس فروق جهد كبيرة نسبياً .

تحويل الغلفانوميتر إلى أميتر:

الفكر الفيزيائي يكمن في كيفية جعل الغلفانوميتر أن يقيس تيارات كبيرة نسبياً دون إتلافه.



يمكن تحويل الغلفانوميتر الى أميتر يقيس التيارات

الكهربائية عن طريق وصله بمقاومة صغيرة على التوازي (وتفسير ذلك

هو الحصول على أقل قيمه ممكنة للمقاومة الكهربائية حتى يستطيع

جهاز الأميتر قراءة قيمة التيار المطلوبة).

وبما أن داخل الغلفانوميتر ملف، هذا يعني أن هناك مقاومة للغلفانوميتر (مغ)، فإذا وصلت على التوازي مع مقاومة

خارجية (مغ)، فإن جهدهما سيكون متساوياً :

جغ = جغ ، وباستخدام قانون أوم (ج = ت م)

تغ م غ = تغ م غ ، وبما أن التيار الأصلي (ت) يتفرع الى تيارين: ت = ت غ + ت ح

$$\leftarrow \text{تغ} = \text{ت} - \text{تغ}$$

$$\text{تغ م غ} = (\text{ت} - \text{تغ}) \text{ م غ}$$

حيث أن :

م غ : المقاومة الخارجية.

م غ : مقاومة الغلفانوميتر .

ت : التيار المراد قياسه.

تغ : اكبر تيار يتحمله الغلفانوميتر .

تسمى المقاومة الصغيرة **مجزئ** التيار ويجدر الإشارة هنا إلى أنه كلما صغرت قيمة المقاومة الخارجية زادت قيمة التيار الكهربائي.

تحويل الغلفانوميتر إلى فولتميتر :



يمكن تحويل الغلفانوميتر الى فولتميتر بقياس فرق

الجهد بين أي نقطتين، وذلك عن طريق توصيله

بمقاومة خارجية كبيرة على التوالي (هنا تكون قيمة التيار متساوية في كل من الغلفانوميتر والمقاومة الخارجية وبالتالي

لا يمكننا التحكم في فرق الجهد بين طرفي الفولتميتر إلا بزيادة قيمة المقاومة الخارجية طبقاً لقانون أوم).

سيكون التيار المار في الغلفانوميتر والمقاومة الخارجية متساو، وفرق الجهد بين (أ و ب) يساوي مجموع فروقي

الجهد بين طرفي الغلفانوميتر والمقاومة الخارجية:

$$\text{جأب} = \text{جغ} + \text{جغ}$$

$$= \text{تغ م غ} + \text{تغ م غ}$$

$$\text{جأب} = \text{تغ} (\text{م غ} + \text{م غ})$$

حيث أن :

جأب : فرق الجهد بين النقطتين المراد قياسه

تسمى المقاومة الكبيرة في الغلفانوميتر **مجزئ** الجهد وكلما زادت قيمة هذه المقاومة زادت القيمة العظمى لفرق الجهد الذي يقيسه الغلفانوميتر

مثال (٢١):

إذا علمت أن غلنوميتر مقاومة ملفه (10Ω) ينحرف مؤشره إلى أقصى تدريج عندما يمر فيه تيار مقداره (0.002 أمبير). فأجب عما يلي:

- ١ . ما أقصى فرق جهد يقيسه الغلنوميتر؟
- ٢ . كيف يعدل الغلنوميتر ليقاس لغاية 10 أمبير؟
- ٣ . كيف يعدل الغلنوميتر ليقاس فرق جهد لغاية 10 فولت؟

الحل :

$$1 - \text{جغ} = \text{تغ} \text{ مغ} \Rightarrow \text{جغ} = 10 \times 0.002 = 0.02 \text{ فولت}$$

$$2 - \text{ت} = \text{تغ} - \text{ت} \Rightarrow \text{ت} = 10 - 0.002 = 9.998 \text{ أمبير}$$

$$\text{تغ مغ} = \text{ت} / \text{م} \Rightarrow 10 \times 0.002 = 9.998 \times \text{م} \Rightarrow \text{م} = 0.002 \text{ أم}$$

يتم تحويل الغلنوميتر الى أميتر وذلك بتوصيل المقاومة السابقة على التوازي مع ملفه .

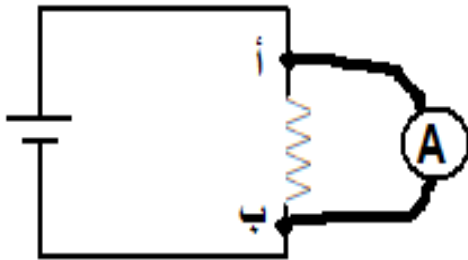
$$3 - \text{جأب} = \text{تغ} (\text{مغ} + \text{م}) \Rightarrow 10 = 0.002 (10 + \text{م})$$

$$\text{م} = 4990 \Omega$$

يتم تحويل الغلنوميتر الى فولتميتر وذلك بتوصيل المقاومة السابقة على التوالي مع ملفه .

مثال (٢٢):

لو أخطأ طالب في توصيل الأميتر على التوازي بين طرفي المقاومة (م) في الشكل المجاور فماذا نتوقع أن يحدث؟ لماذا ؟



الحل : إن مقاومة الأميتر الداخلية صغيرة مما يعني أن معظم التيار المار في الدارة سيمر في الأميتر ولا يمر في مقاومة الدارة لذا سيقرأ الأميتر التيار المار فيه ولا يقرأ التيار المار في المقاومة

مثال (٢٣):

إذا كان لديك غلفانوميتر مقاومة ملفه (20Ω) وأكبر تيار يقيسه 0.003 أمبير ، وأعطيت ست مقاومات ($0.001, 0.002, 0.01, 100, 1000, 10000 \Omega$) أي من هذه المقاومات نختار وكيف نصلها مع ملف الغلفانوميتر لتحصل على :

- ١ - أميتر يقيس أكبر قيمة ممكنة للتيار الكهربائي، وما هذه القيمة ؟
 - ٢ - فولتميتر يقيس أكبر قيمة ممكنة لفرق الجهد الكهربائي ، وما هذه القيمة ؟
- الحل :

١- نختار المقاومة : 10000Ω

$$T' = \frac{T \times R}{R_0}$$

$$= \frac{0.003 \times 10000}{20}$$

$$= 1.5 \text{ أمبير}$$

$$T = T' + T \times R = 0.003 + 1.5 = 1.503$$

$$= 1.503 \text{ أمبير}$$

٢- نختار المقاومة : 10000Ω

$$V = T \times (R_0 + R) = 0.003 \times (20 + 10000)$$

$$= 30.06 \text{ فولت}$$

مسائل

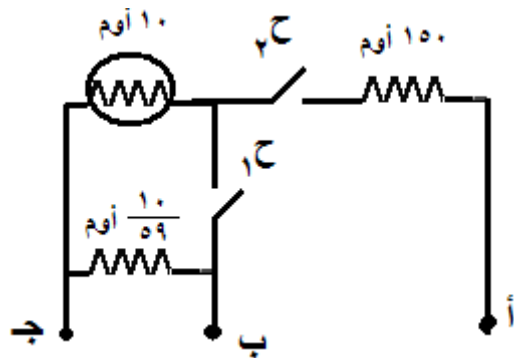
١- الشكل المقابل يوضح غلفانوميتر مقاومة ملفه 10Ω ويتحمل تيار شدته 0.1 أمبير .

أولا : إذا أردنا تحويل الغلفانوميتر إلى أميتر :

أ- أي المفتاحين نغلق ؟

ب- كيف يوصل الجهاز مع الدارة الخارجية ؟

ج- ما هي أقصى قيمة للتيار يتحملها الأميتر ؟



ثانيا : إذا أردنا تحويل الغلفانوميتر إلى فولتميتر :

أ- أي المفتاحين نغلق ؟

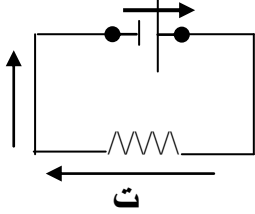
ب- كيف يوصل الجهاز مع الدارة الخارجية ؟

ج - احسب فرق الجهد الذي يقيسه الفولتميتر .

٢- غلفانوميتر ذو ملف متحرك إذا وصل بمجزئ تيار مقاومته $(1, 0 \text{ أوم})$ يمكن استخدامه كأمبير يقيس تيار أقصاه (15) أمبير. إذا وصل على التوالي بمقاومة 80 أوم يمكن استخدامه كفولتميتر لقياس فرق جهد أقصاه (40 فولت) . احسب مقاومة ملف الغلفانوميتر.

القوة الدافعة الكهربائية

- في أي دارة كهربائية، لا بدّ من وجود مصدر للطاقة وتعرف المصادر التي تمدنا بالطاقة بمصادر القوة الدافعة الكهربائية



- أمثلة على مصادر القوة الدافعة الكهربائية:

أ- البطارية.

ب- المولد الكهربائي.

- أهمية مصادر القوة الدافعة الكهربائية: تعمل على تحريك الشحنات الحرة وإدامة التيار الكهربائي في دارة مغلقة للجهد (بطارية) يحرك الشحنات عبر الأسلاك (يبدّل عليها شغلا)، بحيث يحرك الشحنات من القطب الموجب إلى السالب عبر الأسلاك ومن القطب السالب إلى الموجب عبر البطارية (التيار الاصطلاحي) وأي شحنة موجبة مع تتحرك مع هذا الاتجاه (من السالب إلى الموجب) داخل البطارية فإنها تكتسب طاقة وضع كهربائية من جزاء رفع الجهد النهائي لها.

- تعمل البطارية كمضخة للشحنات وتزودها بالطاقة (الشغل المبذول) اللازمة لنقل الشحنات من القطب السالب (الجهد المنخفض) إلى القطب الموجب (الجهد المرتفع) وتستهلك هذه الطاقة عن طريق المقاومات (أو الأجهزة الكهربائية) وبإهمال مقاومة أسلاك التوصيل يكون مقدار الشغل الذي المبذول من قبل البطارية في نقل الشحنات مساوياً للطاقة المستهلكة في مقاومات الدارة.

- تقوم البطارية بالمحافظة على نقل كمية ثابتة من الشحنات في الدارة فيكون للتيار المقدار نفسه عند أجزاء الدارة كلها فلا يتلاشى ولا ينقص.

- القوة الدافعة الكهربائية (قد): مقدار الشغل الذي يبذله المصدر (البطارية) اللازم في نقل وحدة الشحنات الموجبة من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل المصدر (البطارية).

$$\text{قد} = \frac{\text{الشغل}}{\text{ش}} = \text{وحدة القياس} = \frac{\text{جول}}{\text{كولوم}} = \text{فولت}$$

- دائما عندما تكون الدارة مفتوحة ينعدم المجال الكهربائي الذي يمد الشحنات بالطاقة فيتوقف سريان التيار في الدارة
ت = صفر .

قدرة البطارية :هي مقدار الشغل الذي تبذله البطارية في وحدة الزمن .
أو (معدل استهلاك الطاقة الكهربائية التي تنتجها البطارية)

$$\text{قد} = \frac{\text{الشغل}}{\text{ش}} \quad \leftarrow \quad \text{قد ش} = \text{الشغل} \quad \leftarrow \quad \text{وبالقسمة على الزمن } (\Delta z) \quad \leftarrow$$

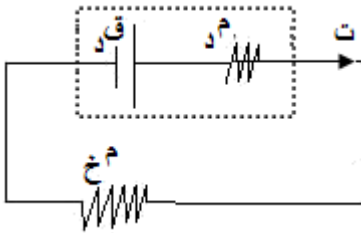
$$\frac{\text{الشغل}}{\Delta z} = \frac{\text{قد ش}}{\Delta z}$$

قدرة البطارية = قد ت

- في الواقع العملي لكل بطارية مقاومة داخلها تسمى المقاومة الداخلية (م) والتي تعمل على استهلاك جزء من الطاقة الكهربائية على شكل طاقة حرارية داخل البطارية.

معادلة الدارة الكهربائية

- لإيجاد الصيغة العامة لمعادلة الدارة البسيطة سوف نأخذ الدارة في الشكل المجاور والتي تتكون من المقاومة الداخلية للبطارية (م) والمقاومة الخارجية (مخ) وبطارية قوتها الدافعة (قد).



- ويتوزع الشغل الذي تبذله القوة الدافعة على المقاومة الداخلية والمقاومة الخارجية.

- أو بمعنى آخر إن مقدار الشغل الذي تبذله القوة الدافعة الكهربائية لنقل وحدة الشحنات الكهربائية عبر المقاومة الداخلية ثم عبر المقاومة الخارجية (مقاومة الحمل) يساوي مقدار القوة الدافعة الكهربائية ذاتها.

$$\text{قد} = \text{ج م} + \text{ج أ ب}$$

$$\text{قد} = \text{ت م} + \text{ج أ ب}$$

$$\text{ج أ ب} = \text{قد} - \text{ت م} = \text{ت مخ} \quad \leftarrow \quad \text{هذه المعادلة لقراءة فرق الجهد بين طرفي البطارية}$$

ونلاحظ من خلال العلاقة التي تقرأ فرق الجهد بين طرفي البطارية أن هناك هبوط في الجهد عن قيمة القوة الدافعة بمقدار $t \times m$.

ويعود الاختلاف بين قيمة (جيبين طرفي البطارية) و Q_d إلى أن جزءاً من القوة الدافعة الكهربائية يُستهلك في إجبار التيار على التدفق عبر البطارية (أي المقاومة الداخلية للبطارية).

- عند وضع فولتميتر بين طرفي البطارية فإن قراءة الفولتميتر تمثل قيمة القوة الدافعة الكهربائية في الحالات التالية:

١- تكون الدارة مفتوحة (انعدام المجال الكهربائي الذي يمدُّ الشحنات بالطاقة) $t = 0$

٢- إهمال المقاومة الداخلية للبطاريات $m = 0$ في هذه الحالة .

٣- عندما تكون المقاومة الخارجية كبيرة جداً جداً حيث يؤول التيار إلى الصفر.

لإيجاد معادلة الدارة من المعلوم من الشكل الأعلى أن (جيب $t = 0$ م غ)

$$Q_d = t \times m + t \times M$$

$$Q_d = t \times (m + M)$$

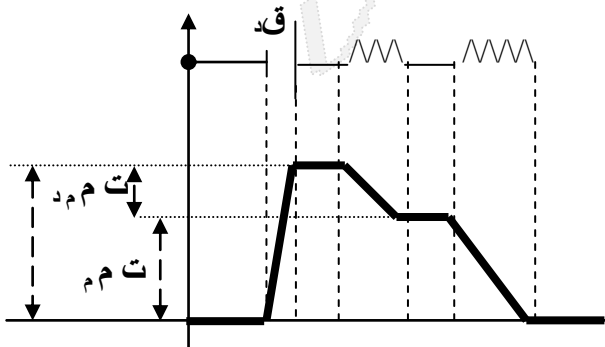
$$t = \frac{Q_d}{m + M}$$

ولدارة بسيطة تحتوي على عدة بطاريات موصولات على التوالي ومقاومة مكافئة (م)

$$t = \frac{\sum Q_d}{M_{\text{المكافئة}}}$$

معادلة الدارة الكهربائية البسيطة

يمكننا تمثيل التغيرات في الجهد عن طريق الرسم البياني المجاور حيث إنَّ الشحنات الكهربائية يرتفع جهدها عند دخولها البطارية



بمقدار القوة الدافعة الكهربائية للبطارية (أو مجموعة البطاريات)

وعند تدفقها عبر البطارية ينخفض الجهد بمقدار $t \times m$

وعند تدفق التيار عبر المقاومة (المقاومات) الخارجية

يهبط بمقدار $t \times M$

$Q_d = t \times m + t \times M$ بضرب المعادلة السابقة بـ (ت)

ت ق د = ت م + ت م ح وهذه العلاقة تمثل القدرة التي تنتجها البطارية. وحسب قانون حفظ الطاقة سوف تتوزع القدرة على المقاومات الداخلية والخارجية.

ملاحظات:

١ - المقدار (ت ق د) يمثل معدل الطاقة المزودة للدائرة بواسطة التفاعل الكيميائي في داخل البطارية حيث تستهلك الكمية (ت م) في تسخين البطارية ويبقى المقدار (ت ق د - ت م) أو (ت م ح) لتزويد المقاومة الخارجية.

٢ - الطاقة الكهربائية في المقاومة الداخلية (تسخين البطارية) هي دائماً مستهلكة وغير مستردة (أي أنه دائماً يتم استهلاكها من البطارية سواء أكانت البطارية في حالة الشحن أو التفريغ).

عناصر الدارة الكهربائية

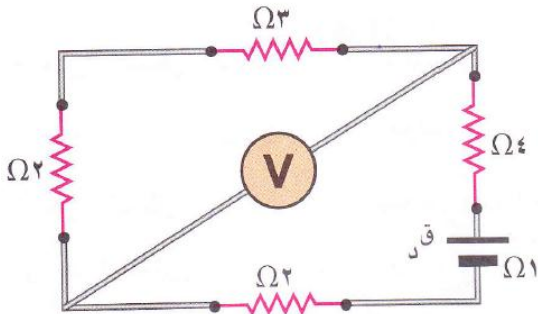
العنصر ورمزه	الخاصية والوحدة	الرمز بالدارات الكهربائية	المعادلات
المقاومة	تحديد قيمة التيار الكهربائي المار فيها		فرق الجهد ج = ت × م
	وحدة القياس أوم (Ω)		القدرة المبذولة ت × م =
القوة الدافعة الكهربائية	توليد فرق جهد ثابت		فرق الجهد ج = ق د - ت × م
	وحدة قياسها الفولت		القدرة المبذولة ق د × ت =

سؤال : وضح المعنى الفيزيائي للعبارة التالية " بطارية قوتها الدافعة الكهربائية ٢٠ فولت ".
الحل:

أن هذه البطارية تقوم ببذل شغل مقداره ٢٠ جول لتحريك كولوم واحد من الشحنات الكهربائية الموجبة من القطب السالب إلى القطب الموجب داخلها. (أو تستهلك طاقة مقدارها ٢٠ جول لتحريك كولوم واحد من الشحنات الموجبة من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل البطارية).

مثال (٢٥):

في الدارة الموضحة في الشكل المجاور، وإذا كانت قراءة (V) تساوي ١٥ فولت، فاحسب:



- ١- القوة الدافعة للبطارية .
- ٢- قدرة البطارية .
- ٣- القدرة المستهلكة داخل البطارية .
- ٤- الهبوط في الجهد داخل البطارية .
- ٥- الحرارة المتولدة في المقاومة (٤ Ω) لمدة دقيقة واحد .

الحل :

$$١- \text{قراءة (V)} = (٢+٣) \text{ ت} = ١٥ \text{ ت} = ٣ \text{ أمبير}$$

$$\text{ت} = \frac{\text{قد}}{\text{م} + \text{م} + \text{م}} = ٣ \text{ أمبير} \quad \frac{\text{قد}}{٣+٢+٢+١+٤} = ٣ \text{ فولت} = ٣٦ \text{ فولت}$$

$$٢- \text{قدرة البطارية} = \text{قد ت} = ٣ \times ٣٦ = ١٠٨ \text{ واط}$$

$$٣- \text{القدرة المستهلكة داخل البطارية} = \text{ت}^٢ \text{ م} = ٩ \times ١ = ٩ \text{ واط}$$

$$٤- \text{الهبوط في الجهد داخل البطارية} = \text{ت م} = ٣ \times ١ = ٣ \text{ فولت}$$

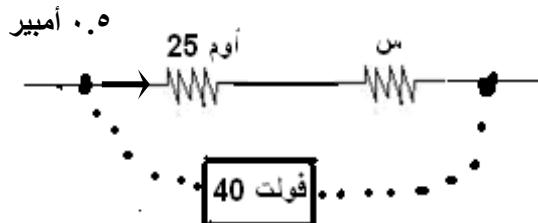
$$٥- \text{الحرارة المتولدة في (٤ Ω)} = \text{ت}^٢ \text{ م ز} = ٩ \times ٤ \times ٦٠ = ٢١٦٠ \text{ جول}$$

" الطاقة "

مثال (٢٦):

من الشكل المجاور ما هي قيمة المقاومة س؟

الحل :



$$\text{ج} = \text{ت مكافئة} = ٤٠ = ٠.٥ \text{ مكافئة}$$

$$\text{مكافئة} = ٨٠ \Omega$$

$$\text{مكافئة} = ٢٥ + \text{س} = ٨٠ \quad \text{س} + ٢٥ = ٨٠$$

$$\text{س} = ٥٥ \Omega$$

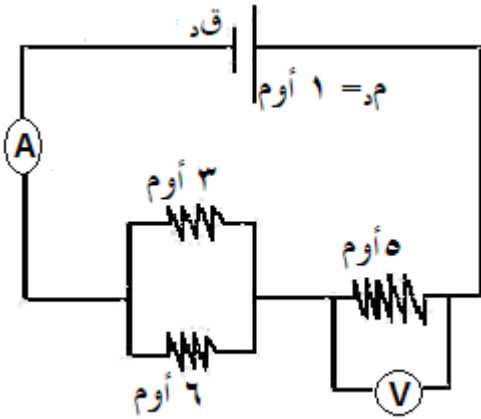
مثال (٢٧):

في الدارة المجاورة: إذا كانت قراءة الأميتر 2 A أمبير ، أوجد كل من:
أ- Q

ب- قراءة الفولتميتر.

ج- التيار المار في المقاومة $6\ \Omega$.

الحل:



$$P - R = \frac{Q}{1 + 2 + 5} = 2 \Rightarrow Q = 2 \times 8 = 16\text{ فولت}$$

$$\therefore Q = 16\text{ فولت}$$

$$B - P = R = 2 \text{ "قراءة الفولتميتر"}$$

$$= 0 \times 2 = 10\text{ فولت}$$

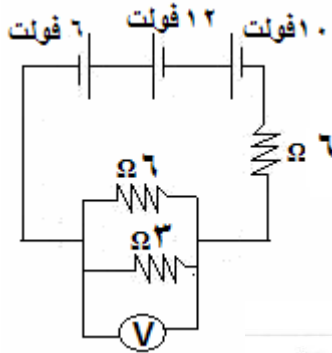
$$A - R = 2 = 2 \times 2 = 4\text{ فولت}$$

$$4\text{ فولت} = 4\text{ فولت} = 4\text{ فولت}$$

توصيل عام بالتوازي

$$\therefore \text{التيار في المقاومة } 6 = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}\text{ A}$$

$$C = \frac{2}{3}\text{ A}$$



مثال (٢٨): من الدارة المجاورة، أوجد:

أ- مقدار التيار في الدارة .

ب- قراءة الفولتميتر .

ج- التيار في المقاومة 6Ω .

الحل :

$$P - \quad \frac{6 + 12 + 10}{6 + 6} = \frac{\Sigma \text{ق د}}{\Sigma \Omega} = I = 2 \text{ A}$$

$$B - \quad I = 2 \text{ A} \quad \text{"قراءة الفولتميتر"}$$

$$I = 2 \times 2 = 4 \text{ فولت}$$

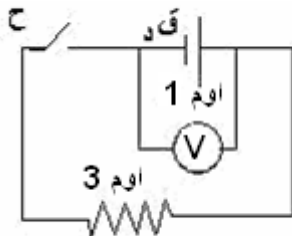
$$A - \quad \frac{4}{6} = \frac{I}{3} \Rightarrow I = 2 \text{ A}$$

مثال (٢٩):

في الدارة المجاورة إذا علمت أن قراءة الفولتميتر قبل غلق (ح) ٨ فولت أوجد قراءة الفولتميتر

بعد غلق (ح).

الحل :



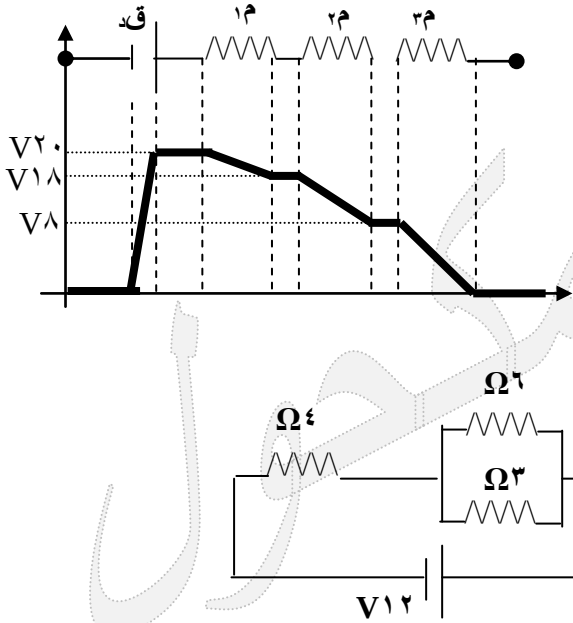
مسائل

١- استخدم المخطط المبين في الدارة لإيجاد ما يأتي، علما بأن قيمة التيار الخارج من البطارية يساوي ٢ أمبير:

أ - ما قيمة كل مقاومة ؟

ب - قدرة البطارية .

ج- إذا تم وضع جهازين فولتميتر الأول بين طرفي البطارية والثاني بين طرفي المقاومة الثانية. أوجد قراءة كل منهما. على اعتبار أن r مقاومة داخلية.

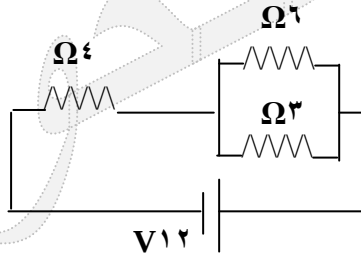


٢- في الشكل المجاور، أوجد:

١- المقاومة المكافئة للدارة.

٢- التيار المار في المقاومة 6Ω .

٣- فرق جهد المقاومة 4Ω .



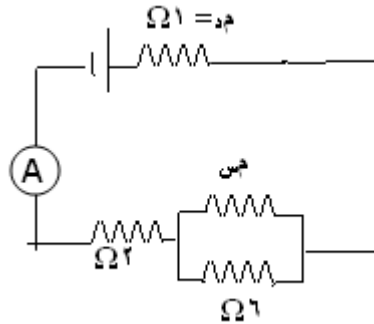
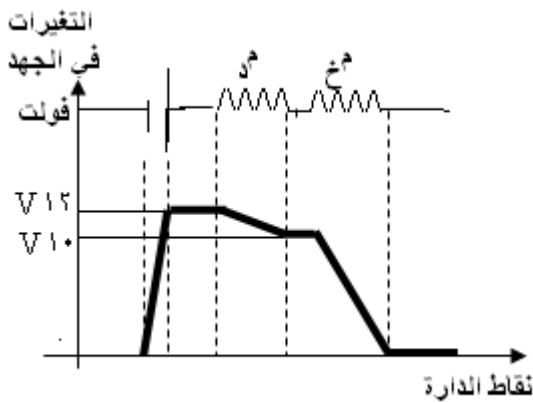
٣- مثلت التغيرات في الجهد عبر الدارة الكهربائية البسيطة المبينة في الشكل بالرسم البياني المجاور لها،

أوجد ما يلي بالاعتماد على المعلومات المثبتة على الشكل:

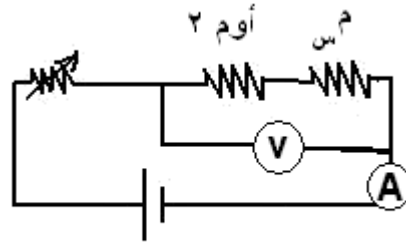
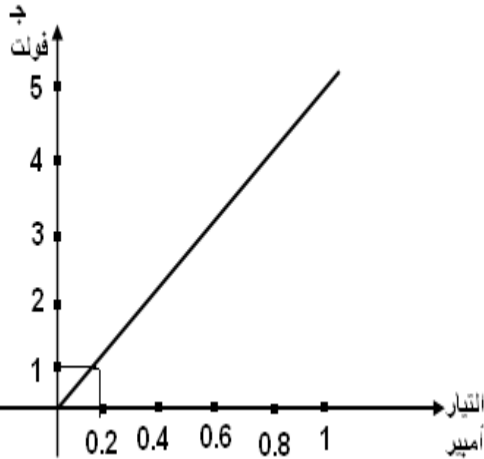
١- قراءة الأميتر

٢- قيمة المقاومة (م س)

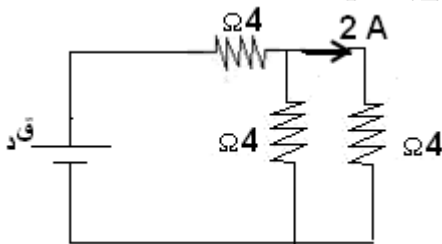
٣- الهبوط في الجهد .



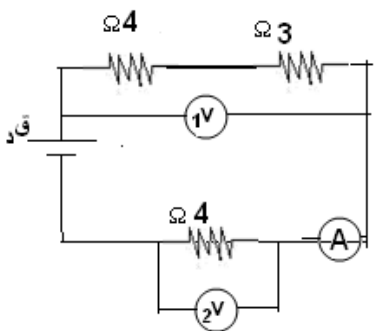
- ٤- مثلت العلاقة البيانية بين فرق الجهد (قراءة الفولتميتر) وشدة التيار الكهربائي (قراءة الأميتر) للدائرة المحصورة فكان خطأ مستقيماً كما في الشكل المجاور. فإذا كانت المقاومة R مس عبارة عن سلك اسطواني رفيع طوله (١م) و قطر قاعدته (٠,١ مم) أوجد مقاومة هذا السلك .



- ٥- بطارية القوة الدافعة لها ٢ فولت وقاومته الداخلية 1Ω وصل قطباها بمقاومة ٣ أوم احسب :
 ١- شدة التيار المار في البطارية وفرق الجهد بين طرفي البطارية.
 ٢- شدة التيار المار في البطارية وفرق الجهد بين طرفي البطارية إذا وصلنا مقاومة ٦ أوم على التوالي مع المقاومة ٣ أوم .
 ٣- شدة التيار المار في البطارية وفرق الجهد بين طرفي البطارية إذا وصلنا مقاومة ٦ أوم على التوازي مع المقاومة ٣ أوم .



- ٦- من الدارة المجاورة أوجد القوة الدافعة الكهربائية .



- ٧- في الدارة المجاورة إذا كانت قراءة الفولتميتر الأول ٢١ فولت، احسب:

- ١- قراءة الأميتر .
 ٢- الفولتميتر الثاني.
 ٣- ق.د؟

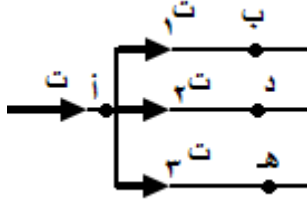
الشبكات الكهربائية وقاعدتا كيرتشفوف

قاعدة كيرتشفوف الأولى :

" عند أي نقطة تفرع أو اتصال في دائرة كهربائية، يكون مجموع التيارات الداخلة فيها يساوي مجموع التيارات الخارجة منها " أي أن المجموع الجبري للتيارات عند تلك النقطة يساوي صفر.

وهي صيغة أخرى لقانون حفظ الشحنة .

من الشكل المجاور تكون كمية الشحنة التي تعبر النقطة أ يساوي مجموع كميات الشحنة التي تعبر الفروع (ب د ه) .

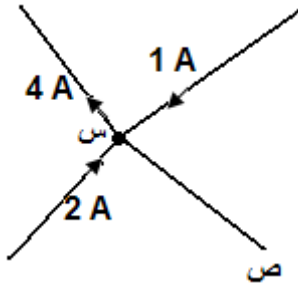


$$\Delta \text{ ش} = \Delta \text{ ش}_1 + \Delta \text{ ش}_2 + \Delta \text{ ش}_3$$

ويكون معدل عبور الشحنات بالنقطة أ بالنسبة للزمن هو مجموع التيارات الخارجة من النقطة أ وحسب قانون حفظ الشحنات فإنه مجموع التيارات الداخلة في النقطة أ يساوي مجموع الخارج منها

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

سؤال: من الشكل المجاور حدد قيمة واتجاه التيار في الفرع س ص.



$$I = I_1 + I_2 + I_3 \Rightarrow I = 1 + 2 + 4 = 7 \text{ A}$$

قانون كيرتشفوف الثاني :

" المجموع الجبري للتغيرات في الجهد الكهربائي عبر عناصر أي مسار مغلق في دائرة كهربائية يساوي صفر "

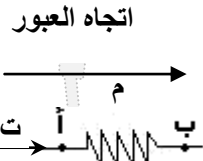
وهي صيغة أخرى لقانون حفظ الطاقة.

ملاحظات هامة للتعامل مع الشبكات الكهربائية واستخدام قوانين كيرتشفوف :

١- إذا تم تحديد التيار في السؤال فيجب عليك التعامل معها كما هي محددة ولايجوز افتراض اتجاه بديل ، لكن إذا لم يتم تحديد الاتجاه، في هذه الحالة يجب عليك إخراج التيار الرئيسي من أكبر قوة دافعة كهربائية (بطارية) والتعامل مع الإتجاهات التي افترضتها .

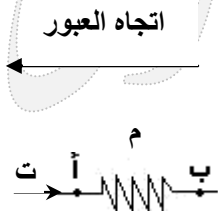
٢- بالنسبة للتغيرات في الجهد :

المقاومات :



- إذا كان اتجاه عبور المقاومة مع اتجاه التيار فإن التغير في الجهد يكون (- ت م)
(لأنه من الجهد المرتفع أ الى الجهد المنخفض ب)

$$ج ب - ج أ = - ت م$$



- إذا كان اتجاه عبور المقاومة عكس اتجاه التيار فإن التغير في الجهد يكون (+ ت م)
(لأنه من الجهد المنخفض ب إلى الجهد المرتفع أ)

$$ج ب - ج أ = + ت م$$

البطاريات :

- إذا اتجاه عبور الدارة مع اتجاه القوة الدافعة الكهربائية (من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل البطارية)



يكون التغير في الجهد (+ ق د)

(من الجهد المنخفض إلى الجهد المرتفع)

- إذا كان اتجاه عبور البطارية عكس اتجاه القوة الدافعة الكهربائية يكون التغير في الجهد (- ق د) .



(من الجهد المرتفع إلى الجهد المنخفض)

إذا طلب منا السؤال ج ب فإننا نعبّر مسار الدارة من النقطة ب إلى النقطة أ بتطبيق ما سبق .

٣٨

مثال (٣١):

يمثل الشكل المجاور جزءاً من دائرة كهربائية. اعتماداً على الشكل، جد كلاً من:

١- التيار الكهربائي (ت) .

٢- المقاومة (م) .

٣- القوة الدافعة (قد) .

٤- فرق الجهد بين النقطتين (أ ، ب) .

الحل :

$$١- ٦ = ٣ + ٢ + ١ \text{ أمبير } \Rightarrow \text{ ت } = ١ \text{ أمبير}$$

$$٢- \text{جر} - ٣ = (٤ + ٦) \text{ جر} = ٣٠ \text{ فولت} \Rightarrow \text{جر} = ٣٠ \text{ فولت} \quad (\text{عبر المسار العلوي})$$

$$\text{جر} - ٢ = (٥ + م) \text{ جر} = ٣٠ \Rightarrow (٥ + م) \text{ جر} = ٣٠ \Rightarrow م = ١٠ \text{ أوم}$$

$$٣- \text{جر} - ١ = (٣ + ١ + ٢) - \text{قد} = \text{جر} \Rightarrow \text{قد} = ٢٤ \text{ فولت}$$

$$٤- ٣٠ = \text{قد} + ٦ \Rightarrow \text{قد} = ٢٤ \text{ فولت}$$

$$٤- \text{جأ} - ٦ = (١ + ٤) - ١٢ + (٥ + ١٠) - ٧ \times ٦ = \text{جأ}$$

$$\text{جأ} - ٣٠ - ٣٠ = ١٢ + ٤٢ - ٣٠ = ٩٠ \text{ فولت} \Rightarrow \text{جأ} = ٩٠ \text{ فولت}$$

مثال (٣٢):

يمثل الشكل المجاور الجسر المتري في حالة اتزان (أي ان قراءة الغلفانوميتر تساوي صفر) . إذا كان (أ ب) سلكاً

منتظم المقطع طوله (١ م) وطول (أ د = ٤٠ سم) ، فجد قيمة المقاومة (م) .

الحل :

بما أن قراءة الغلفانوميتر = صفر فان $\text{جر} = \text{جج}$

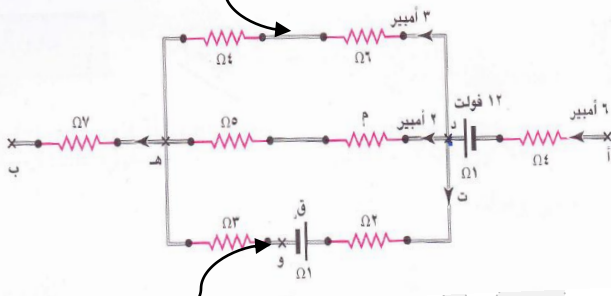
$$\text{جأ} = \text{جأ} \Rightarrow \text{جأ} = ٦ \times \text{ت} = ١ \text{ م} \times \text{ت} \dots \dots (١)$$

$$\text{جج} = \text{جج} \Rightarrow \text{جج} = م \times \text{ت} = ٢ \text{ م} \times \text{ت} \dots \dots (٢)$$

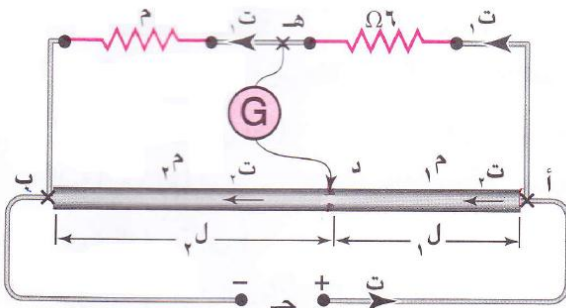
$$٦ \text{ م} / ٢ \text{ م} = ١ \text{ م} \Rightarrow ٦ \text{ م} / ٢ \text{ م} = ١ \text{ م} \Rightarrow ٩ \text{ أوم} = م$$

ملاحظة : يستخدم هذا الجهاز لقياس مقاومة مجهولة .

المسار العلوي



المسار السفلي



$$م = \rho L / A$$

مثال (۳۳) :

اعتماداً على البيانات المثبتة في الدارة المجاورة احسب ما يلي :

١ - ج .

٢- قَد.

٣- س (أهمل المقاومة الداخلية للبطارية)

الحل :

—)

جاء - (۸×۱) - ۱۲ = جب

ج ۱ = ۲۰ فولت ←

٢- فرق الجهد لا يعتمد على المسار ولايجاد ق. نأخذ مسار التيار ٣ أمبير من ب إلى أ .

$$٢٠ = ق + ٣ \times (٢+٢) - . \quad \leftarrow \quad جب = ق + ٣ \times (٢+٢) -$$

قد = ۳۲ فولت

٣ - نأخذ مسار التيار ٢ أمبير من ب إلى النقطة أ .

جی = (۲+۳+۴) × ۲ + ۱ ← ۲۰ = (۲+۳+۴) × ۲ + ۱

$$\Omega_5 = S$$

مثال (٣٤):

بالاعتماد على المعلومات المثبتة على الدارة المجاورة. أوجد ما يلي :

۱ - ج. ک.

٢- القدرة الكهربائية في البطارية ١٤ فولت .

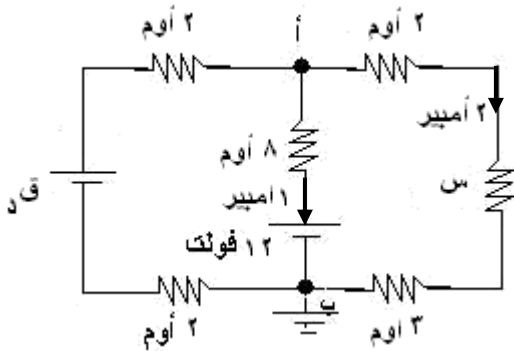
٣- مقدار المقاومة المجهولة س .

الحل :

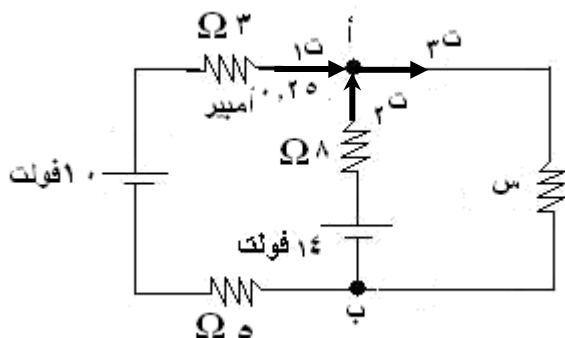
$$1 - ج ا + ۰.۲۵ (۳+۵) - ۱۰ = جب$$

ج ا ب = ۸ × ۰,۲۵ + ۱۰

۸ = فولت



ج ب = صفر لانها موصولة
بالارض



٢- فرق الجهد لا يعتمد على المسار نأخذ مسار التيار ت_٢

$$جأ + ٨ ت - ١٤ = ١٤ + جأ - ٨ ت = ١٤ - ٨ ت = ٨ - ١٤ = -٨$$

$$٨ ت = ٠,٧٥ \text{ أمبير}$$

$$\text{القدرة} = ق \times ت = ١٤ \times ٠,٧٥ = ١٠,٥ \text{ واط}$$

$$٣- ت = ٠,٢٥ + ٠,٧٥ = ١ \text{ أمبير}$$

$$جأ - س = جأ \quad \text{س} = ٨ \Omega$$

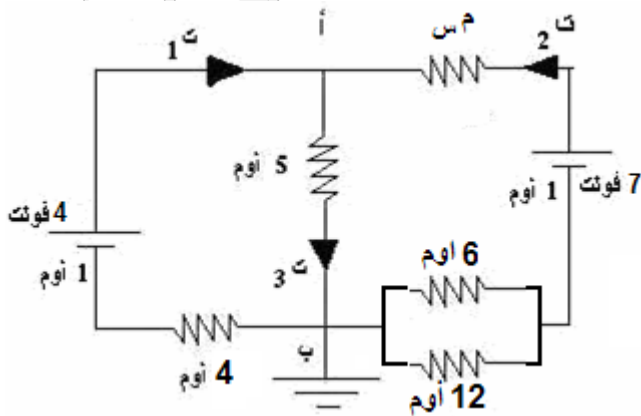
مثال (٣٥) :

في الدارة المجاورة إذا كان جهد النقطة أ ٣ فولت أوجد كل مما يلي:

١- مقدار كل من (ت_١ ، ت_٢)

٢- المقاومة المجهولة هـ.

الحل :



مسائل

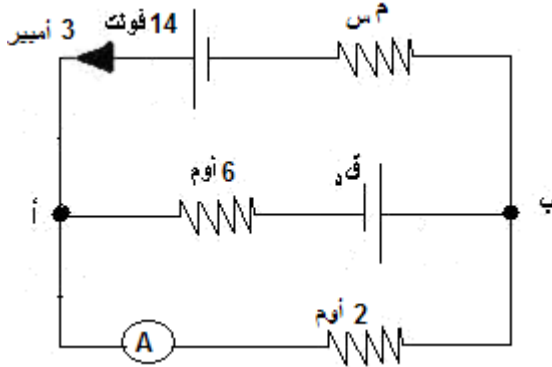
١- بالاعتماد على المعلومات المثبتة على الدارة المجاورة. أوجد ما يلي :

بحيث جاب = ٢ فولت

أ- قيمة المقاومة المجهولة س .

ب- قراءة الأميتر A .

ج - قيمة القوة الدافعة للبطارية (قد) .



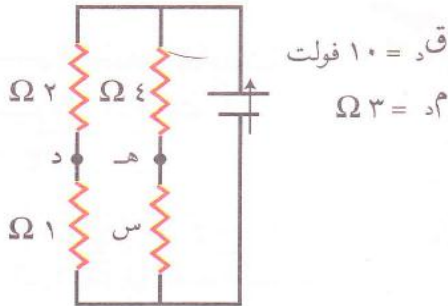
٢- في الدارة المجاورة القوة الدافعة الكهربائية للبطارية تساوي ١٠ فولت ومقاومتها الداخلية ٣ Ω فإذا كان فرق

الجهد بين طرفي البطارية والدارة مغلقة يساوي ٤ فولت فاحسب:

أ- المقاومة المجهولة س .

ب- التيار الذي يمر بالنقطتين د، هـ.

ج- الفرق في الجهد بين النقطتين هـ ، د

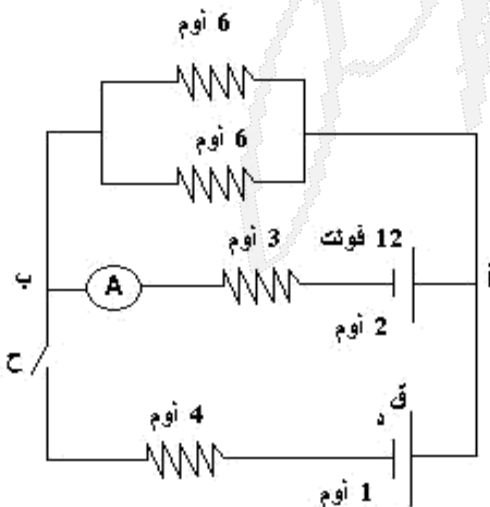


٣- في الدارة المجاورة :أولاً:إذا كان المفتاح ح مفتوح أوجد قراءة الأميتر .

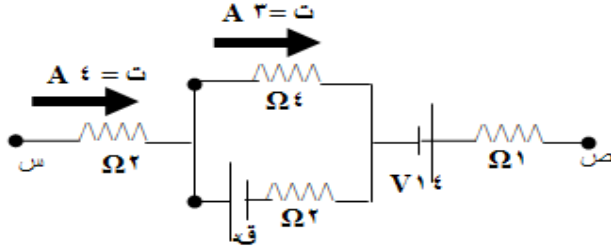
ثانياً: إذا أغلق ح وكان جاب = ٦ فولت أوجد :

أ- قراءة الأميتر

ب- القوة الدافعة الكهربائية (قد)



٤- في الدارة المجاورة، احسب :

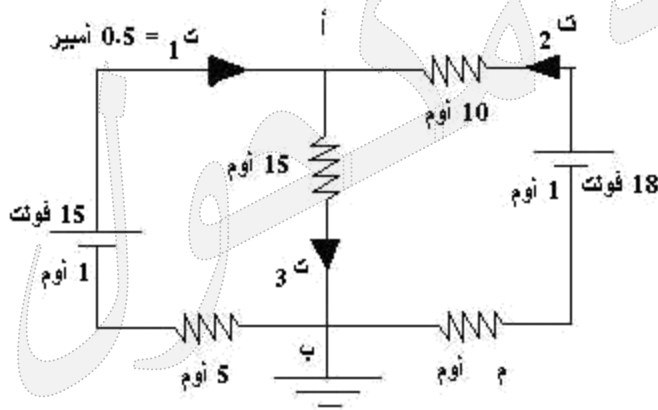


أ- ج س ص

ب- القوة الدافعة قد

ج - قدرة البطارية ١٤ فولت

٥- اعتماداً على الدارة الكهربائية المرسومة جانباً، والبيانات المثبتة عليها، (ولتزمًا بتسمية التيارات واتجاهاتها).



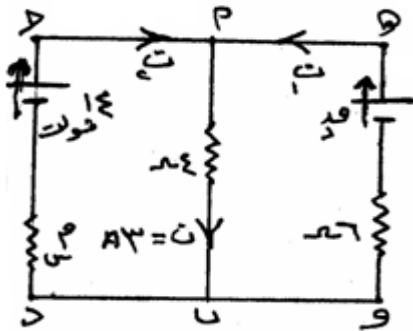
إحسب ما يأتي :

أ- جهد النقطة (أ) .

ب- القدرة المستنفذة في المقاومة ١٥ Ω.

ج- المقاومة المجهولة (م).

٦- اعتماداً على المعلومات المثبتة على الدارة المجاورة (إذا علمت أن القدرة المستنفذة في المقاومة ٦ أوم هي



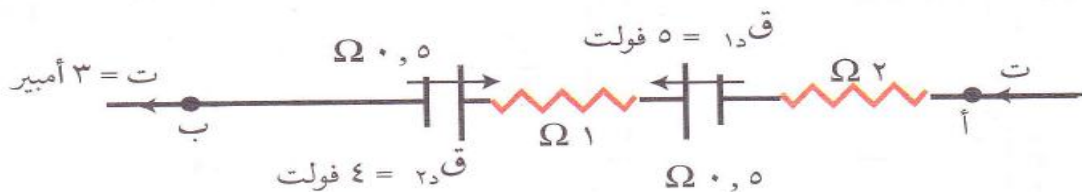
٢٤ واط) احسب :

١- ت١ و ت٢ .

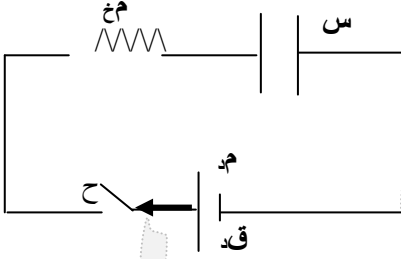
٢- قد .

٣- ج ب ه .

٧- معتمداً على القيم الواردة في الشكل، احسب فرق الجهد بين النقطتين أ وب .



دائرة تحتوي على مواسع ومقاومة



في هذه الدائرة يكون التيار متغيراً مع الزمن، بسبب وجود مواسع فيها.

- تتكون الدارة من:

١- مقاومه خارجية (مقاومة مكافئة لمجموعة مقاومات موصولة معاً).

٢- مصدر قوة دافعة كهربائية (بطارية).

٣- مواسع كهربائي.

- في دائرة شحن المواسع الكهربائي تكون جميع عناصر الدارة السابقة موصولة معاً على التوالي.

- قبل إغلاق المفتاح : إن المواسع غير مشحون (يكون جهد وشحنة المواسع صفر).

- عند إغلاق المفتاح تبدأ عملية شحن المواسع وينشأ تيار كهربائي في الدارة . ومع استمرار الشحن يقل مقدار التيار الكهربائي في الدارة . (علل) . لأن جهد المواسع يزداد مع نمو الشحنة عليه .

- تتوقف عملية الشحن عندما يشحن المواسع إلى أقصى شحنة ويصبح التيار في الدارة صفر .

عند تطبيق قاعدة كيرتشفوف الثانية في الدارة :

$$ق\text{د} - ج\text{س} - ج\text{م} = \text{صفر}$$

حيث :

- ق\text{د} : القوة الدافعة للبطارية .

- ج\text{س} : فرق الجهد بين طرفي المواسع ($\frac{\text{ش}}{\text{س}}$) .

- ج\text{م} : فرق الجهد بين طرفي المقاومة ($\text{ت} \times \text{م}$) .

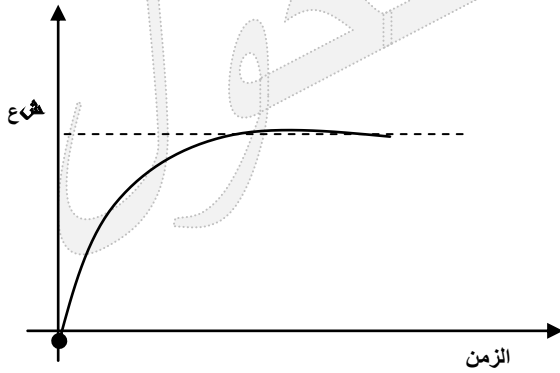
هذه المعادلة تمثل معدل نمو الشحنة الكهربائية داخل المواسع في أي لحظة زمنية .

$$\frac{\Delta \text{ش}}{\Delta \text{ز}} = \frac{\text{ق\text{د}}}{\text{م}} - \frac{\text{ش}}{\text{س م}}$$

- لحظة إغلاق المفتاح (ح) يكون معدل نمو الشحنة على المواسع أكبر ما يمكن (قيمة عظمى) .
وعندها تكون شحنة المواسع صفر .

$$\text{ت الشحن} = \left(\frac{\Delta \text{ش}}{\Delta \text{ز}} \right) \text{ لحظة الإغلاق} = \frac{\text{قد}}{\text{م}} \text{ (معدل نمو الشحنة لحظة إغلاق المفتاح)}$$

- أثناء عملية الشحن يبقى الجهد بين طرفي المواسعة يزداد (أي تبقى الشحنة على المواسع تزداد) ومع استمرار عملية الشحن يتناقص تيار الدارة . وتستمر هذه العملية حتى يصبح فرق الجهد بين طرفي المواسع مساوياً للقوة الدافعة الكهربائية (جـ = قد) أي أنه اكتمل شحن المواسع ويتوقف نمو الشحنة أي أن تيار الشحن يساوي صفر .



العلاقة بين نمو الشحنة والزمن أثناء شحن المواسع

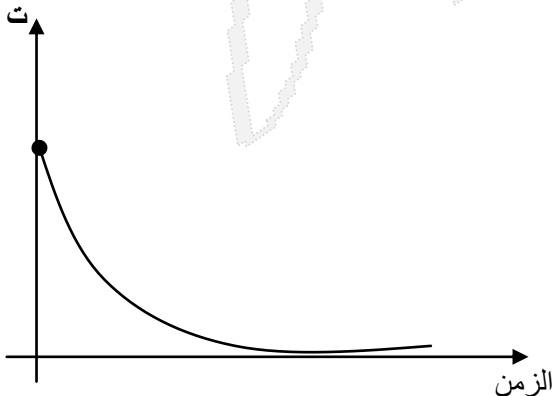
$$\text{ت الشحن} = \frac{\Delta \text{ش}}{\Delta \text{ز}} = \text{صفر}$$

بالتعويض في المعادلة نجد أن :

$$\text{شع} = \text{قد س}$$

نلاحظ أن الشحنة العظمى لا تعتمد على قيمة المقاومات في الدارة وإنما المقاومات تتحكم في الفترة الزمنية حتى تصل الشحنة إلى قيمتها العظمى فزيادة المقاومات تزيد من تلك الفترة .

- الرسم البياني المجاور يوضح السلوك الفيزيائي للتيار أثناء عملية شحن المواسع حيث يكون لحظة غلق الدارة أعلى ما يمكن ثم يبدأ بالتناقص تدريجياً لأنه يملئ المواسع الفارغ وهكذا حتى يتوقف نمو الشحنة على المواسع فيصبح التيار المار في الدارة صفر .

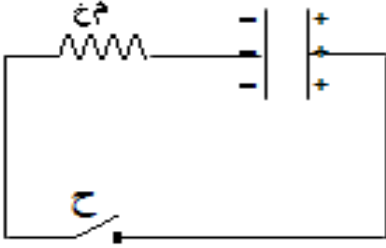


العلاقة بين قيمة تيار الشحن في الدارة مع الزمن أثناء عملية الشحن

دائرة التفريغ للمواسع الكهربائي :

- نستغني عن البطارية $Q=0$ صفر

- في هذه الحالة فرق الجهد بين طرفي المواسعة يعمل على سريان تيار كهربائي في الدارة ويبقى الجهد يقل حتى تصبح الشحنة صفر بين طرفي المواسعة .



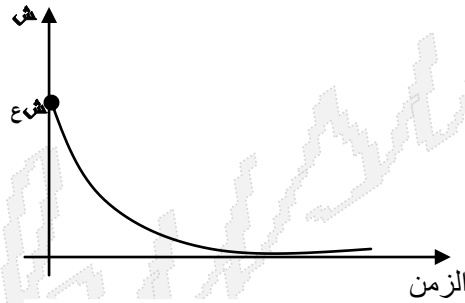
بتطبيق قانون كيرتشفوف الثاني على الدارة المجاورة

نجد أن:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = - \frac{Q}{RC}$$

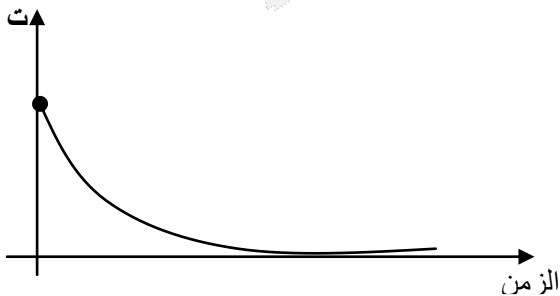
والإشارة السالبة تعني أن شحنة المواسع تتناقص مع الزمن وكذلك جهده .

ويمكن رسم العلاقة بين الشحنة على المواسع والزمن اللازم لتفريغه أثناء عملية التفريغ.



العلاقة بين تناقص الشحنة في
المواسع مع الزمن أثناء عملية التفريغ

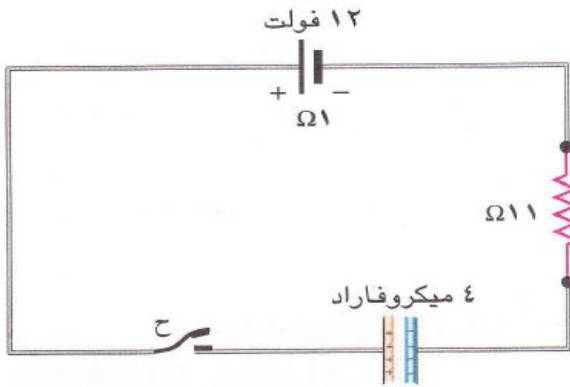
ومن المعادلة السابقة نلاحظ أنه تزداد سرعة تناقص الشحنة كلما قلت قيمة المقاومة (أو المقدار $(S \times M)$) وبالتالي يتناقص التيار الكهربائي (تيار التفريغ) إلى أن يصل صفراً (فرق الجهد بين طرفي المواسع صفراً)



العلاقة بين التيار المار في الدارة والزمن أثناء عملية التفريغ

مثال (٣٦) :

بالإعتماد على البيانات المدونة في الشكل المجاور، ثم بعد إغلاق المفتاح، جد:



- ١- تيار الشحن لحظة إغلاق المفتاح .
- ٢- شحنة المواسع عندما يكون معدل نمو الشحنة بالنسبة للزمن يساوي ربع قيمته العظمى .
- ٣- أعظم طاقة تختزن في المواسع .
- ٤- فرق الجهد بين طرفي المقاومة الخارجية ، عندما تكون شحنة المواسع تساوي نصف قيمتها العظمى .

الحل :

$$١- \left(\frac{\text{دش}}{\text{دز}} \right) \text{ لحظة الإغلاق} = \frac{\text{قد}}{\text{م}} = \frac{١٢}{١١ + ١} = ١ \text{ أمبير} .$$

$$٢- \frac{\text{دش}}{\text{دز}} = \frac{١}{٤} \left(\frac{\text{دش}}{\text{دز}} \right) \text{ عظمى} = ١ \times \frac{١}{٤} = \frac{١}{٤} \text{ أمبير} .$$

$$\frac{\text{دش}}{\text{دز}} = \frac{\text{قد}}{\text{م}} - \frac{\text{ش}}{\text{سم}} \Rightarrow \frac{١٢}{١٢ \times ١٠^{-١٠} \times ٤} - \frac{١٢}{١٢} = \frac{١}{٤}$$

$$\text{ش} = ٣٦ \times ١٠^{-١٠} \text{ كولوم}$$

$$٣- \text{ط} = \frac{١}{٢} \times \frac{\text{ش}^2 \text{ عظمى}}{\text{سم}} , \text{ ش عظمى} = \text{قد سم} \Rightarrow \text{ش عظمى} = ١٢ \times ٤ \times ١٠^{-١٠} = ٤٨ \times ١٠^{-١٠} \text{ كولوم}$$

$$\text{ط} = \frac{١}{٢} \times \frac{(٤٨ \times ١٠^{-١٠})^2}{١٠^{-١٠} \times ٤} = ٢٨٨ \times ١٠^{-١٠} \text{ جول}$$

$$٤- \text{فرق الجهد} = \text{ت} \times \text{م ح} = \left(\frac{\text{دش}}{\text{دز}} \right) \text{ عند اللحظة المطلوبة " الشحنة تساوي نصف الشحنة العظمى "}$$

$$\text{ش} = \frac{١}{٢} \text{ ش عظمى} = ٠.٥ \times ٤٨ \times ١٠^{-١٠} = ٢٤ \times ١٠^{-١٠} \text{ كولوم}$$

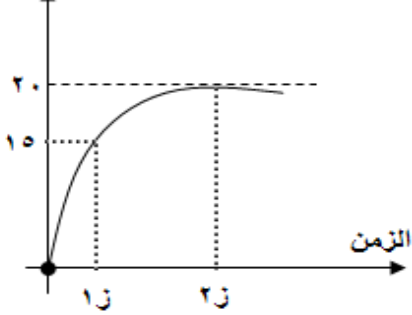
$$\frac{\text{دش}}{\text{دز}} = \frac{\text{قد}}{\text{م}} - \frac{\text{ش}}{\text{سم}} \Rightarrow \frac{\text{دش}}{\text{دز}} = ١ - \frac{٢٤ \times ١٠^{-١٠}}{١٠^{-١٠} \times ٤ \times ١٢} = ٠.٥ \text{ أمبير}$$

$$\text{فرق الجهد} = ١١ \times ٠.٥ = ٥.٥ \text{ فولت}$$

مثال (٣٧) :

يمثل الشكل المجاور العلاقة بين زمن الشحن والشحنة على المواسع في أثناء عملية الشحن في دائرة تحتوي مواسعا مواسعته ٢ ميكرو فاراد يتصل على التوالي مع مقاومة خارجية ٩٨ أوم وبطارية قد ومقاومتها الداخلية ٢ أوم، جد :
١- قد .

ميكروكولوم



٢- القيمة العظمى لتيار الشحن .

٣- معدل نمو الشحنة بالنسبة للزمن عند الزمن ١٠ .

الحل :

١- ش عظمى = قد س

$$٢٠ \times ١٠^{-٦} = قد \times ٢ \times ١٠^{-٦} \Rightarrow قد = ١٠ \text{ فولت}$$

$$٢- \left(\frac{\text{دش}}{\text{دز}} \right) \text{ لحظة الإغلاق} = \frac{\text{قد}}{\text{م}} = \frac{١٠}{١٠٠} = ٠.١ \text{ أمبير}$$

$$٣- \frac{\text{دش}}{\text{دز}} = \frac{\text{قد}}{\text{م}} - \frac{\text{ش}}{\text{س م}} \Rightarrow \frac{\text{دش}}{\text{دز}} = \frac{١٠}{١٠٠} - \frac{١٥}{٢ \times ١٠^{-٦} \times ١٠٠} = ٠.٧٥ - ٠.٠٢٥ = ٠.٧٢٥ \text{ أمبير}$$

مثال (٣٨) :

مواسع سعته ١٠ ميكوفاراد وصل على التوالي مع مقاومة مقدارها ١٠ أوم ثم وصلت المجموعة إلى مصدر فرق جهد مقداره ١٠ فولت أوجد ما يلي :

١- شدة تيار الشحن لحظة غلق الدارة .

٢- الشحنة النهائية على المواسع .

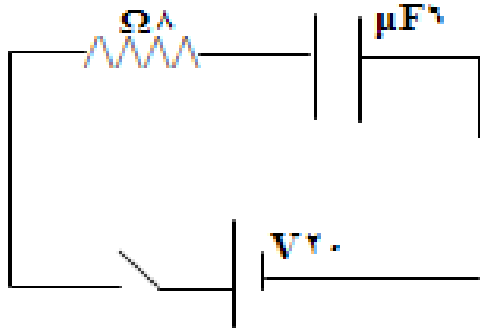
٣- شدة التيار الشاحن عندما تصل شحنة المواسع إلى خمس قيمتها العظمى .

مسائل

- ١- مواسع سعته ١٢ ميكروفاراد وصل على التوالي مع مجموعة من المقاومات مقدارها م وبطارية مقاومتها الداخلية مهملة و قد = ١٢ فولت فإذا علم أن أكبر قيمة لتيار الشحن للمواسع 10×10^{-6} كولوم/ث أوجد :
- ١- مقدار م .
- ٢- معدل نمو الشحنة عندما تصبح شحنة المواسع ربع قيمتها العظمى .
- ٣- فرق الجهد بين طرفي المقاومة م عندما تكون الشحنة على المواسع خمس قيمتها العظمى .
- الاجابة ($1 = 10 \times 10^{-6}$ أوم ، $2 = 10 \times 10^{-6}$ كولوم/ث ، $3 = 9.6$ فولت)
- ٢- مواسع مواسعته 4×10^{-6} فاراد، موصول مع بطارية قوتها الدافعة ٥ فولت ضمن دائرة مقاومتها المكافئة ٢٠ أوم و وفي لحظة ما ، كان المواسع مشحون جزئياً ويحتاج إلى شحنة مقدارها 8×10^{-6} كولوم حتى يشحن كلياً ، أوجد عند هذه اللحظة :
- ١- تيار الشحن .
- ٢- الطاقة المختزنة داخل المواسع .
- الاجابة ($1 = 0.1$ أمبير ، $2 = 10 \times 10^{-6}$ جول)
- ٣- دائرة كهربائية تحتوي على مواسع (س) ومقاومة (م) وبطارية (قد) موصولة على التوالي أثبت أن معدل نمو الشحنة في الدائرة عندما تكون الشحنة على المواسع تساوي ربع قيمتها العظمى يعطى بالعلاقة :

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{Q}{RC}$$

٤- اعتماداً على المعلومات المثبتة على الدائرة أوجد :



١- معدل نمو الشحنة لحظة الإغلاق .

٢- أكبر طاقة تختزن داخل المواسع

الاجابة ($1 = 0.25$ أمبير ، $2 = 10 \times 10^{-6}$ جول)

الأستاذ أحمد مكحول

٠٧٨٨٥٥٤٧١٣

٠٧٧٩٣٧٥٧١١

مهارات الفيزياء (المستوى الثالث)

التيار الكهربائي

٥- وصل مواسع موسعته (٣ ميكروفاراد) على التوالي مع بطارية ضمن دائرة مقاومتها المكافئة (20Ω) فكانت شحنته العظمى (٣٠ ميكروكولوم) ، في اللحظة التي تكون قيمة الشحنة نصف قيمتها العظمى احسب:

١- قراءة الفولتميتر إذا وضع بين طرفي المواسع الكهربائي.

٢- قراءة الأميتر في الدارة.

٣- الطاقة المخزنة في المواسع.

الاجابة : (١ = ٥ فولت ، ٢ = ٠.٢٥ أمبير ، ٣ = $10 \times 37.5 \times 10^{-6}$ جول)