

مراجعة بعض قوانين المحصلة

أولاً:



(١) إذا كانت القوتان متعاكستان فإن المحصلة مقداراً هي :

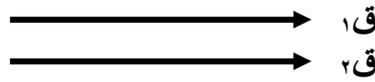
$$ح = ق \text{ كبرى} - ق \text{ صغرى}$$

ويكون اتجاهها باتجاه القوة الأكبرى .

(٢) إذا كانت القوتين بنفس الاتجاه فإن محصلتها مقداراً هي :

$$ح = ق١ + ق٢$$

ويكون اتجاه المحصلة بنفس الاتجاه .



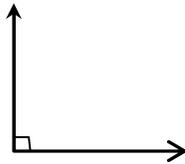
(٣) إذا كانت القوتان متعامدتان فإن محصلتهما مقداراً هي :

$$ح = \sqrt{ق١^2 + ق٢^2}$$

ويكون اتجاه المحصلة من القانون

$$\tan \theta = \frac{ق١}{ق٢}$$

حيث (θ) الزاوية المحصورة بين ح و ق١ .



(٤) إذا كانت القوتان متساويتان مقداراً وتفصلهما زاوية θ فإن المحصلة مقداراً هي :

$$ح = ق٢ \text{ جتا } \left(\frac{\theta}{٢} \right)$$

ويكون اتجاه المحصلة هو $\left(\frac{\theta}{٢} \right)$

ثانياً: محصلة عدة قوى متلاقية :

(١) نحلل القوة المؤثرة والتي تميل عن المحاور بزاوية θ .

(٢) نجمع المركبات التي تؤثر بنفس الاتجاه .

(٣) نطرح المركبات المتعاكسة .

(٤) نطبق العلاقة

$$ح = \sqrt{ق١^2 + ق٢^2}$$

مقداراً واتجاهاً يكون $\theta = \tan^{-1} \left(\frac{ق١}{ق٢} \right)$

تحليل المتجهات إلى مركبتين أفقية وعمودية :

المركبة السينية قس = ق جـهـ	المركبة السينية قس = ق جـتـهـ
المركبة الصادية قح = ق جـتـهـ	المركبة الصادية قح = ق جـاهـ

تحويلات مهمة :

غم = ١٠ ^{-٣}
ملي = ١٠ ^{-٣}
سم = ١٠ ^{-٢}
سم ^٢ = ١٠ ^{-٤}
سم ^٣ = ١٠ ^{-٦}
ميكرو = ١٠ ^{-٦}
نانو = ١٠ ^{-٩}
بيكو = ١٠ ^{-١٢}

* الطاقة الحركية طح = $\frac{1}{2} ك ع^٢$

* التغير في الطاقة الحركية $\Delta طح = \frac{1}{2} ك (ع٢ - ع١٢)$

* عند الاتزان يكون :

قح = صفر ، قس = صفر

* الوزن (و) = الكتلة (ك) × تسارع السقوط الحر (ج)

* عندما يتحرك الجسم يكون :

قح = ك × ت حيث ك : كتلة الجسم ، ت : تسارع الجسم

الفصل الأول / المجال الكهربائي

تكميم (تكمية) الشحنة : تعني أن مقدار الشحنة الموجبة أو السالبة التي يمكن أن يشحن بها جسم ما تساوي شحنة الإلكترون أو إحدى مضاعفاتها .

$$q_{\text{جسم}} = N \times e$$

حيث : N : عدد صحيح يمثل عدد الإلكترونات (١، ٢، ٣،) .
 e : شحنة الإلكترون وقيمتها (١,٦ × ١٠^{-١٩}) كولوم .

ملاحظات:

- ١) تتكون المادة من ذرات ومن مكونات الذرة بروتونات موجبة الشحنة والكترونات سالبة الشحنة .
- ٢) أصغر شحنة حرة في الطبيعة هي شحنة الالكترون ولذلك تسمى الشحنة الأساسية .
- ٣) في الذرة المتعادلة يكون عدد الالكترونات يساوي عدد البروتونات .
- ٤) الجسم المشحون بشحنة موجبة لا يعني عدم وجود شحنة سالبة عليه ولكن الموجبة أكثر والعكس صحيح .
- ٥) إذا كانت شحنة جسم سالبة يعني أنه اكتسب إلكترونات وإذا كانت شحنته موجبة يعني أنه فقد إلكترونات وذلك لأن شحنة الإلكترون سالبة .
- ٦) في الكهرباء الساكنة الشحنات السالبة هي التي تنتقل أما الشحنات الموجبة لا تنتقل .

سؤال : اذكر نص قانون حفظ الشحنة الكهربائية ؟

جواب : في أي نظام معزول عن تأثير شحنات أخرى يكون المجموع الكلي للشحنة ثابتاً خلال عملية الشحن .

مثال (١) : فقد جسم (٤ × ١٠^{٢١}) إلكترون ما نوع وكمية شحنته .
الحل :

$$q_{\text{جسم}} = N \times e$$

$$4 \times 10^{21} \times 1,6 \times 10^{-19} =$$

$$q_{\text{جسم}} = 6,4 \times 10^{-8} \text{ كولوم (موجبة)}$$

مثال (٢) : هل يمكن أن تكون شحنة جسم مقدارها (٢,٤ × ١٠^{-١٩}) كولوم ؟ وضح اجابتك .

الحل :

$$N = \frac{q_{\text{جسم}}}{e} = \frac{2,4 \times 10^{-19}}{1,6 \times 10^{-19}} = 1,5$$

لا ، لأن شحنة الجسم ليست من مضاعفات شحنة الإلكترون . (الشحنة لا تتبع مبدأ تكمية الشحنة)

قانون كولوم

تمكن العالم كولوم باستخدام جهاز يدعى ميزان اللي من التوصل إلى العوامل التي تعتمد عليها القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين كهربائيتين . وهي :

- (١) مقدار كل من الشحنتين (q_1 ، q_2) والعلاقة طردية .
- (٢) مربع المسافة بين الشحنتين (r) والعلاقة عكسية .
- (٣) نفاذية الوسط الكهربائية (ϵ) والعلاقة عكسية .

وقد صاغ كولوم قانونه الذي ينص على أن :

" تتناسب القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين موضوعتين في الهواء تناسباً طردياً مع حاصل ضرب مقدار الشحنتين وعكسياً مع مربع المسافة بينهما "

ويسمى قانون كولوم
قانون التربيع العكسي

$$F = \frac{q_1 \times q_2}{r^2}$$

أن ق : القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين بالنيوتن .

أ : ثابت يسمى ثابت كولوم = $\frac{1}{4\pi\epsilon}$ ، ويعتمد على طبيعة الوسط الفاصل بين الشحنتان .

ϵ : سماحية الوسط المحيط بالشحنتان (نفاذية الوسط) وإذا كانت الشحنتان موضوعة في الهواء أو الفراغ فإن $\epsilon = \epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ كولوم^٢ / نيوتن.م^٢ فيكون $\epsilon = 9 \times 10^9$ نيوتن.م^٢ / كولوم^٢ .

$$F = \frac{q_1 \times q_2}{r^2} = 9 \times 10^9$$

q_1 : الشحنة الأولى بالكولوم . q_2 : الشحنة الثانية بالكولوم .
ف : المسافة بين الشحنتين بالمتر .
(٣) الشحنة النقطية : هي شحنة صغيرة الأبعاد ولا تأخذ حيزاً .

المجال الكهربائي الناشئ عن شحنات نقطية

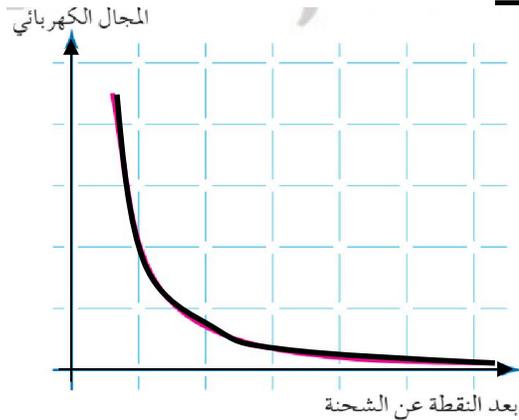
ويعرف المجال الكهربائي في نقطة (\vec{M}) بأنه : القوة المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة عند تلك النقطة .

$$\vec{M} = \frac{\vec{Q}}{r^2}$$

$$\vec{M} = \frac{9 \times 10^9}{r^2} \cdot \frac{Q}{F}$$

يقاس المجال الكهربائي بوحدة نيوتن / كولوم

العلاقة البيانية بين المجال الكهربائي وبعد النقطة عن الشحنة



ملاحظات :

- (١) شدة المجال الكهربائي (\vec{M}) كمية متجهة أي لها مقدار ولها اتجاه .
- (٢) النقطة المطلوب إيجاد شدة المجال عندها لا يوجد فيها شحنة ونحن نفرض فيها شحنة اختبار موجبة .
- (٣) لحساب المجال من عدة شحنات نقطية عند نقطة نجد مجال كل شحنة مقدراً واتجاهاً ثم نجد المحصلة للمجالات .
- (٤) دائماً نعوض قيمة الشحنة موجبة لحساب شدة المجال .
- (٥) الشحنة الموجبة تتسارع باتجاه المجال الكهربائي ، والشحنة السالبة تتسارع عكس اتجاه المجال الكهربائي .
- (٦) يتناسب المجال الكهربائي طردياً مع مقدار الشحنة المولدة للمجال وعكسياً مع مربع المسافة بين الشحنة المؤثرة والنقطة المراد حساب المجال عندها .

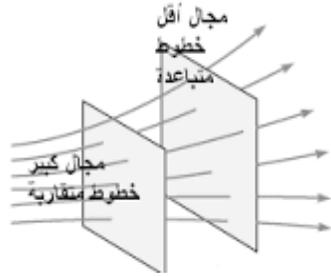
سؤال : ماذا نقصد بقولنا أن المجال الكهربائي في نقطة (٤٠٠) نيوتن/كولوم ؟

جواب : أي عند وضع شحنة نقطية قدرها (١) كولوم في تلك النقطة تتأثر بقوة قدرها (٤٠٠) نيوتن .

خطوط المجال الكهربائي

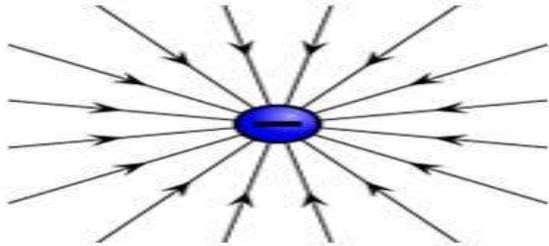
ويعرف خط المجال الكهربائي بأنه : خط وهمي يمثل المسار الذي تسلكه شحنة الاختبار (صغيرة موجبة) حرة الحركة في المجال الكهربائي .

وهذه الخطوط لها عدة خصائص وهي :

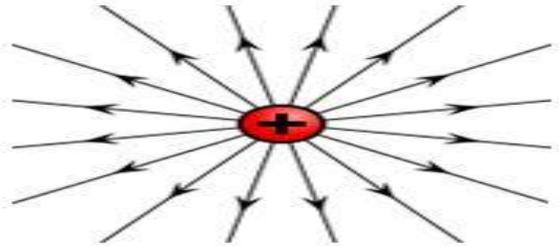


- ١) خطوط المجال الكهربائي خطوط وهمية .
- ٢) يدل اتجاه المماس لخط المجال عند أي نقطة على اتجاه المجال الكهربائي عند تلك النقطة .
- ٣) ترسم الخطوط بحيث تكون دائماً خارجة من الشحنة الموجبة وداخله للشحنة السالبة .
- ٤) خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع أبداً . لأنها لو تقاطعت لكان للمجال أكثر من اتجاه في نقطة واحدة وهذا مستحيل .
- ٥) تقترب من بعضها كلما زادت قيمة المجال وتبتعد عن بعضها كلما قلت قيمة المجال .

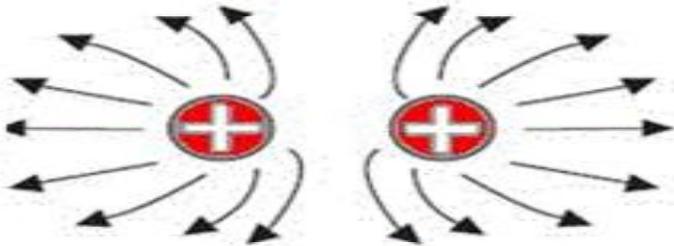
بعض اشكال خطوط المجال الكهربائي :



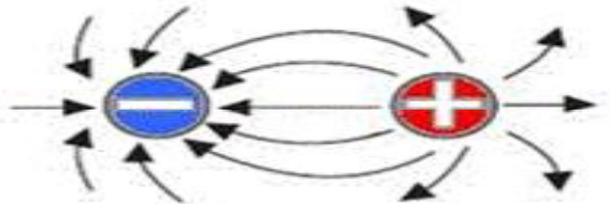
خطوط المجال الكهربائي لشحنة سالبة مفردة



خطوط المجال الكهربائي لشحنة موجبة مفردة



خطوط المجال الكهربائي لشحنتين موجبتين



خطوط المجال الكهربائي لشحنتين مختلفتين

سؤال (علل) : تستخدم شحنة اختبار صغيرة لقياس المجال الكهربائي ؟

جواب : وذلك لأنها تستخدم في تخطيط المجال الكهربائي وقياس شدته ، ويجب أن تكون صغيرة جداً حتى لا تؤدي لإحداث أي تغيير في شدة المجال الكهربائي المراد قياسه .

سؤال (علل) : تشكل الموصلات درعاً واقياً لحماية الأجهزة من المجالات الكهربائية الخارجية ؟

جواب : عند وضع الموصل في مجال خارجي تتأثر الالكترونات حرة الحركة بقوة كهربائية تدفعها للحركة بعكس اتجاه المجال الكهربائي المؤثر ، فيشحن الموصل بالحث وتتوزع الشحنات على السطح الخارجي للموصل فينشأ داخل الموصل مجال كهربائي مساوٍ للمجال الخارجي ومعاكس بالاتجاه فيصبح المجال المحصل صفراً .

مثال (١) : شحنتان نقطيتان مقدار الشحنة الأولى μC (-٥) والثانية μC (-٤) ، تفصلهما مسافة (٢, ٠) سم في الهواء احسب :

- (١) شدة المجال الكهربائي في نقطة منتصف المسافة بينهما .
(٢) القوة المؤثرة على شحنة قدرها (٢) ميكروكولوم وضعت في نقطة منتصف المسافة بينهما .

الحل :

$$m_1 - m_2 = m$$

$$9 \times 10^9 \times 36 - 9 \times 10^9 \times 45 =$$

$$9 \times 10^9 \text{ نيوتن/كولوم}$$

(نحو اليمين)

$$r_1 \quad r_2 \quad \leftarrow + \rightarrow \quad r_1 \quad r_2$$

$$Q = m \times r = 9 \times 10^9 \times 2 = 1.8 \times 10^{10} \text{ نيوتن (نحو س+)}$$

$$1.8 \times 10^{10} \text{ نيوتن}$$

$$m = \frac{q_1 \times q_2}{r^2}$$

$$m_1 = \frac{9 \times 10^9 \times 36}{(1.0)^2} = 3.24 \times 10^{11} \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$m_2 = 9 \times 10^9 \times 45 = 4.05 \times 10^{11} \text{ نيوتن/كولوم}$$

(نحو اليمين)

$$m_3 = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 9 \times 10^9}{(1.0)^2} = 3.24 \times 10^{10} \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$3.24 \times 10^{10} \text{ نيوتن/كولوم}$$

(نحو اليسار)

مثال (٢) : شحنتان نقطيتان $r_1 = 36 \mu\text{C}$ ، $r_2 = -64 \mu\text{C}$ ، المسافة بينهما (١٠) سم أوجد المجال الكهربائي عند نقطة تبعد مسافة (٦) سم عن الشحنة الأولى و (٨) سم عن الشحنة الثانية .

الحل :

$$m = 2 \times 2.5 \times 10^9$$

$$2 \times 9 \times 10^9 \times 0.7 =$$

$$12.6 \times 10^9 \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$\theta = 45^\circ$$

ويمكن تطبيق نظرية فيثاغورس أيضاً لإيجاد المحصلة .

$$m = \frac{q_1 \times q_2}{r^2}$$

$$m_1 = \frac{9 \times 10^9 \times 36 \times 9 \times 10^9}{(1.0)^2} = 3.24 \times 10^{11} \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$9 \times 10^9 \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$m_2 = \frac{9 \times 10^9 \times 64 \times 9 \times 10^9}{(1.0)^2} = 5.184 \times 10^{11} \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$9 \times 10^9 \text{ نيوتن/كولوم}$$

مثال (٣) : شحنة نقطية في الهواء المجال الناتج عند نقطة تبعد مسافة (١٠) سم عنها هو (1×10^9) نيوتن/كولوم جد المجال الناتج عند نقطة تبعد (٣٠) سم عن الشحنة .

الحل :

$$\frac{m_2}{r_2^2} = \frac{m_1}{r_1^2}$$

$$\frac{1 \times 10^9}{(1.0)^2} = \frac{m_2}{(3.0)^2}$$

$$m_2 = \frac{1 \times 10^9 \times 9}{1} = 9 \times 10^9 \text{ نيوتن/كولوم}$$

مثال (٤) : يبين الشكل العلاقة بين المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية والبعد عنها . معتمداً على الشكل جد :

- (١) المجال الكهربائي عند نقطة تبعد (٣٠) سم عن الشحنة .
- (٢) مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة (١ × ١٠^{-١}) كولوم توضع عند نقطة تبعد (٢٠) سم عن الشحنة .
- (٣) الشحنة الكهربائية المولدة للمجال .

الحل :

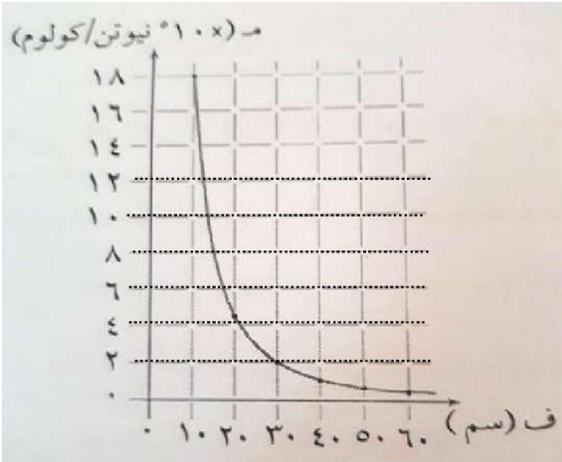
$$(١) \quad m = ١٠ \times ٢ \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$(٢) \quad q = m \times \sqrt{f} = ١٠ \times ٤ = ٤ \times ١٠^{-١} \text{ نيوتن}$$

$$(٣) \quad m = \frac{١٠ \times ٩}{٢ \sqrt{f}}$$

$$\frac{١٠ \times ٩}{٢ \sqrt{١٠ \times ٩}} = ١٠ \times ٢$$

$$\sqrt{f} = ٢ \times ١٠^{-١} \text{ كولوم}$$



مثال (٥) : شحنتان نقطيتان مقدار الشحنة الأولى (٢ × ١٠^{-١}) كولوم ومقدار الشحنة الثانية (٥٠ × ١٠^{-١}) كولوم

وضعتا في الهواء على بعد (٥, ٠) سم من بعضهما ، جد :

- (١) المجال الكهربائي على الخط الواصل بين الشحنتين في نقطة تبعد (٢, ٠) سم عن الشحنة الأولى .
- (٢) بعد النقطة التي يندمج عندها المجال المحصل عن الشحنة الأولى في الحالتين :

(ب) إذا كانت الشحنة الأولى موجبة والثانية سالبة .

(أ) إذا كانت الشحنتان موجبتان .

الحل :

بالضرب التبادلي $\frac{٥}{(ص - ٠,٥)} = \frac{١}{ص}$

$٥ ص = ص - ٠,٥$ ومنها $ص = \frac{٠,٥}{٦}$ سم

(ب) $ص = ص$

$$\frac{٢\sqrt{ص}}{(ص + ف)} = \frac{١\sqrt{ص}}{(ص)}$$

$$\frac{١ - ١٠ \times ٥٠}{(ص + ٠,٥)} = \frac{١ - ١٠ \times ٢}{(ص)}$$

بالقسمة على ٢ ثم أخذ جذر الطرفين

بالضرب التبادلي $\frac{٥}{(ص + ٠,٥)} = \frac{١}{ص}$

$٥ ص = ص + ٠,٥$

$٤ ص = ٠,٥$ ومنها $ص = \frac{٠,٥}{٤}$ سم

$$(١) \quad m = \frac{١٠ \times ٩}{٢ \sqrt{f}}$$

$$\frac{١٠ \times ٩}{٢ \sqrt{١٠ \times ٩}} = ١٠$$

$$١٠ \times ٤٥ = ١٠ \times ٤٥ \text{ نيوتن/كولوم (نحو اليسار)}$$

$$\frac{١٠ \times ٥٠ \times ١٠ \times ٩}{٢ \sqrt{١٠ \times ٥٠ \times ١٠ \times ٩}} = ١٠$$

$$١٠ \times ٥٠٠ = ١٠ \times ٥٠٠ \text{ نيوتن/كولوم (نحو اليمين)}$$

$$١٠ \times ٤٥ = ١٠ \times ٥٠٠$$

$$١٠ \times ٤٥٥ = ١٠ \times ٤٥٥ \text{ نيوتن/كولوم (نحو اليمين)}$$

(٢) (أ) $ص = ص$

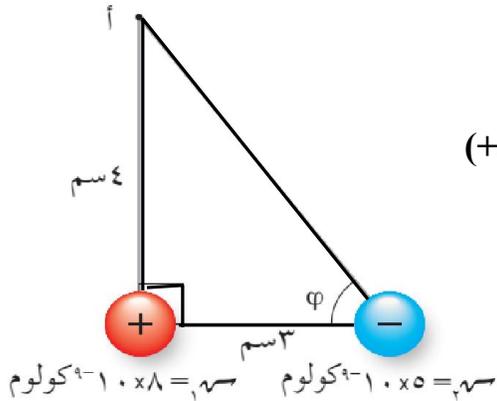
$$\frac{٢\sqrt{ص}}{(ص - ف)} = \frac{١\sqrt{ص}}{(ص)}$$

$$\frac{١ - ١٠ \times ٥٠}{(ص - ٠,٥)} = \frac{١ - ١٠ \times ٢}{(ص)}$$

بالقسمة على ٢ ثم أخذ جذر الطرفين

مثال (٦) : شحنتان نقطيتان موضوعتان في الهواء $r_1 = 8$ نانوكولوم ، $r_2 = 5$ نانوكولوم ، كما في الشكل ، أوجد المجال الكهربائي عند النقطة (أ) مقداراً واتجهاً .

الحل :



$$r = \frac{1.0 \times 9}{r^2} = m$$

$$r_1 = \frac{1.0 \times 8 \times 1.0 \times 9}{1.0 \times 16} = 1.0 \times 4.5 = 4.5 \text{ نيوتن/كولوم (ص)}$$

$$r_2 = \frac{1.0 \times 5 \times 1.0 \times 9}{1.0 \times 25} = 1.0 \times 1.8 = 1.8 \text{ نيوتن/كولوم}$$

وباتجاه يصنع زاوية (β) مع محور (+س)

ولايجاد المحصلة نقوم بتحليل (r_2) إلى مركبتين

$$r_{2x} = r_2 \cos \beta = 1.8 \times \frac{3}{5} = 1.08 \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$r_{2y} = r_2 \sin \beta = 1.8 \times \frac{4}{5} = 1.44 \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$\boxed{r_{2x} = 1.08 \text{ نيوتن/كولوم}}$$

$$\boxed{r_{2y} = 1.44 - 4.5 = -3.06 \text{ نيوتن/كولوم}}$$

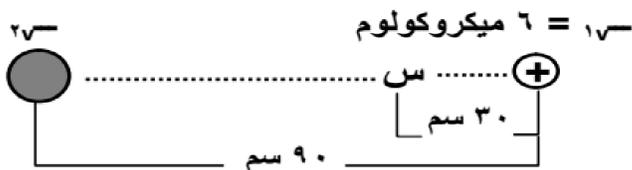
$$\approx 3.0 \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$r = \sqrt{(1.08)^2 + (3.0)^2} = 3.1 \text{ نيوتن/كولوم}$$

وباتجاه يصنع زاوية (θ) مع محور السينات الموجب وتكون

$$\theta = \frac{3}{1} = \frac{3}{1} = 71.5^\circ$$

مثال (٧) : شحنتان موضوعتان في الهواء البعد بينهما (٩٠) سم ، إذا علمت أن المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (س) يساوي صفراً ، ومعتمداً على البيانات المثبتة في الشكل فجد مقدار الشحنة الثانية (r_2) ، وما نوعها ؟



الحل : نحسب أولاً المجال عند النقطة س من الشحنة الأولى

$$r_1 = \frac{1.0 \times 9}{r^2} = \frac{1.0 \times 6 \times 1.0 \times 9}{1.0 \times 9} = 1.0 \times 6 = 6 \text{ نيوتن/كولوم نحو س-}$$

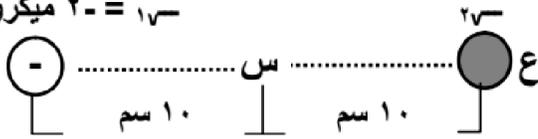
حتى يكون المجال المحصل عند س صفراً يجب أن تكون (r_2) موجبة حتى تؤثر على س بمجال قدره (1.0×6) نحو س+

$$r_2 = \frac{1.0 \times 9}{r^2} = 1.0 \times 6 \text{ ومنها } \frac{1.0 \times 9}{r^2} = 6 \text{ فتكون } r_2 = 24 \text{ كولوم } = 24 \text{ ميكروكولوم}$$

مثال (٨) : وضعت شحنة (-2×10^{-10}) كولوم على بعد (10) سم من النقطة س كما في الشكل احسب مقدار الشحنة

الواجب وضعها عند النقطة (ع) ، وحدد نوعها ليكون مقدار المجال المحصل عند النقطة (س) مساوياً

(4×10^{-10}) نيوتن/كولوم واتجاهه نحو النقطة (ع) . $17 = -2$ ميكروكولوم



الحل : نحسب أولاً المجال عند النقطة س من الشحنة الأولى

$$E_1 = \frac{k \cdot q_1}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-10}}{(10)^2} = \frac{18 \times 10^{-1}}{100} = 1.8 \times 10^{-2} \text{ نيوتن/كولوم نحو س}$$

حتى تكون محصلة المجالات نحو النقطة (ع) يجب أن تكون الشحنة الثانية سالبة ومجالها أكبر

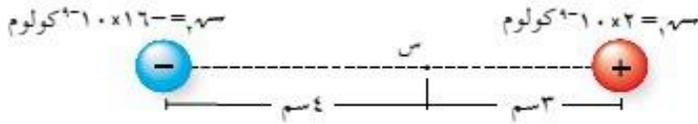
$$E_2 = E_1 \quad \leftarrow \quad E_2 = E_1 + E_3 \quad \leftarrow \quad E_3 = E_2 - E_1 = 1.8 \times 10^{-2} - 1.8 \times 10^{-2} = 0$$

$$E_3 = \frac{k \cdot q_3}{r^2} = 1.8 \times 10^{-2} \quad \text{ومنها} \quad 1.8 \times 10^{-2} = \frac{9 \times 10^9 \cdot q_3}{(10)^2} \quad \text{فتكون} \quad q_3 = \frac{1.8 \times 10^{-2} \times 100}{9 \times 10^9} = 2 \times 10^{-10} \text{ كولوم} = 2 \text{ ميكروكولوم}$$

مثال (٩) : يبين الشكل شحنتين نقطيتين موضوعتين في الهواء بالإعتماد على البيانات جد :

(١) المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (س) .

(٢) القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة (٢) بيكوكولوم توضع عند النقطة (س) مقدراً واتجاهاً .

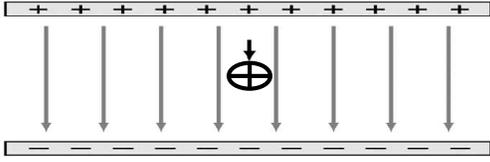


الحل :

.....

حركة شحنة في مجال كهربائي منتظم

المجال الكهربائي المنتظم : هو المجال الثابت في المقدار والاتجاه وتكون خطوطه مستقيمة متوازية .
وينشأ المجال الكهربائي المنتظم عند شحن صفيحتين موصلتين متوازيتين إحداهما بشحنة موجبة والأخرى بشحنة سالبة فتتوزع الشحنة على سطحيهما بانتظام فينشأ بينهما مجال منتظم .



* الكثافة السطحية للشحنة (σ) : كمية الشحنة (q) لكل وحدة مساحة (أ) .

وتقاس σ بوحدة كولوم/م²

$$\sigma = \frac{q}{A}$$

ويتناسب المجال الكهربائي طردياً مع الكثافة السطحية للشحنة حيث :

$$\sigma = \epsilon \cdot E$$

* إذا وضع جسيم مشحون (e^- / p^+ / أيون ،) في مجال كهربائي منتظم فإنه يتأثر بالمجال بقوة كهربائية ثابتة مقداراً واتجاهاً وعندما يتحرك الجسيم فإنه يكتسب تسارعاً ثابتاً مقداراً واتجاهاً بحيث أن :

$$(ق ح = \vec{m} \times \vec{v}_{جسيم} = ك \times ت)$$

$$\vec{m} \times \vec{v} = ك \cdot ت$$

وبذلك فإن

سؤال : أذكر العوامل التي يعتمد عليها تسارع جسيم داخل مجال كهربائي منتظم .
جواب : (١) مقدار المجال الكهربائي . (٢) مقدار شحنة الجسيم . (٣) مقدار كتلة الجسيم .

* إذا كانت الشحنة موجبة فإنها تتحرك باتجاه المجال وإذا كانت الشحنة سالبة فإنها تتحرك عكس اتجاه المجال بفعل قوة المجال .

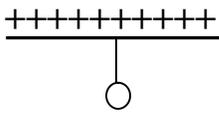
* القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة المتحركة قوة محافظة ولذلك يكون النظام محافظ .

* نطبق معادلات الحركة بتسارع ثابت على حركة الشحنات في المجال الكهربائي :

$$\begin{aligned} ٢ع &= ١ع + ت ز \\ ف &= ١ع ز + \frac{١}{٢} ت ز^٢ \\ (٢ع)^٢ &= (١ع)^٢ + ٢ ت ف \end{aligned}$$

سؤال : هل يعد المجال الكهربائي الناجم عن الشحنة النقطية مجالاً منتظماً؟ فسر اجابتك .
جواب : لا ، لأن قيمة المجال تختلف من نقطة إلى أخرى وله اتجاهات مختلفة حول الشحنة النقطية .

مثال (١) : لوحان معدنيان متوازيين بشكل أفقي ، شدة المجال الكهربائي بينهما (٤×10^2) نيوتن/كولوم علقت كتلة



مقدارها (١,٠) غم وشحنتها (٢) ميكروكولوم كما في الشكل ، احسب قوة الشد في الخيط .

الحل :

$$Q_{\text{محصلة}} = \text{صفر}$$

$$Q_{\text{شد}} - (Q_{\text{ك}} + Q_{\text{و}}) = \text{صفر}$$

$$Q_{\text{شد}} = Q_{\text{ك}} + Q_{\text{و}}$$

$$m \times g + \sqrt{\text{ك}} \times \text{ج} =$$

$$= 10 \times 4 + 10^{-6} \times 2 \times 10^{-10} + 10 \times 1 =$$

$$= 18 \times 10^{-6} \text{ نيوتن}$$

مثال (٢) : تحرك جسيم يحمل شحنة مقدارها (١٠) ميكروكولوم وكتلته (٢,٠) غم مسافة مقدارها (٢٠) سم من السكون

بفعل مجال كهربائي منتظم مقداره (2×10^2) نيوتن/كولوم عمودي على اتجاه الحركة . احسب :

(١) القوة التي يؤثر بها المجال على الجسيم .

(٢) تسارع الجسيم أثناء حركته في المجال .

(٣) سرعة الجسيم النهائية .

الحل :

$$(١) Q_{\text{ك}} = m \times a = 10 \times 2 = 2 \times 10^{-10} \text{ نيوتن}$$

$$= 20 \times 10^{-6} \text{ نيوتن}$$

$$(٢) t = \frac{Q_{\text{ك}}}{\text{ك}} = \frac{20 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-10}} = 10^5 \text{ م/ث}^2$$

$$(٣) E^2 = v^2 E + 2 + 0 = 10 \times 20 \times 10^{-10} + 0 = 2 \times 10^{-9} \text{ م/ث}^2$$

مثال (٣) : اترن جسم كتلته (10^{-13}) كغم رأسياً في مجال كهربائي منتظم شدته (10^4) نيوتن/كولوم بشكل رأسي تحت

تأثير وزنه وقوة المجال احسب :

(١) شحنة الجسم .

(٢) إذا عكس اتجاه المجال احسب تسارع الجسم .

(٣) إذا استخدمنا صفيحتين لهما نصف المساحة ، فكيف نغير الشحنة على الصفيحتين ليبقى الجسم متزاناً .

الحل :

$$t = \frac{m \times g}{\text{ك}} + \frac{10^{-13} \times 10^4}{10^{-10}} = 10 +$$

$$= 20 \text{ م/ث}^2$$

(٣) لبقاء الجسم متزاناً يجب الحفاظ على المجال

الكهربائي مقدراً واتجاهاً ($\sigma = \frac{Q}{A}$)

.ع

وبما أن ($\sigma = \frac{Q}{A}$) ، فإنه عندما تقل مساحة

الصفيحتين إلى النصف يجب أن تقل الشحنة إلى النصف

لكي تبقى (σ) ثابتة .

$$(١) Q_{\text{ك}} = 10^{-10} \text{ كولوم}$$

$$m = \text{ك} \times \text{ج}$$

$$\frac{10^{-13} \times 10^4}{10^{-10}} = 10 \times 10^{-10} = 10^{-9} \text{ كولوم}$$

$$(٢) Q_{\text{ك}} + Q_{\text{و}} = \text{ك} \times t$$

$$m = \sqrt{\text{ك}} \times \text{ج} = \text{ك} \times t$$

مثال (٤) : مجال كهربائي منتظم قدره (١٠ نيوتن/كولوم) باتجاه محور السينات الموجب ، اطلقت خلاله شحنة نقطية قدرها (٢×١٠^{-٩}) كولوم بسرعة ابتدائية (٢×١٠^٢) م/ث باتجاه محور السينات السالب ، فإذا كانت كتلة الشحنة النقطية $(١٠^{-٢})$ كغ . احسب :

(١) القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة .
(٢) المسافة التي تقطعها الشحنة قبل أن تتوقف .

الحل :

$$(١) \text{ ق} = \text{م} \times \text{ر} = ١٠ \times ٢ \times ١٠^{-٩} = ٢ \times ١٠^{-٨} \text{ نيوتن}$$

$$(٢) \text{ ت} = \frac{\text{ق}}{\text{ك}} = \frac{٢ \times ١٠^{-٨}}{١٠^{-٢}} = ٢ \times ١٠^{-٦} \text{ م/ث}$$

$$(٢ع) = ٢(١ع) + ٢ \text{ ت ف} \text{ ومنها صفر} = ٢ \times ٢ \times ١٠^{-٦} + ٢ \times ٢ \times ١٠^{-٦} = ٨ \times ١٠^{-٦} \text{ م}$$

مثال (٥) : صفيحتان متوازيتان مساحة كل منهما $(١ \times ١٠^{-٢}) \text{ م}^٢$ ، شحنت إحداهما بشحنة موجبة والأخرى بشحنة سالبة وكانت الشحنة الكهربائية على الصفيحة $(١,٧٧ \times ١٠^{-٩})$ كولوم ، احسب :

(١) مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين . (علماً أن $\epsilon = ٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢} \text{ كولوم}^٢/\text{نيوتن.م}^٢$)
(٢) مقدار القوة المؤثرة في شحنة (١×١٠^{-٩}) كولوم في الحيز بين الصفيحتين .
(٣) مقدار المجال الكهربائي عندما تصبح الشحنة الكهربائية مثلي ما كانت عليه على كل من الصفيحتين مع بقاء المساحة ثابتة .

الحل :

$$(١) \sigma = \frac{١,٧٧ \times ١٠^{-٩}}{١ \times ١٠^{-٢}} = ١,٧٧ \times ١٠^{-٧} \text{ كولوم/م}^٢$$

$$\text{م} = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{١,٧٧ \times ١٠^{-٧}}{٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢}} = ٢ \times ١٠^٥ \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$(٢) \text{ ق} = \text{م} \times \text{ر} = ٢ \times ١٠^٥ \times ١٠^{-٩} = ٢ \times ١٠^{-٤} \text{ نيوتن}$$

(٣) عندما تصبح الشحنة مثلي قيمتها فإن (σ) تتضاعف قيمتها وبما أن (σ) تتناسب طردياً مع المجال الكهربائي فإن قيمة المجال تتضاعف أي تصبح $\text{م} = ٤ \times ١٠^٥ \text{ نيوتن/كولوم}$

مثال (٦) : ابدأ إلكترون حركته من السكون من الصفيحة السالبة إلى الصفيحة الموجبة في مجال كهربائي منتظم بين صفيحتين متوازيتين ووصل إلى الصفيحة الموجبة خلال $(٥,١ \times ١٠^{-٨})$ ثانية ، فإذا كان البعد بين الصفيحتين (٢) سم ، جد :

(١) مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين . (٢) سرعة الإلكترون عندما يصل إلى الصفيحة الموجبة .
علماً بأن : (كتلة الإلكترون = $٩,١ \times ١٠^{-٣١}$ كغ ، شحنة الإلكترون = $١,٦ \times ١٠^{-١٩}$ كولوم)

الحل :

$$(١) \text{ ف} = \text{ر} \times \text{ز} + \frac{١}{٢} \text{ ت ز}^٢ \longleftarrow \text{م} = ٢ \times ١٠^{-٦} = \frac{١}{٢} \times \text{ت}^٢ \times ٢,٢٥ \times ١٠^{-١٦} \longleftarrow \text{ت} = ١,٧ \times ١٠^{-٨} \text{ م/ث}$$

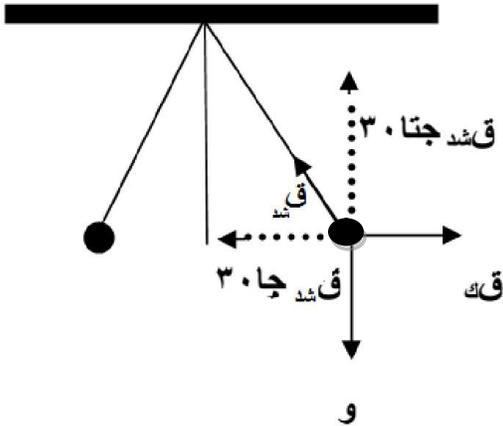
$$\text{ت} = \frac{\text{م} \times \text{ك}}{\text{ر}} \longleftarrow \text{م} = \frac{١,٧ \times ١٠^{-٨} \times ٩,١ \times ١٠^{-٣١}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}} = ١ \times ١٠^{-٢} \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$(٢) (٢ع) = ٢(١ع) + ٢ \text{ ت ف} = ٢ \times ١,٧ \times ١٠^{-٨} \times ٢ + ٢ \times ١,٧ \times ١٠^{-٨} = ١,٨ \times ١٠^{-٦} \text{ م}$$

$$\text{ر} \approx ٢,٧ \times ١٠^{-٦} \text{ م/ث}$$

مثال (٧): كرتان موصلتان متماثلتان ، كتلة كل منهما (٣١/٣) كغم، معلقتان بخيطين طول كل منهما (١٠) سم . شحنتا بشحنتين متشابهتين ومتساويتين ، فتنافرتا إلى أن أصبحت الزاوية بين الخيطين (٦٠) ° ، احسب القوة الكهربائية . (اعتبر ظا ٣٠ = ١/٣)

الحل :



بقسمة المعادلة (١) على المعادلة (٢) ينتج :

$$\frac{F}{W} = \tan 30^\circ$$

$$F = W \times \tan 30^\circ = 10 \text{ نيوتن} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{10}{\sqrt{3}} \text{ نيوتن}$$

$$\frac{1}{\sqrt{3}} = \tan 30^\circ$$

$$T \cos 30^\circ = W$$

$$T \sin 30^\circ = F$$

$$\frac{T \sin 30^\circ}{T \cos 30^\circ} = \frac{F}{W} \quad (1)$$

$$\tan 30^\circ = \frac{F}{W}$$

$$W = \frac{F}{\tan 30^\circ}$$

$$W = \frac{F}{\frac{1}{\sqrt{3}}} = F \sqrt{3} \quad (2)$$

مثال (٨): كرة صغيرة مشحونة شحنتها (-٧) ووزنها (و) علقنا بخيط داخل مجال كهربائي منتظم فارتدت كما هو مبين في الشكل ، أثبت أن مقدار المجال الكهربائي يعطى بالعلاقة :

$$E = \frac{W \sin \theta}{q}$$

الحل :

$$T \cos \theta = W$$

$$T \sin \theta = qE$$

$$\frac{T \sin \theta}{T \cos \theta} = \frac{qE}{W} \quad (1)$$

$$\tan \theta = \frac{qE}{W}$$

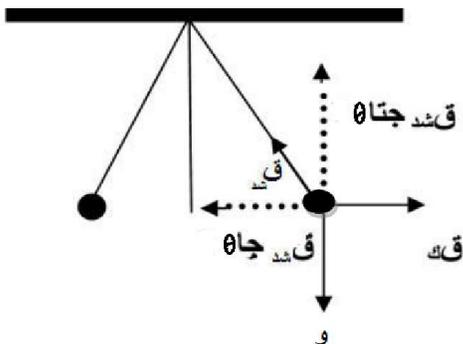
$$W = \frac{qE}{\tan \theta}$$

$$W = \frac{qE \cos \theta}{\sin \theta} \quad (2)$$

بقسمة المعادلة (١) على المعادلة (٢) ينتج :

$$\frac{qE \cos \theta}{\sin \theta} = \frac{qE}{\tan \theta}$$

$$\frac{qE \cos \theta}{\sin \theta} = \frac{qE}{\frac{\sin \theta}{\cos \theta}} \Rightarrow \cos \theta = \sin \theta \Rightarrow \theta = 45^\circ$$



ورقة عمل على المجال الكهربائي

السؤال الأول : في الرسم المجاور أين يجب وضع شحنة ثالثة موجبة قدرها (٥) ميكروكولوم لتصبح محصلة المجالات عند النقطة (أ) تساوي صفراً .

الجواب: (نضعها على يمين النقطة أ على بعد $\sqrt{6} \times 10^{-1}$ م)

السؤال الثاني : شحنتان نقطيتان (٢٥ $\times 10^{-3}$) ميكروكولوم ، (٢٥ $\times 10^{-3}$) ميكروكولوم ، وضعتا في الهواء على بعد (٨) م من بعضهما ، احسب المجال الكهربائي عند نقطة على العمود المنصف للبعد بين الشحنتين وعلى بعد (٣) م منها .

الجواب: (٤,٤ نيوتن/كولوم ، وباتجاه ينصف الزاوية)

السؤال الثالث : يمثل الشكل المجاور شحنتان كهربائيتين (ش_١ ، ش_٢) مقدرة بالكولوم وموضوعتان في الهواء اعتماداً على القيم المثبتة عليه احسب :
(١) القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين .
(٢) المجال الكهربائي عند نقطته (د) مقداراً واتجاهاً .

$$\text{ش}_1 = +4 \times 10^{-9} \text{ ش}_2 = -3 \times 10^{-9}$$

الجواب: (٢ $\times 10^{-7}$ نيوتن ، ٣٦٠٠ نيوتن/كولوم نحو اليسار)

السؤال الرابع : شحنتان كهربائيتان نقطيتان ش_١ ، ش_٢ = 16×10^{-9} كولوم ، تفصلها عن بعضها مسافة (١) م ، إذا كانت نقطة انعدام المجال تبعد عن الشحنة الأولى (٣) م للخارج على امتداد الخط الواصل بينهما ، احسب مقدار (ش_١) وحدد نوعها .

الجواب : (ش_١ = 9×10^{-9} كولوم ، نوعها : سالبة) .

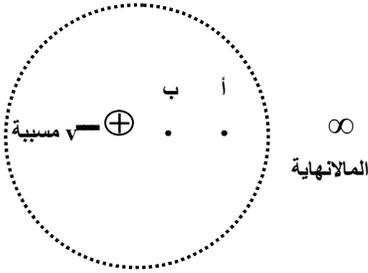
السؤال الخامس : جسم كتلته (١) غم يحمل شحنة سالبة قدرها (١٠-) μC ، تحرك من السكون بتأثير مجال كهربائي منتظم مقداره (١ $\times 10^6$) نيوتن / كولوم مسافة (٢٠) سم احسب :
(١) القوة التي يؤثر بها المجال في الجسم .
(٢) سرعة الجسم النهائية .

الجواب : (١ نيوتن ، ٢٠ م/ث) .

السؤال السادس : مجال كهربائي منتظم قدره (١٠) نيوتن/كولوم وضعت شحنة نقطية كتلتها (٢ $\times 10^{-1}$) كغ وشحنتها (٢ $\times 10^{-1}$) كولوم فتحركت من السكون بتأثير المجال الكهربائي . احسب :
(١) القوة الكهربائية المؤثرة بالشحنة .
(٢) تسارع حركة الشحنة .
(٣) الزمن اللازم لتصبح سرعة الشحنة (١٠) م/ث .
(٤) المسافة التي يقطعها لتصبح سرعته (١٠) م/ث .

الجواب : (٢ $\times 10^{-1}$ نيوتن ، ١ $\times 10^{-1}$ م/ث ، ٣١٠ ، ٥ $\times 10^3$ م) .

الفصل الثاني / الجهد الكهربائي



* في الشكل عند نقل شحنة اختبار من المالاتهية ووضعها عند النقطة (أ) ثم تحريكها من النقطة (أ) إلى (ب) بسرعة ثابتة فإننا نحتاج شغل بواسطة قوة خارجية على هذه الشحنة الصغيرة المنقولة ، وهذا الشغل حسب مبدأ حفظ الطاقة يختزن في الشحنة على شكل طاقة تسمى طاقة الوضع الكهربائية .

وعند ترك الشحنة عند النقطة (ب) فإنها ستتحرك وحدها لتعود للنقطة (أ) دون بذل شغل عليها ، حيث المسؤول عنها في هذه الحالة :

(١) قوة التنافر الكهربائية بين الشحنتين . (٢) تحول طاقة الوضع التي اختزنت في الشحنة عند نقلها إلى طاقة حركة .

* يعرف الجهد الكهربائي لنقطة بأنه " طاقة الوضع الكهربائية لكل وحدة شحنة توضع عند النقطة " .

$$ج = \frac{ط}{\cdot v}$$

ورياًضياً

* يعرف فرق الجهد بين نقطتين بأنه " التغير في طاقة الوضع الكهربائية لكل وحدة شحنة عند انتقالها بين نقطتين في مجال كهربائي " .

$$\Delta ج = \frac{\Delta ط}{\cdot v}$$

ورياًضياً

، حيث $\Delta ج = ج_{نهائية} - ج_{ابتدائية}$

* والشغل المبذول لنقل الشحنة يخزن في الشحنة على شكل طاقة وضع كهروسكونية أي أن :

$$ج_{اب} = ج_{ا} - ج_{ب}$$

$$ج_{با} = ج_{ب} - ج_{ا}$$

التغير في فرق الجهد بين النقطتين أ ، ب هو :

$$\Delta ج_{اب} = ج_{نهائية} - ج_{ابتدائية}$$

$$= ج_{ب} - ج_{ا}$$

$$شخ \leftarrow ب = \Delta ط_{واب}$$

$$شخ \leftarrow ب = ط_{وب} - ط_{وأ}$$

$$ط_{وب} = \int_{ب}^{ا} \cdot v_{منقولة} \times ج_{ب}$$

$$ط_{وأ} = \int_{ا}^{ب} \cdot v_{منقولة} \times ج_{ا}$$

$$شخ \leftarrow ب = \int_{ب}^{ا} \cdot v_{منقولة} \times (ج_{ب} - ج_{ا})$$

$$شخ \leftarrow ب = \Delta ط_{واب} = \int_{ب}^{ا} \cdot v_{منقولة} \times ج_{ب} - \int_{ا}^{ب} \cdot v_{منقولة} \times ج_{ا}$$

أما شغل القوة الكهربائية يعطى بالعلاقة :

$$شك \leftarrow ب = - \int_{ب}^{ا} \cdot v_{منقولة} \times ج_{ب} = - \int_{ا}^{ب} \cdot v_{منقولة} \times ج_{ا}$$

ملاحظات :

* يقاس الجهد بوحدة فولت وهي جول/كولوم .

* جهد أي نقطة في المالاتهاية (طاقة الوضع في المالاتهاية) = صفر .

* جهد الأرض أو أي نقطة متصلة بالأرض = صفر .

* يجوز تعويض الشحنات السالبة في قانون الشغل .

* يعرف الفولت بأنه : جهد نقطة تختزن طاقة وضع قدرها (١) جول عند وضع شحنة قدرها (١) كولوم في هذه النقطة .

* إن نظام (الشحنة الكهربائية - المجال الكهربائي) هو نظام محافظ أي الزيادة في طاقة الحركة للشحنة تساوي النقصان في طاقة الوضع الكهروستاتيكية :

$$\Delta ط م = \Delta ط و + \Delta ط ح = صفر$$

$$\text{ويكون ش} = \Delta ط ح + \Delta ط و = - \Delta ط و$$

ملاحظة : يمكن حساب الشغل بالعلاقة

$$\text{ش} = \text{ق} \cdot \text{ف} \cdot \text{جتا} \theta = \text{م} - \text{م} = \text{ر} \cdot \text{ف} \cdot \text{جتا} \theta$$

* شغل القوة الخارجية هو شغل غير محافظ أي :

$$\text{ش} = \Delta ط م = \Delta ط و + \Delta ط ح$$

حيث $\Delta ط م$: التغير في الطاقة الميكانيكية

* الشغل الذي تبذله القوة الخارجية في نقل شحنة من أ ← ب = $\Delta ط و$

* الشغل الذي تبذله قوة المجال لنقل شحنة من أ ← ب = $-\Delta ط و$

سؤال (علل) : الجهد الكهربائي عند نقطة بعيدة جداً (في المالاتهاية) يساوي صفراً .

جواب : لأن المجال الكهربائي لا يؤثر في شحنة اختبار موضوعة عند تلك النقطة بأي قوة كهربائية وهذا يعني أن

طاقة الوضع الكهربائية عندها تكون صفراً، وبذلك يكون الجهد الكهربائي عندها صفراً .

سؤال (علل) : لا تتغير الطاقة الحركية لوحدة الشحنات الموجبة عند نقلها من المالاتهاية إلى نقطة ما .

جواب : لأن القوة الخارجية لنقلها تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه القوة الكهربائية المؤثرة فيها .

سؤال (علل) : جهد الأرض = صفر ؟

جواب : وذلك لأنها تفقد الجسم شحنته لكبر حجمها فيصبح جهدها صفراً .

سؤال : ماذا نعني بقولنا أن الجهد الكهربائي في نقطة ما يساوي (٢) فولت ؟

جواب : أي أن شغلاً مقداره (٢) جول يبذل من قوة خارجية لنقل وحدة الشحنات الموجبة من المالاتهاية إلى تلك النقطة بسرعة ثابتة .

سؤال : ماذا نعني بقولنا أن الجهد الكهربائي في نقطة ما يساوي (-٢) فولت ؟

جواب : أي أن شغلاً مقداره (٢) جول يبذل من قوة المجال لنقل وحدة الشحنات الموجبة من تلك النقطة إلى المالاتهاية .

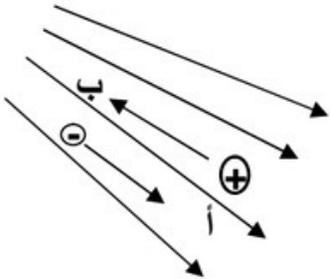
مثال (١) : شحنة كهربائية قدرها (2×10^{-10}) كولوم موضوعة عند نقطة (أ) التي جهدها (٥) فولت ، احسب :
 (١) طاقة الوضع الكهربائية للشحنة . (٢) الشغل اللازم لنقل الشحنة إلى نقطة (ب) التي جهدها (١٢) فولت .
 (٣) التغير في طاقة وضع الشحنة ، عند نقلها من (أ) إلى (ب) .

الحل :

$$(1) \text{ (ط و) } \Delta \phi = \phi_B - \phi_A = 12 - 5 = 7 \text{ فولت} .$$

$$(2) \text{ ش } \phi_B = \phi_A + \Delta \phi = 5 + 7 = 12 \text{ فولت} .$$

$$(3) \Delta \phi = \phi_B - \phi_A = 12 - 5 = 7 \text{ فولت} .$$



مثال (٢) : شحنة نقطية قدرها (2×10^{-9}) كولوم نقلت من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) في مجال كهربائي بسرعة ثابتة فإذا بذلت القوة الخارجية شغلاً (14×10^{-9}) جول فاحسب :

- (١) فرق الجهد بين النقطتين أ و ب .
- (٢) الشغل الذي تبذله قوة خارجية لنقل شحنة (-2×10^{-9}) كولوم من (ب) إلى (أ) بسرعة ثابتة .

الحل :

$$(1) \text{ ش } \phi_B - \phi_A = \Delta \phi = 14 - 5 = 9 \text{ فولت} .$$

$$(2) \text{ ش } \phi_B - \phi_A = \Delta \phi = 14 - 5 = 9 \text{ فولت} .$$

مثال (٣) : يتحرك إلكترون بين نقطتين فرق الجهد بينهما (١) فولت فإذا كانت شحنة الإلكترون (-1.6×10^{-19}) كولوم احسب الطاقة التي يكتسبها الإلكترون .

الحل :

$$\text{ش} = -e \Delta \phi = -1.6 \times 10^{-19} \times 1 = -1.6 \times 10^{-19} \text{ جول} .$$

سؤال : وضح المقصود بالإلكترون فولت ؟

جواب : الطاقة التي يكتسبها الإلكترون عندما يتحرك بين نقطتين فرق الجهد بينهما (١) فولت .

مثال (٤) : مستعيناً بالشكل المجاور ، إذا بدأت شحنة قدرها (٢) ميكروكولوم الحركة من السكون من النقطة (أ) احسب طاقة الحركة للشحنة لحظة مرورها بالنقطة (ب) .

جـ = ٢ فولت
 أ .
 ب .

الحل :

$$\phi_B = \phi_A + \Delta \phi$$

$$\phi_B + \Delta \phi = \phi_A + \Delta \phi$$

$$\phi_B - \phi_A = \Delta \phi$$

$$\Delta \phi = \phi_B - \phi_A$$

$$\Delta \phi = 2 - 6 = -4 \text{ فولت}$$

$$\Delta \phi = -4 \text{ فولت}$$

$$\Delta \phi = -4 \text{ فولت}$$

الجهد الكهربائي لنقطة في مجال شحنة نقطية

لقد وجد أن الجهد الكهربائي لنقطة في مجال شحنة نقطية يعتمد على :

- (١) مقدار الشحنة المنقولة (التناسب طردي).
- (٢) بعد النقطة عن الشحنة المنقولة (التناسب عكسي).
- (٣) نوع الوسط المحيط بالشحنة (والتناسب عكسي).

* وعليه يعطى الجهد الناشئ عن شحنة نقطية أو كروية عند نقطة تبعد مسافة (ف) عنها يعطى بالعلاقة :



$$\text{الجهد} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الشحنة}}$$

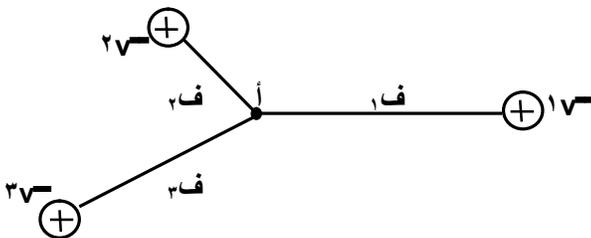
$$ج = \frac{ق \times ف}{ف}$$

$$ج = \frac{ق}{\epsilon \pi \epsilon_0 \times ف}$$

وعندما يكون الوسط هو الهواء أو الفراغ فإن :

$$ج = \frac{ق}{\epsilon_0 \times ف}$$

أما الجهد الناتج عن عدة شحنات نقطية فيساوي :



$$ج = \left(\frac{ق١}{ف١} + \frac{ق٢}{ف٢} + \frac{ق٣}{ف٣} \right) \frac{١}{\epsilon \pi \epsilon_0}$$

ملاحظات :

- * الجهد كمية قياسية أي يجوز تعويض إشارة الشحنة في القانون فجهد الشحنة الموجبة موجب وجهد الشحنة السالبة سالب .
- * الجهد ليس كمية متجهة ولحساب محصلة عدة جهود نقوم بالجمع الجبري العادي .

مثال (١) : ما مقدار الجهد الكهربائي عند نقطة تبعد (3×10^{-1}) م في الهواء عن شحنة نقطية مقدارها $(6, 1 \times 10^{-9})$ كولوم .

الحل :

$$ج = \frac{9 \times 10^9}{ف}$$

$$= \frac{9 \times 10^9 \times 1,6 \times 10^{-9}}{3 \times 10^{-1}} = 4,8 \times 10^0 \text{ فولت}$$

مثال (٢) : شحنتان نقطيتان $q_1 = 15 \mu\text{C}$ ، $q_2 = -5 \mu\text{C}$ والمسافة بينهما (10) سم احسب :

(١) الجهد الكهربائي عند منتصف الخط الواصل بينهما .

(٢) الجهد الكهربائي عند نقطة تبعد (9) سم عن الشحنة الأولى . و (6) سم عن الشحنة الثانية .

الحل :

$$(٢) ج = \left(\frac{9 \times 10^9}{ف_1} + \frac{9 \times 10^9}{ف_2} \right) \times 10^{-9}$$

$$= \left(\frac{9 \times 10^9 \times 15}{10 \times 10^{-2}} + \frac{9 \times 10^9 \times (-5)}{6 \times 10^{-2}} \right) \times 10^{-9}$$

$$= 7,5 \times 10^0 \text{ فولت}$$

$$(١) ج = \left(\frac{9 \times 10^9}{ف_1} + \frac{9 \times 10^9}{ف_2} \right) \times 10^{-9}$$

$$= \left(\frac{9 \times 10^9 \times 15}{5 \times 10^{-2}} + \frac{9 \times 10^9 \times (-5)}{5 \times 10^{-2}} \right) \times 10^{-9}$$

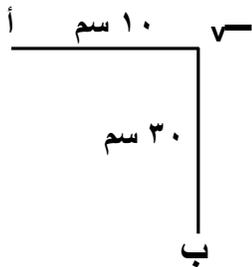
$$= 18 \times 10^0 \text{ فولت}$$

مثال (٣) : من الشكل إذا علمت أن الجهد الكهربائي عند النقطة (أ) يساوي (2700) فولت جد :

(١) مقدار الشحنة q .

(٢) المجال عند النقطة ب .

الحل :



$$(١) ج = \frac{9 \times 10^9}{ف} \times 10^{-9}$$

$$2700 = \frac{9 \times 10^9 \times q}{10^{-1}}$$

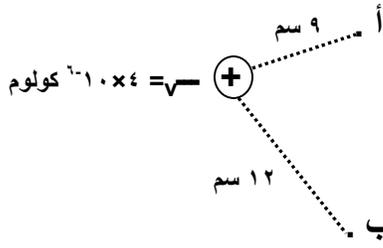
$$q = 30 \times 10^{-9} \text{ كولوم}$$

$$(٢) م ب = \frac{9 \times 10^9}{ف^2} \times 10^{-9}$$

$$= \frac{9 \times 10^9 \times 30 \times 10^{-9}}{30^2}$$

$$= 3 \times 10^{-3} \text{ نيوتن/كولوم}$$

مثال (٤) : بالاعتماد على البيانات المثبتة على الشكل احسب :



(١) جهد النقطة أ . (٢) جهد النقطة ب . (٣) فرق الجهد بين النقطتين أ ، ب

(٤) ج ب أ (٥) Δ ج ب أ (٦) طاقة الوضع لإلكترون وضع عند أ .

(٧) التغير في طاقة وضع إلكترون عند نقله من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) .

(٨) شغل القوة الخارجية اللازمة لنقل الإلكترون من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) .

الحل :

$$(٤) \text{ ج ب أ} = - = \text{ ج ب أ} = -1.0 \times 10^{\circ} \text{ فولت}$$

$$(٥) \Delta \text{ ج ب أ} = \text{ ج ب أ} = 1.0 \times 10^{\circ} \text{ فولت}$$

$$(٦) \text{ (ط) } = 1.0 \times 10^{-1} \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.6 \times 10^{-20} \text{ جول}$$

$$= -1.6 \times 10^{-20} \text{ جول}$$

$$(٧) \Delta \text{ ط و أ ب} = 1.6 \times 10^{-20} \times 1.6 \times 10^{-19} = 2.56 \times 10^{-39} \text{ جول}$$

$$= -2.56 \times 10^{-39} \text{ جول}$$

$$= 1.6 \times 10^{-20} \text{ جول}$$

$$(٨) \text{ شغل} = \Delta \text{ ط و أ ب} = 1.6 \times 10^{-20} \text{ جول}$$

$$(١) \text{ ج أ} = \frac{1.0 \times 10^{-1}}{9} = 1.11 \times 10^{-2} \text{ فولت}$$

$$= \frac{1.0 \times 10^{-1} \times 9}{9} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ فولت}$$

$$(٢) \text{ ج ب} = \frac{1.0 \times 10^{-1}}{12} = 8.33 \times 10^{-3} \text{ فولت}$$

$$= \frac{1.0 \times 10^{-1} \times 12}{12} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ فولت}$$

$$(٣) \text{ ج أ} = 1.0 \times 10^{-2} - 8.33 \times 10^{-3} = 1.67 \times 10^{-3} \text{ فولت}$$

$$= 1.0 \times 10^{-2} \text{ فولت}$$

ملاحظة :

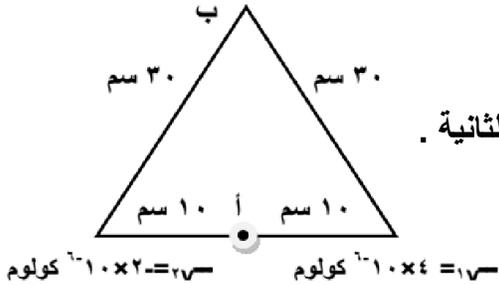
(١) الشحنة الموجبة تكسب طاقة لأن قوة خارجية نقلتها ، والشحنة السالبة تخسر طاقة لأنها تحركت بسبب قوة المجال .

(٢) طاقة الوضع الكهربائية المخزنة في شحنتين متجاورتين متساوية حيث $ط_١ = ط_٢ = ط$.

(٣) يمكن حساب طاقة الوضع بين شحنتين متجاورتين من العلاقة :

$$\text{ط} = \frac{1.0 \times 10^{-1} \times 1.6 \times 10^{-19}}{9} = 1.78 \times 10^{-21} \text{ جول}$$

مثال (٥) : شحنتان كهربائيتان نقطيتان مقدارهما (٤) ميكروكولوم و (٢) ميكروكولوم والمسافة بينهما (٢٠) سم ، في الهواء احسب :



(١) الجهد الكهربائي عند النقطة أ . (٢) الجهد الكهربائي عند النقطة ب .
(٣) طاقة الوضع الكهربائية للشحنة الأولى . (٤) طاقة الوضع الكهربائية للشحنة الثانية .
الحل :

$$\begin{aligned} (١) \quad & \frac{٢ \times ١٠^{-٦} \times ٤ \times ١٠^{-٦}}{٢ \times ١٠^{-٢}} = ٢ \times ١٠^{-١٠} \text{ فولت} \\ (٢) \quad & \frac{٢ \times ١٠^{-٦} \times ٤ \times ١٠^{-٦}}{٢ \times ١٠^{-٢}} = ٢ \times ١٠^{-١٠} \text{ فولت} \\ (٣) \quad & \frac{٢ \times ١٠^{-٦} \times ٤ \times ١٠^{-٦}}{٢ \times ١٠^{-٢}} = ٢ \times ١٠^{-١٠} \text{ جول} \\ (٤) \quad & \frac{٢ \times ١٠^{-٦} \times ٤ \times ١٠^{-٦}}{٢ \times ١٠^{-٢}} = ٢ \times ١٠^{-١٠} \text{ جول} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (١) \quad & \frac{(٢ \times ١٠^{-٦} + ٤ \times ١٠^{-٦}) \times ١٠^{-٩}}{٢ \times ١٠^{-٢}} = ٣ \times ١٠^{-١٠} \text{ فولت} \\ (٢) \quad & \frac{(٢ \times ١٠^{-٦} + ٤ \times ١٠^{-٦}) \times ١٠^{-٩}}{٢ \times ١٠^{-٢}} = ٣ \times ١٠^{-١٠} \text{ فولت} \\ (٣) \quad & \frac{(٢ \times ١٠^{-٦} + ٤ \times ١٠^{-٦}) \times ١٠^{-٩}}{٢ \times ١٠^{-٢}} = ٣ \times ١٠^{-١٠} \text{ جول} \\ (٤) \quad & \frac{(٢ \times ١٠^{-٦} + ٤ \times ١٠^{-٦}) \times ١٠^{-٩}}{٢ \times ١٠^{-٢}} = ٣ \times ١٠^{-١٠} \text{ جول} \end{aligned}$$

مثال (٦) : بالاعتماد على الشكل وإذا كان الجهد الكهربائي في النقطة (هـ) يساوي صفراً ، احسب :

(١) مقدار ونوع الشحنة (٢٧) .

(٢) المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) .



الحل :

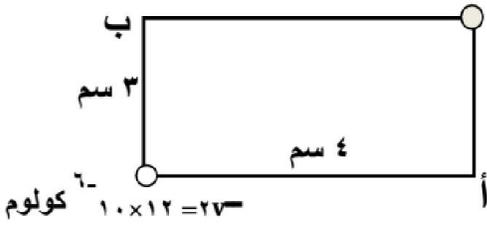
$$\begin{aligned} (١) \quad & ٢ \times ١٠^{-٦} + ٢ \times ١٠^{-٦} = ٤ \times ١٠^{-٦} \text{ كولوم} \\ (٢) \quad & \frac{(٢ \times ١٠^{-٦} + ٢ \times ١٠^{-٦}) \times ١٠^{-٩}}{٠,٣} = ٤ \times ١٠^{-١٠} \text{ كولوم} \\ (٣) \quad & \frac{(٢ \times ١٠^{-٦} + ٢ \times ١٠^{-٦}) \times ١٠^{-٩}}{٠,٣} = ٤ \times ١٠^{-١٠} \text{ كولوم} \\ (٤) \quad & \frac{(٢ \times ١٠^{-٦} + ٢ \times ١٠^{-٦}) \times ١٠^{-٩}}{٠,٣} = ٤ \times ١٠^{-١٠} \text{ كولوم} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (١) \quad & ٢ \times ١٠^{-٦} + ٢ \times ١٠^{-٦} = ٤ \times ١٠^{-٦} \text{ كولوم} \\ (٢) \quad & \frac{(٢ \times ١٠^{-٦} + ٢ \times ١٠^{-٦}) \times ١٠^{-٩}}{٠,٣} = ٤ \times ١٠^{-١٠} \text{ كولوم} \\ (٣) \quad & \frac{(٢ \times ١٠^{-٦} + ٢ \times ١٠^{-٦}) \times ١٠^{-٩}}{٠,٣} = ٤ \times ١٠^{-١٠} \text{ كولوم} \\ (٤) \quad & \frac{(٢ \times ١٠^{-٦} + ٢ \times ١٠^{-٦}) \times ١٠^{-٩}}{٠,٣} = ٤ \times ١٠^{-١٠} \text{ كولوم} \end{aligned}$$

لاحظ أن نقطة انعدام الجهد الكهربائي ليست نقطة انعدام للمجال الكهربائي .

مثال (٧) : وضعت شحنتان على رؤوس مستطيل كما في الشكل المجاور ، احسب :

$$q_1 = -1 \mu\text{C} = -1 \times 10^{-6} \text{ كولوم}$$



- (١) شغل القوة الخارجية اللازم لنقل شحنة (١) ميكروكولوم من (أ) إلى (ب) .
- (٢) التغير في طاقة الوضع للشحنة عند نقلها من (ب) إلى (أ) .

الحل :

$$(١) \text{ ج } = \left(\frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_1} \right) q_1 \times q_2 =$$

$$\left(\frac{1}{12} + \frac{1}{4} \right) \times 10^{-6} \times 9 =$$

$$= 1.5 \times 10^{-5} \text{ فولت}$$

$$\text{ج ب} = \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{4} \right) \times 10^{-6} \times 9 =$$

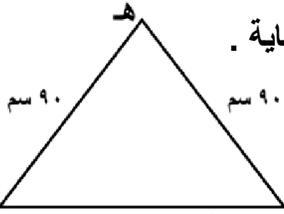
$$= 2.7 \times 10^{-5} \text{ فولت}$$

$$\text{ش أ ب} = r \times \Delta = 3 \times 1 =$$

$$= 1.2 \times 10^{-5} \text{ جول}$$

$$(٢) \Delta \text{ ط ب أ} = - \text{ش أ ب} = -1.2 \times 10^{-5} \text{ جول}$$

مثال (٨) : يوضح الشكل شحنتان كهربائيتان تفصل بينهما في الفراغ مسافة (٤٠) سم ، احسب :



$$q_1 = 8 \text{ نانوكولوم} = 8 \times 10^{-9} \text{ كولوم}$$

$$q_2 = 20 \text{ نانوكولوم} = 20 \times 10^{-9} \text{ كولوم}$$

$$\text{ش ح هـ} = r \times \Delta = 9 - 9 =$$

$$= -36 \times 10^{-9} \text{ جول}$$

$$(٣) \text{ ج ح} = \frac{1}{r} \times q_1 \times q_2 = \frac{1}{9} \times 8 \times 20 \times 10^{-18} =$$

$$= 80 \times 10^{-18} \text{ فولت}$$

$$\text{ج ح} = \frac{1}{r} \times q_1 \times q_2 = \frac{1}{40} \times 8 \times 20 \times 10^{-18} =$$

$$= 180 \times 10^{-18} \text{ فولت}$$

$$\Delta \text{ ط ح هـ} = r \times \text{ج ح} = 20 \times (180 + 80) \times 10^{-18} =$$

$$= 2 \times 10^{-15} \text{ جول}$$

- (١) شغل القوة الكهربائية اللازم لنقل شحنة (٤٠) نانوكولوم من النقطة هـ إلى الملائنهاية .
- (٢) شغل القوة الكهربائية اللازم لتقليل المسافة بين الشحنتين إلى النصف .
- (٣) التغير في طاقة وضع الشحنة الثانية عند نقلها من موقعها إلى النقطة هـ .

الحل :

$$(١) \text{ ج هـ} = \left(\frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_1} \right) q_1 \times q_2 =$$

$$= 120 \times 10^{-18} \text{ فولت} = \frac{(8 \times 20 + 20 \times 8) \times 10^{-18}}{9}$$

$$\text{ش هـ} = \infty - \infty = \Delta \times r = \infty - \infty =$$

$$= 48 \times 10^{-18} \text{ جول}$$

$$(٢) \text{ ط ح} = \frac{1}{r} \times q_1 \times q_2 = \frac{1}{40} \times 8 \times 20 \times 10^{-18} =$$

$$= 36 \times 10^{-18} \text{ جول} = \frac{8 \times 20 \times 10^{-18} - 20 \times 8 \times 10^{-18}}{40}$$

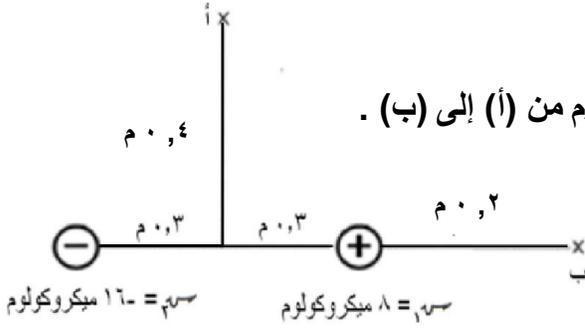
$$\text{ط ح} = \frac{1}{r} \times q_1 \times q_2 = \frac{1}{20} \times 8 \times 20 \times 10^{-18} = 72 \times 10^{-18} \text{ جول}$$

مثال (٩) : اعتماداً على الشكل ، احسب :

(١) فرق الجهد بين النقطتين أ، ب .

(٢) الشغل المبذول لنقل شحنة ثالثة مقدارها (١٠) ميكروكولوم من (أ) إلى (ب) .

الحل :



$$ج ب = \left(\frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_1} \right) \times 9 \times 10^9 =$$

$$= \left(\frac{1}{0.2} + \frac{1}{0.4} \right) \times 9 \times 10^9 =$$

$$= 180 \times 10^9 \text{ فولت}$$

$$ج ا ب = 180 \times 10^9 - 144 \times 10^9 = 324 \times 10^9 \text{ فولت}$$

$$(٢) ش ا ب = r \times \Delta \times ج ا ب$$

$$= 10 \times 10^{-6} \times 324 \times 10^9 = 3240 \text{ جول}$$

$$(١) ف = \sqrt{0.16 + 0.09} = 0.5 \text{ م}$$

$$ج ا = \left(\frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_1} \right) \times 9 \times 10^9 =$$

$$= \left(\frac{1}{0.2} + \frac{1}{0.4} \right) \times 9 \times 10^9 =$$

$$= 144 \times 10^9 \text{ فولت}$$

مثال (١٠) : يفصل بين البروتون والإلكترون في ذرة الهيدروجين مسافة (٥,٢٩ × ١٠^{-١١}) م ، احسب طاقة الوضع

الكهربائية لذرة الهيدروجين . (شحنة الإلكترون = شحنة البروتون = ١,٦ × ١٠^{-١٩} كولوم)

الحل :

$$ط = \frac{q_1 \times q_2}{r}$$

$$= \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{5.29 \times 10^{-11}} =$$

$$= 4.76 \times 10^{-18} \text{ جول}$$

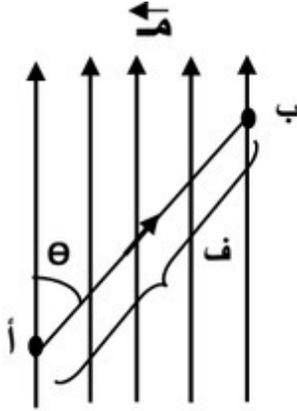
مثال (١١) : شحنتان كهربائيتان نقطيتان $r_1 = 3$ ميكروكولوم ، $r_2 = 5$ ميكروكولوم والمسافة بينهما (١٠) سم ،

في الهواء احسب الجهد والمجال الكهربائيان عند الشحنة الثانية .

الحل :

فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم

عند نقل شحنة كهربائية في مجال كهربائي منتظم باتجاه لا يتعامد مع خطوط المجال الكهربائي سوف تتغير طاقة وضع الشحنة الكهربائية وذلك بسبب فرق الجهد بين النقطتين التي انتقل بينهما الجسم ففي الشكل مثلاً فإن فرق الجهد بين النقطتين أ ، ب يساوي :



$$ش\text{ أ-ب} = ق . ف\text{ أ ب جتا}\theta = م . ف\text{ أ ب جتا}\theta$$

$$ش\text{ أ-ب} = - (ج\text{ ب} - ج\text{ أ}) = - (ج\text{ ب} - ج\text{ أ})$$

$$ش\text{ أ-ب} = (ج\text{ أ} - ج\text{ ب}) = م . ف\text{ أ ب جتا}\theta$$

$$\boxed{ج\text{ أ ب} = م . ف\text{ أ ب جتا}\theta}$$

حيث :

م : المجال الكهربائي (فولت/م) وهي وحدة أخرى لقياس المجال الكهربائي .

ف : البعد بين النقطتين أ ، ب

(θ) : الزاوية بين خطوط المجال والمسافة .

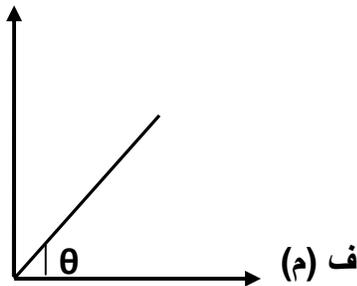
ملاحظات :

(١) فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين تقعان على نفس المستوى (الخط الواصل بينهما عمودي على خطوط المجال) يساوي صفر أي أن لهما نفس الجهد .

(٢) الشغل عبر مسار مغلق في مجال كهربائي منتظم = صفر .

* عند تمثيل العلاقة بين فرق الجهد بين نقطتين والمسافة في مجال كهربائي منتظم بيانياً فإن :

ج (فولت)



$$\boxed{م = \text{ميل الخط المستقيم} = \text{ظا}\theta = \frac{ج}{ف}}$$

سؤال : استخدم العلاقة $\Delta ج = م . ف$ لإثبات أن وحدة قياس المجال (نيوتن/كولوم) تكافئ (فولت/م) ؟

جواب :

$$\begin{aligned} & \text{فولت} = \frac{\text{جول}}{\text{كولوم}} \\ & \text{جول} = \text{نيوتن} \cdot \text{م} \end{aligned}$$

$$\Delta ج = م . ف$$

$$م = \frac{\Delta ج}{ف} = \frac{\text{فولت}}{\text{م}}$$

$$\frac{\text{فولت}}{\text{م}} = \frac{\text{جول}}{\text{كولوم} \cdot \text{م}} = \frac{\text{نيوتن} \cdot \text{م}}{\text{كولوم} \cdot \text{م}} = \frac{\text{نيوتن}}{\text{كولوم}}$$

مثال (١) : في الشكل ، صفيحتان معدنيتان متوازيتان ، فرق الجهد بينهما (١١٠) فولت ، والمسافة بينهما (١٠) سم في الهواء وضعت شحنة كهربائية سالبة مقدارها (٢-) ميكروكولوم في النقطة ب . احسب :

- (١) القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة عند النقطة ب .
(٢) الشغل اللازم لنقل الشحنة من النقطة (ب) إلى النقطة (د) .

الحل :

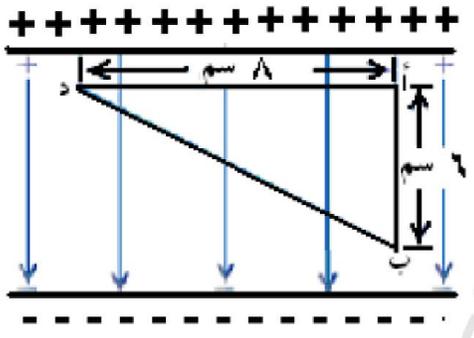
$$(١) \quad m = \frac{q}{F} = \frac{110}{10 \times 10^{-6}} = 11 \times 10^6 \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$q = m \times r = 11 \times 10^6 \times 2 \times 10^{-6} = 22 \times 10^{-1} \text{ نيوتن}$$

$$(٢) \quad \text{ج د ب} = \text{ج د ا} + \text{ج ا ب}$$

$$= \text{صفر} + m \times F \times \theta = 11 \times 10^6 \times 2 \times 10^{-6} \times 66 = 2952 \text{ فولت}$$

$$\text{ش ب د} = - \text{ج د ب} = - 2952 \text{ جول} = 2952 \times 10^{-1} \text{ جول}$$



مثال (٢) : مجال كهربائي منتظم ناشيء عن صفيحتين فلزييتين متوازيتين ومشحونتين بشحنتين مختلفتين نوعاً ومتساويتان مقداراً والبعد بينهما في الهواء (٥) سم ، (أ ، ب) نقطتان في المجال بين الصفيحتين يتغير فرق الجهد بينهما مع المسافة حسب الرسم البياني ، احسب :

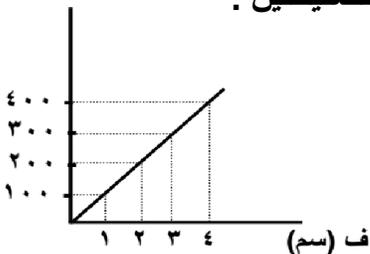
- (١) شدة المجال الكهربائي .
(٢) فرق الجهد بين الصفيحتين .

الحل :

$$(١) \quad m = \frac{q}{F} = \frac{400}{10 \times 10^{-6}} = 4 \times 10^8 \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$(٢) \quad \text{ج} = m \times F \times \theta = 4 \times 10^8 \times 5 \times 10^{-2} = 200 \text{ فولت}$$

→ (فولت)



مثال (٣) : يوضح الشكل لوحان متوازيان مشحونان بشحنتين مختلفتين إذا كان الشغل اللازم لنقل شحنة

مقدارها (٢) ميكروكولوم من (أ) إلى (ب) يساوي (٢٤٠ × ١٠^{-٦}) جول ، احسب :

- (١) شدة المجال الكهربائي المنتظم بين اللوحين .
(٢) فرق الجهد بين اللوحين .

الحل :

$$(١) \quad \text{ش ا ب} = m \times r = 120 \times 10^{-6} \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$120 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-6} \times F \Rightarrow F = 60 \text{ فولت}$$

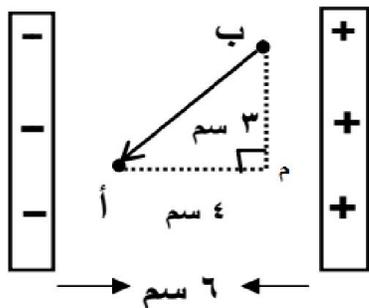
$$\text{ج ا ب} = 120 \text{ فولت}$$

$$\text{ج ا ب} = \text{ج ا م} + \text{ج م ب}$$

$$120 = \text{صفر} + m \times F \times \theta$$

$$120 = 2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6} \times \theta$$

$$m = 3 \times 10^8 \text{ نيوتن/كولوم}$$



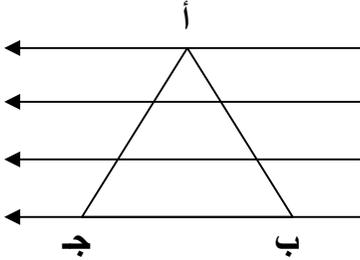
$$(٢) \quad \text{ج} = m \times F \times \theta = 3 \times 10^8 \times 6 \times 10^{-2} = 180 \text{ فولت}$$

$$= 180 \text{ فولت}$$

مثال (٧) : مجال كهربائي منتظم قدره (١٠) فولت/م ، تحركت خلاله شحنة قدرها (2×10^{-6}) كولوم في المسار (أ ب ج أ) الذي يمثل مثلث متساوي الاضلاع طول ضلعه (١٠) سم فإذا كان ب ج يوازي خطوط المجال ، احسب :

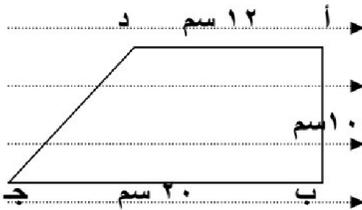
- (١) الشغل اللازم لنقل الشحنة من (أ) إلى (ب) .
(٢) الشغل اللازم لنقل الشحنة من (ب) إلى (ج) .
(٣) الشغل اللازم لنقل الشحنة من (أ) إلى (ج) .

الحل :



مثال (٨) : في الشكل مجال منتظم شدته (١٠٠) فولت/م احسب الشغل المبذول في نقل شحنة (٢) ميكروكولوم عبر المسار أ ب ج د بسرعة ثابتة .

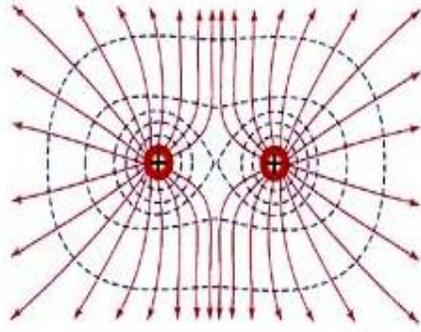
الحل :



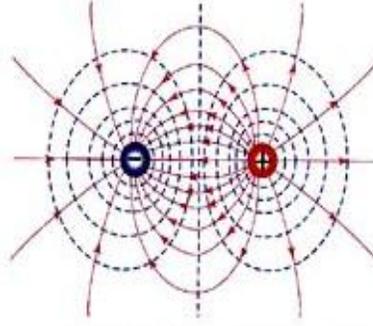
السطوح متساوية الجهد

تعرف سطوح تساوي الجهد بأنها " السطح الذي يكون الجهد عند نقاطه جميعها متساوياً ويساوي قيمة ثابتة " .

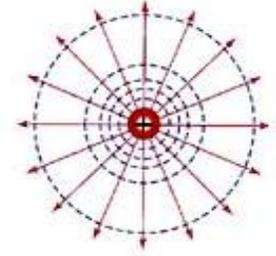
بعض السطوح متساوية الجهد :



ج - شحنتان نقطيتان متساويتان مشابھتان في الشحنة.



(ب) شحنتان نقطيتان مختلفتان في الشحنة.



(أ) شحنة نقطية (موجبة).

خصائص السطوح المتساوية في الجهد :

- ١) السطوح متساوية الجهد لا تتقاطع ، فلا يمكن لنقطة التقاطع أن يكون لها أكثر من مقدار للجهد .
- ٢) فرق الجهد بين بين نقطتين على سطح تساوي جهد يساوي صفراً ، وكذلك الشغل اللازم لنقل أي شحنة على سطح متساوي الجهد يساوي صفر .
- ٣) السطوح متساوية الجهد متعامدة مع خطوط المجال الكهربائي (لأنه لا يوجد مركبة للمجال الكهربائي موازية للسطح) .
- ٤) يتساوى فرق الجهد بين كل سطحين متتاليين من سطوح تساوي الجهد .
- ٥) تقترب سطوح تساوي الجهد من بعضها كلما زادت قيمة المجال الكهربائي .

سؤال (علل) : السطوح متساوية الجهد متعامدة مع خطوط المجال الكهربائي .

جواب : الشغل اللازم لنقل شحنة بين نقطتين على سطح تساوي جهد يعتمد على فرق الجهد بين النقطتين وعليه يكون الشغل صفراً (ش = صفر) وعليه يكون :

ش = ق ف جتا θ = صفر ← $\theta = 90^\circ$ أي تكون خطوط المجال عمودية على السطح

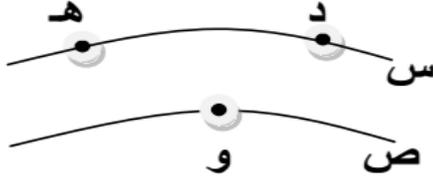
مثال (١) : (س ، ص) سطحان من سطوح تساوي الجهد (د ، هـ ، و) نقاط موجودة على السطحين فإذا كان

جر = ٢٥ فولت ، جر = ٣٥ فولت ، فاحسب :

(١) فرق الجهد بين النقطتين و ، هـ . (٢) الشغل المبذول لنقل شحنة (٥) ميكروكولوم من (هـ) إلى (و) .

(٣) الشغل المبذول لنقل شحنة (-٢) ميكروكولوم من (هـ) إلى (د) .

الحل :



$$(١) \text{ جر و هـ} = \text{جر و د} - \text{جر هـ} = ٢٥ - ٣٥ = -١٠ \text{ فولت}$$

$$(٢) \text{ ش و و} = \text{ش و د} = \text{ش و هـ} \times \text{جر و هـ} = ١٠ \times ٥ = ٥٠ \times ١٠^{-٦} \text{ جول}$$

$$(٣) \text{ ش د د} = \text{ش د هـ} = \text{ش د و} \times \text{جر د هـ} = ٠ \times ٢ = ٠ \times ١٠^{-٦} \text{ جول}$$

مثال (٢) : صفيحتان موصلتان متوازيتان ، شحنت الصفيحة (س) بشحنة موجبة ، ووصلت الصفيحة (ص) بالأرض

فشحنت بالحث بشحنة سالبة ، ويبين الشكل التالي سطوح تساوي الجهد في الحيز بين الصفيحتين ، احسب :

(١) المجال الكهربائي بين الصفيحتين مقداراً واتجاهاً .

(٢) الجهد الكهربائي عند النقاط (أ ، ب ، د) .

(٣) الشغل اللازم لنقل شحنة (٢) ميكروكولوم من أ إلى ب .

الحل :

(١) فرق الجهد بين الصفيحتين هو

$$\text{ج} = ١٢٠٠ - ٠ = ١٢٠٠ \text{ فولت}$$

$$\text{م} = \frac{\text{ج}}{\text{ف}} = \frac{١٢٠٠}{١٠ \times ٢٠} = ٦ \text{ فولت/م (نحو ص-)}$$

(٢) المجال بين الصفيحتين منتظم وعليه فالمسافات بين سطوح تساوي الجهد متساوية :

$$* \text{ ف أ} = \frac{\text{ف}}{\text{م}} = \frac{٢٠}{٤} = ٥ \text{ مم}$$

$$\text{ج أ ص} = \text{م} \times \text{ف أ ص}$$

$$\text{ج أ} = ٠ - ٥ = -١٠ \times ٦ = -٦٠ \text{ فولت ومنها ج أ} = ٣٠٠ \text{ فولت}$$

$$* \text{ ف ب} = \text{ف أ} + ٥ = ٥ + ٥ = ١٠ \text{ مم ومنها ف ب} = ١٠ \text{ مم}$$

$$\text{ج ب ص} = \text{م} \times \text{ف ب ص}$$

$$\text{ج ب} = ٠ - ١٠ = -١٠ \times ٦ = -٦٠ \text{ فولت ومنها ج ب} = ٦٠٠ \text{ فولت}$$

$$* \text{ ف ر} = \text{ف ب} + ٥ = ١٥ \text{ مم ومنها ف ر} = ١٥ \text{ مم}$$

$$\text{ج ر ص} = \text{م} \times \text{ف ر ص}$$

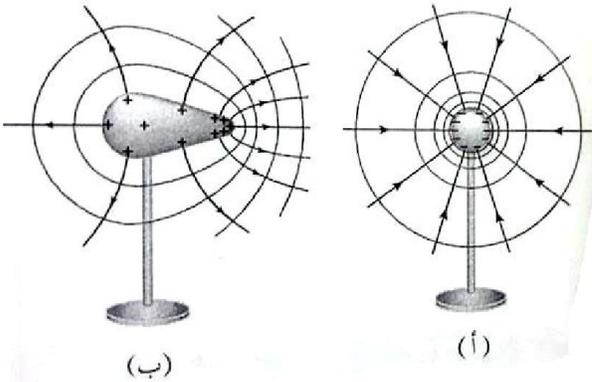
$$\text{ج ر} = ٠ - ١٥ = -١٥ \times ٦ = -٩٠ \text{ فولت ومنها ج ر} = ٩٠٠ \text{ فولت}$$

$$(٣) \text{ ش أ ب} = \text{ش ب} = \text{ش ج ب} \times \text{جر ب أ} = ٦٠٠ \times ٢ = ١٢٠٠ \times ١٠^{-٦} \text{ جول}$$

الجهد الكهربائي لموصل كروي مشحون

الشحنات على سطح الموصل مستقرة ولا تتحرك لذلك فإن أي نقطتين تقعان على سطح الموصل يكون الفرق في الجهد بينهما يساوي صفراً ، لذلك تكون جميع الجهود على سطح الموصل متساوية ، ولذلك نسمي سطح الموصل سطح تساوي الجهد .

وأيضاً جميع النقاط الواقعة داخل الموصل لها نفس قيمة الجهد وتساوي الجهد على سطح الموصل ، وتكون الكثافة السطحية للشحنة عند الرؤوس المدببة أكبر ما يمكن .



لاحظ من الشكل المجاور أن الشحنات تتوزع على الموصل الكروي بانتظام لأن سطحه منتظم (الشكل أ) ، أما الموصل الآخر (الشكل ب) لا تتوزع الشحنات عليه بانتظام .

سؤال (علل) : تقارب سطوح تساوي الجهد عند رأس الموصل المخروطي وتباعدها عند قاعدته .

جواب : وذلك لأن الكثافة السطحية للشحنة (σ) تزداد عند الرأس وتقل عند القاعدة وبالتالي يكون المجال الكهربائي أكبر عند الرأس وتتقارب سطوح تساوي الجهد عنده .

حيث : أ المساحة

$$\frac{q}{A} = \sigma$$

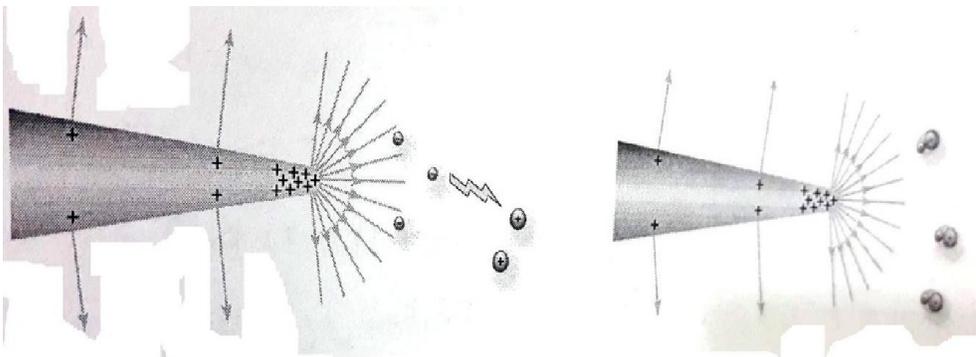
سؤال (علل) : يعتبر سطح الموصل الكروي سطح تساوي جهد .

جواب : لأن جهود جميع النقاط الواقعة على السطح متساوية .

ملاحظة : يتولد حول الرأس المدبب مجال كهربائي قوي يعمل على تأيين جزيئات الهواء في تلك المنطقة ، فيصبح الهواء

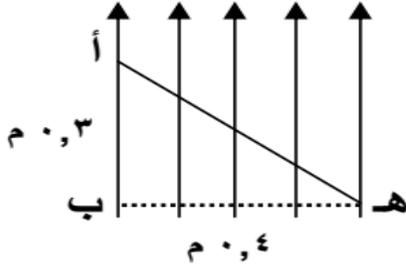
موصلاً فيحدث تفريغ كهربائي للشحنات ، أي ينشأ تيار كهربائي فيظهر توهج أو وميض لامع ، كما في الشكل

التالي .



ورقة عمل على الجهد الكهربائي

السؤال الأول : يمثل الشكل المجاور مجالاً كهربائياً منتظماً مقداره (٣٠ فولت/م ، اعتماداً على القيم احسب :



- (١) فرق الجهد بين النقطتين أ، هـ
- (٢) الشغل اللازم لنقل شحنة (١) ميكروكولوم من النقطة (هـ) إلى (أ) .

الجواب : (- ٣٠٠ فولت ، ٣ × ١٠^{-٤} جول) .

السؤال الثاني : شحنتان نقطيتان المسافة بينهما (١٠٠) سم ويفصل بينهما الهواء ، مقدار الشحنة الأولى

(٥ × ١٠^{-٦}) كولوم ، والثانية (-١٠ × ١٠^{-٦}) كولوم ، أحسب :

- (١) الجهد في منتصف المسافة بينهما .
- (٢) جهد الشحنة الأولى .
- (٣) طاقة الوضع الكهربائية للشحنة الأولى .
- (٤) الشغل اللازم لجعل المسافة بينهما (٨٠) سم .

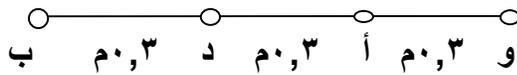
الجواب : (-١٠ × ١٠^{-٩} فولت ، -١٠ × ١٠^{-٩} فولت ، -٤٥ جول ، ١١٢٥ جول)

السؤال الثالث : شحنتين كهربائيتين (أ) ، (ب) موضوعتين في الهواء ، بالإعتماد على البيانات المثبتة على الشكل ، جد :

(١) المجال الكهربائي عند النقطة (د) .

(٢) فرق الجهد بين النقطتين (و) ، (د) .

ش_ب = -١٠ × ٢^{-٦} كولوم ش_أ = ١٠ × ٢^{-٦} كولوم



الجواب : (٤ × ١٠^{-٦} نيوتن / كولوم (نحو اليسار) ، ٤٠٠ فولت) .

السؤال الرابع : شحنة كهربائية نقطية موجبة مقدارها (٣ × ١٠^{-٧}) كولوم تبعد مسافه (٢) سم عن شحنة كهربائية أخرى

سالبة مقدارها (-٢ × ١٠^{-٦}) كولوم ، احسب مقدار طاقة الوضع الكهربائية للشحنة الموجبة .

الجواب : (-١٠ × ٢٧^{-٦} جول) .

السؤال الخامس : شحنتان نقطيتان مقدارهما (-١٠ × ١^{-٨} ، ٤ × ١٠^{-٨}) كولوم موضوعتان في الهواء ، والمسافة

بينهما (٦) سم ، احسب :

- (١) بعد النقطة التي ينعدم عندها الجهد وتقع على الخط الواصل بين الشحنتين .
- (٢) الشغل اللازم لجعل المسافة بينهما (٤) سم .
- (٣) الشغل اللازم لاستبدال الشحنة (-١٠ × ١^{-٨}) كولوم ، بالشحنة (٢ × ١٠^{-٨}) كولوم .

الجواب : (٢، ١ سم عن الأولى ، ٣ × ١٠^{-٦} جول ، ١٨ × ١٠^{-٦} جول) .

الفصل الثالث / المواسعة الكهربائية

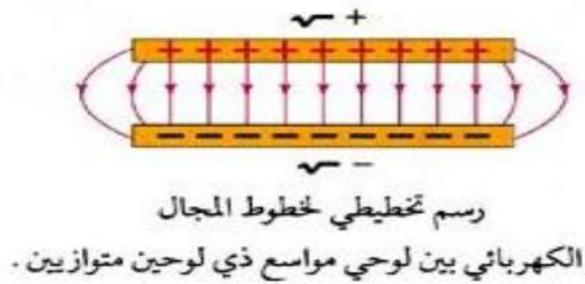
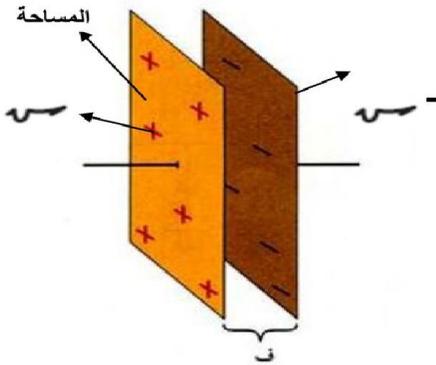
* المواسع الكهربائي : هو جهاز يستخدم لتخزين الشحنات الكهربائية ، والطاقة الكهربائية .

* يتكون المواسع من موصلين بينهما مادة عازلة (الهواء ، البلاستيك ، الورق) .

* تكون المواسعات بأشكال وحجوم مختلفة مثل المواسع ذو الصفيحتين المتوازيتين والمواسع الاسطوانية .

* يتألف المواسع الكهربائي ذو الصفيحتين المتوازيتين من صفيحتين متوازيتين ، مساحة كل منهما (أ) . أحدهما مشحونة

بشحنة (+) ، والأخرى مشحونة بشحنة (-) ، وتفصل بينهما مادة عازلة ويكون المجال الكهربائي بينهما منتظم .
وتعتبر المسافة بين صفيحتي المواسع صغيرة جداً مقارنة بأبعاد الصفيحتين .



سؤال : كيف يتم شحن المواسع ذو الصفيحتين المتوازيتين ؟

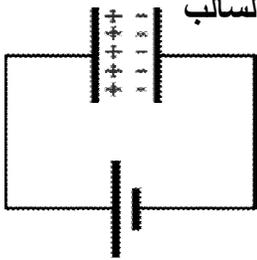
جواب : يتم بتوصيل هذين الصفيحتين ببطارية وتشحن إحدى الصفيحتين بشحنة موجبة لاتصالها بقطب البطارية الموجب

وفي نفس الوقت تشحن الصفيحة الأخرى بشحنة سالبة نظراً لاتصالها بقطب البطارية السالب

وينتج عن ذلك وجود فرق جهد بين الصفيحتين اقل من فرق الجهد بين قطبي البطارية

ولذلك فإن البطارية تستمر في شحن الصفيحتين إلى أن يتساوى فرق الجهد بين

الصفيحتين وبين قطبي البطارية .



* يبين الرسم البياني العلاقة الخطية بين جهد المواسع وشحنه ، ويمثل ميل الخط المستقيم

كمية فيزيائية تسمى المواسعة الكهربائية ، ويرمز لها بالرمز (س) حيث :

$$C = \frac{Q}{V}$$

تعرف المواسعة (السعة) بأنها " النسبة بين التغير في كمية الشحنة المخزنة في المواسع والتغير في فرق الجهد

بين صفيحتيه " .

تقاس السعة بوحدة كولوم/فولت وتسمى فاراد .

يعرف الفاراد بأنه " مواسعة موصل يخزن شحنة قدرها (١) كولوم عندما يكون فرق الجهد بين صفيحتيه (١) فولت "

سؤال : ماذا نعني بقولنا أن مواسعة المواسع تساوي (٢) ميكروفاراد ؟
جواب : أي أن المواسع يخزن شحنة قدرها (٢) ميكروكولوم عندما يكون فرق الجهد بين صفيحتيه (١) فولت .
ولحساب مواسعة المواسع ذو الصفيحتين المتوازيين نستخدم العلاقة :

$$C = \frac{\epsilon \cdot A}{d}$$

العوامل التي تعتمد عليها سعة المواسع ذو الصفيحتين المتوازيين :

- (١) مساحة اللوحين . طردية
- (٢) المسافة بين اللوحين . عكسية
- (٣) سماحية الوسط الكهربائي . طردية

سؤال : أثبت أن سعة المواسع ذو الصفيحتين المتوازيين تعطى بالعلاقة :

$$C = \frac{\epsilon \cdot A}{d}$$

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$

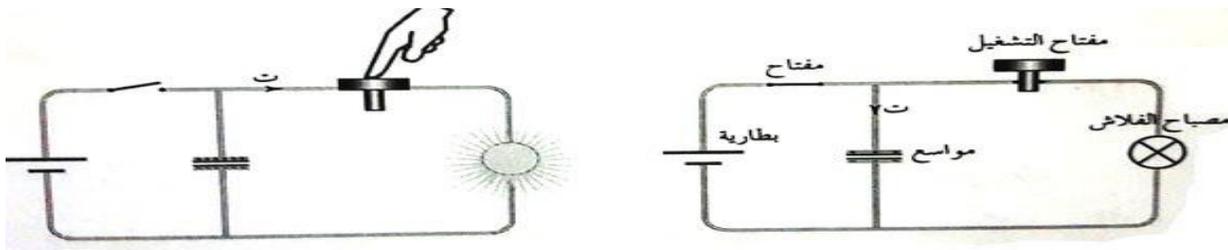
$$V = \frac{Q}{C}$$

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\sigma \cdot A}{V}$$

$$C = \frac{\epsilon \cdot A}{d}$$

$$C = \frac{\epsilon \cdot A}{d} \text{ إذاً } C = \frac{\epsilon \cdot A}{d} \text{ وهو المطلوب}$$

* مما سبق نلاحظ أنه عندما تقل المسافة بين الصفيحتين (مع بقاء الجهد ثابت) فإن المجال الكهربائي بين الصفيحتين سيزداد ، وعليه تزداد الشحنة على صفيحتيه أي يصبح المواسع قادراً على تخزين شحنة أكبر ، فتزداد سعة المواسع .
* يستعمل المواسع في المصباح الوماض (فلاش الكاميرا) ، حيث يخزن شحنات كهربائية عالية، وعند الضغط على مفتاح التشغيل تغلق دائرة (المواسع - الفلاش) فيحدث تفريغ لشحنة المواسع في الفلاش ، وتتحول الطاقة إلى طاقة ضوئية .

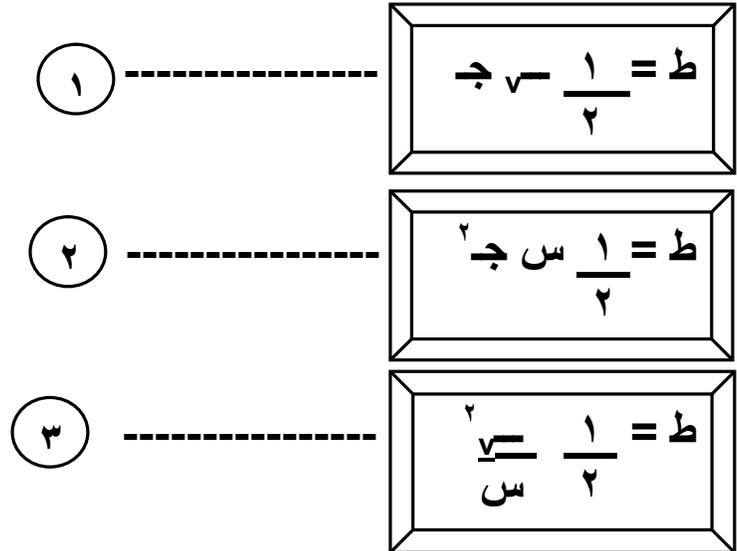


سؤال (علل) : للمواسع حد أعلى في تخزين الشحنة الكهربائية (حد أقصى للطاقة المختزنة) ؟

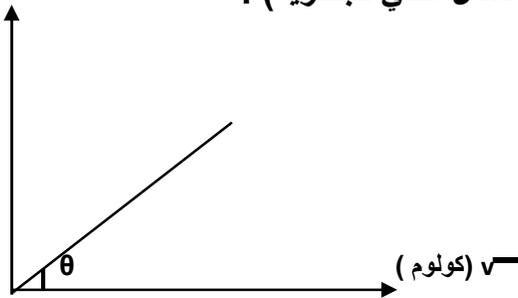
الجواب : لأنه عندما تزداد الشحنة عن الحد المسموح ، يحدث زيادة في جهد المواسع ، فيحدث تفريغ كهربائي عبر المادة العازلة الفاصلة بين الصفيحتين ، فلا يخزن شحنة أو طاقة زائدة عن الحد .

الطاقة المخزنة في مواسع مشحون

يخزن المكثف المشحون طاقة وضع كهربائية بداخله ، وعند وصل البطارية مع المواسع ، تقوم البطارية ببذل شغل لنقل الشحنات إلى صفيحتي المواسع .



يخزن المواسع الطاقة الكهربائية في المجال المنتظم بين لوحيه وبملاحظة العلاقة البيانية بين شحنة المواسع وجهده (فولت) نلاحظ أن المساحة تحت المنحنى تساوي الطاقة المخزنة في المواسع (الشغل الكلي للبطارية) .



* عند اغلاق دارة مواسع ومصباح تتحرك الشحنات من الصفيحة الموجبة إلى الصفيحة السالبة عبر المصباح ويسري في الدارة تيار كهربائي حيث يبدأ بقيمة عالية ، ثم يتناقص إلى أن يؤول إلى الصفر ، فيضيء المصباح فترة وجيزة وتسمى هذه العملية تفريغ المواسع .



سؤال (علل) : تقل الطاقة المخزنة في المواسع عند زيادة المسافة بين صفيحتيه مع بقاء فرق الجهد ثابت ؟
جواب : لأن سعة المواسع ستقل ، فيحدث تفريغ لجزء من شحنة المواسع في البطارية ، فتقل الطاقة .

- مثال (١) :** مواسع كهربائي ذو صفيحتين متوازيتين ، مساحة كل منهما (٢) سم^٢ ، والمسافة بينهما (٨,٨٥) مم . وصل لوحاه بفرق جهد مقداره (٢٠) فولت حتى شحن تماماً ، ثم فصل عن البطارية ، أحسب :
- (١) مواسعة المواسع . (٢) الشحنة التي يخزنها . (٣) المجال الكهربائي في الحيز بين اللوحين .
 - (٤) إذا قل البعد بين صفيحتي المواسع إلى النصف ، فكيف يتغير كل من مواسعته وشحنته وفرق الجهد .

$$\text{اعتبر } \epsilon = \epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ كولوم}^2 / \text{نيوتن م}^2$$

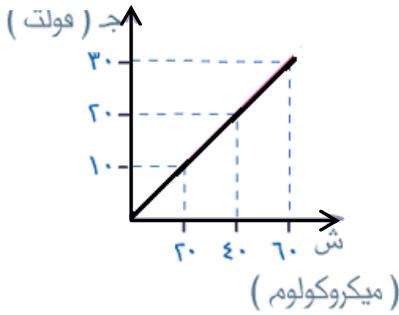
$$\text{الحل : (١) س} = \epsilon \times \frac{A}{d} = \frac{8,85 \times 10^{-12} \times 2 \times 10^{-4}}{8,85 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^{-13} \text{ فاراد}$$

$$\text{(٢) } \tau = \tau_0 = 20 \times 2 \times 10^{-12} = 4 \times 10^{-11} \text{ كولوم}$$

$$\text{(٣) } E = \frac{\tau}{\epsilon} = \frac{4 \times 10^{-11}}{8,85 \times 10^{-12}} \approx 4,53 \text{ فولت / م}$$

- (٤) تصبح المواسعة مثلي ما كانت عليه أي س = 4×10^{-13} فاراد
تبقى الشحنة كما هي بسبب فصل البطارية أي $\tau = 4 \times 10^{-11}$ كولوم .
 $\epsilon = \frac{\tau}{E} = \frac{4 \times 10^{-11}}{4,53} = 8,85 \times 10^{-12}$ س

- مثال (٢) :** المنحنى في الشكل المجاور ، يمثل العلاقة بين شحنة مواسع وفرق الجهد بين لوحيه معتمداً على بيانات الشكل ، احسب :



- (١) مواسعة المواسع .
- (٢) شحنة المواسع النهائية إذا وصل ببطارية فرق جهدها (٥٠) فولت .

الحل :

$$\text{(١) ميل الخط المستقيم} = \text{س} = \frac{20 - 40}{10 - 20} = 2 \times 10^{-11} \text{ فاراد}$$

(٢) لأن المواسعة ثابتة يكون :

$$\tau = \tau_0 = 50 \times 2 \times 10^{-11} = 10^{-9} \text{ كولوم}$$

- مثال (٣) :** مواسع كهربائي ذو صفيحتين متوازيتين ، مساحة كل من صفيحتيه (٢٥) سم^٢ ، والبعد بينهما (٨,٨٥) مم شحن حتى أصبح فرق الجهد بين صفيحتيه (١٠٠) فولت ، احسب :
- (١) الطاقة المخزنة في المواسع .
 - (٢) إذا أصبحت المسافة بين صفيحتيه (١٧,٧) مم ، مع بقاء المواسع متصلاً مع البطارية ، احسب الطاقة المخزنة في المواسع .

$$\text{الحل : (١) س} = \epsilon \times \frac{A}{d} = \frac{8,85 \times 10^{-12} \times 25 \times 10^{-4}}{8,85 \times 10^{-3}} = 2,5 \times 10^{-12} \text{ فاراد}$$

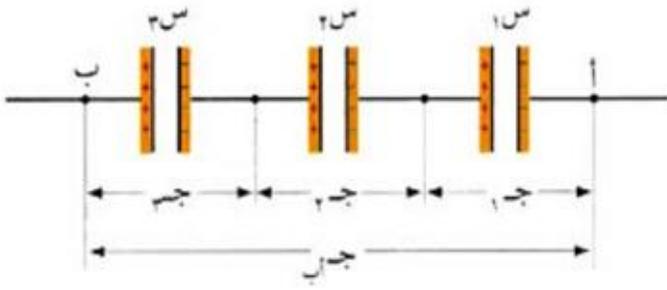
$$\tau = \frac{1}{2} \epsilon E^2 = \frac{1}{2} (100)^2 \times 2,5 \times 10^{-12} = 1,25 \times 10^{-8} \text{ جول}$$

- (٢) ستقل المواسعة عندها إلى النصف أي س = $1,25 \times 10^{-12}$ فاراد ، (الجهد يبقى ثابت لاتصاله بالبطارية)

$$\tau = \frac{1}{2} \epsilon E^2 = \frac{1}{2} (100)^2 \times 1,25 \times 10^{-12} = 6,25 \times 10^{-9} \text{ جول (الطاقة تقل)}$$

توصيل المواسعات الكهربائية

(١) التوصيل على التوالي : تتساوى الشحنة على كل مواسع ولكن فرق الجهد يتوزع بحيث :



$$جـ كلي = جـ١ + جـ٢ + جـ٣$$

$$\frac{١}{٣س} + \frac{١}{٢س} + \frac{١}{١س} = \frac{١}{س}$$

$$\frac{١}{٣س} + \frac{١}{٢س} + \frac{١}{١س} = \frac{١}{س}$$

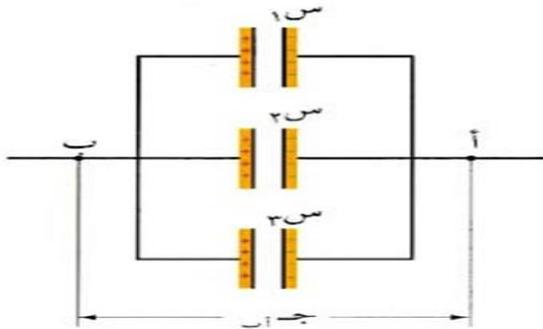
حيث س م السعة المكافئة

لاحظ أن السعة تقل عند التوصيل على التوالي .

يجوز استخدام العلاقة :

$$\frac{١}{س م} = \frac{١}{س١} + \frac{١}{س٢}$$

(٢) التوصيل على التوازي : يتساوى فرق الجهد بين طرفي كل مواسع ولكن الشحنة تتوزع بحيث :



$$١س = ١س١ + ١س٢ + ١س٣$$

$$١س = ١س١ + ١س٢ + ١س٣$$

$$١س = ١س١ + ١س٢ + ١س٣$$

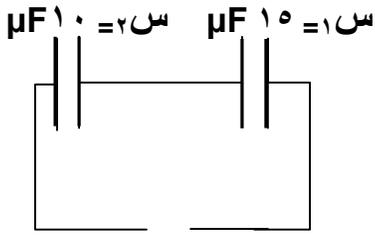
لاحظ أن السعة تزداد عند التوصيل على التوازي .

ملاحظة : عند تماثل مواسعات عددها (ن) في المقدار فإن :

$$(٢) (س م) توازي = ن \times س احداها$$

$$(١) \frac{١}{س م} = \frac{١}{س احداها} \times ن$$

مثال (١) : اعتماداً على البيانات المثبتة على الشكل المجاور احسب فرق الجهد الكهربائي لمصدر الشحن إذا كانت شحنة المواسع الأول (٣٠٠) ميكروكولوم .

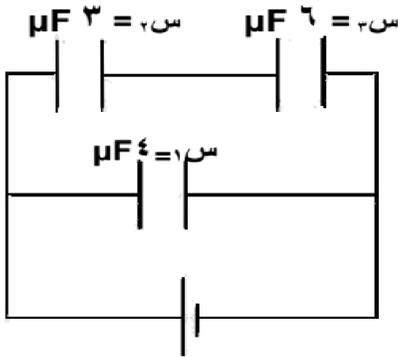


الحل :

$$س٢ = \frac{١٠ \times ١٥}{١٠ + ١٥} = ٦ \mu F$$

$$س٢ \times ٥٠ = \frac{٣٠٠ \times ١٠}{١٠ \times ٦} = \frac{٣٠٠}{٦} = ٥٠ \text{ فولت}$$

مثال (٢) : استعن بالبيانات المثبتة على الشكل واحسب ما يلي :
(١) المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات .
(٢) شحنة كل مواسع .



$$ج = ٢٤ \text{ فولت}$$

الحل :

(١) س٢ و س٣ على التوالي

$$س٢ = \frac{٣ \times ٦}{٣ + ٦} = ٢ \text{ ميكروفاراد}$$

س١ و س٢ على التوازي

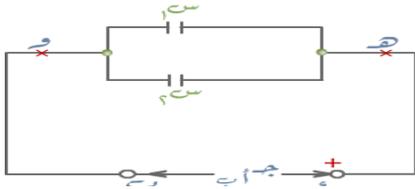
$$س٢ = ٢ + ٤ = ٦ \text{ ميكروفاراد}$$

$$٢ = ١٨ = \frac{٣ \times ٦}{٣ + ٦} = ٢ \text{ ميكروفاراد}$$

$$٤ = ٢٤ = ٢ \times ٤ = ٢٤ \text{ كولوم}$$

$$٤ = ٢٤ = ٢ \times ٤ = ٢٤ \text{ كولوم}$$

مثال (٣) : مواسعان (س١ ، س٢) ، سعة الأول (٢) ميكروفاراد وسعة الثاني (٥) ميكروفاراد تم وصلهما بمصدر كهربائي كما في الشكل فرق الجهد بين طرفيه (ج.ب) = ١٨ فولت ، احسب :



(١) السعة المكافئة للمواسعين .

(٢) شحنة كل مواسع .

(٣) شحنة المواسع المكافئ .

(٤) طاقة المواسع س١ .

الحل :

(١) س١ و س٢ على التوازي

$$س٢ = ٥ + ٢ = ٧ \text{ ميكروفاراد}$$

$$٢ = ١٨ = \frac{٢ \times ٥}{٢ + ٥} = ١٨ \text{ كولوم}$$

$$٣ = ٣٦ = ٢ \times ١٨ = ٣٦ \text{ كولوم}$$

$$٢ = ١٨ = ٥ \times ٣ = ١٨ \text{ كولوم}$$

$$١ = ٩٠ = ٥ \times ١٨ = ٩٠ \text{ كولوم}$$

$$٣ = ٣٦ = ٢ \times ١٨ = ٣٦ \text{ كولوم}$$

$$١٨ \times ١٠^{-٦} \times ٧ =$$

$$١٢٦ \times ١٠^{-٦} \text{ كولوم}$$

$$\text{لاحظ أن } ١٧ = ١٧ + ١٧ =$$

$$١٠^{-٦} \times ٩٠ + ١٠^{-٦} \times ٣٦ =$$

$$١٢٦ \times ١٠^{-٦} \text{ كولوم}$$

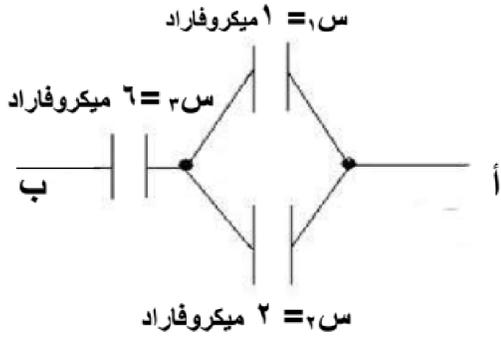
$$٤ = ١ = \frac{١}{٢} = \frac{١}{٢} \times ١٨ \times ١٠^{-٦} \times ٣٦ =$$

$$= ٣٢٤ \times ١٠^{-٦} \text{ جول}$$

مثال (٤) : إذا كان فرق الجهد بين النقطتين (أ ، ب) يساوي (٦٠) فولت احسب ما يلي :

(٢) جهد كل مواسع وشحنته .

(١) المواسعة المكافئة .



$$١٠ \times 10^{-10} \times 1 = ١ \times ١٠^{-10} \text{ كولوم} = ١ \text{ س}$$

$$٤٠ \times 10^{-10} \times 2 = ٨٠ \times 10^{-10} \text{ كولوم} = ٨٠ \text{ س}$$

$$٤٠ \times 10^{-10} \times 3 = ١٢٠ \times 10^{-10} \text{ كولوم} = ١٢٠ \text{ س}$$

$$٤٠ \times 10^{-10} \times 6 = ٢٤٠ \times 10^{-10} \text{ كولوم} = ٢٤٠ \text{ س}$$

الحل :

(١) س١ و س٢ على التوازي

$$٣ \text{ س} = ٢ + ١ = ٣ \text{ ميكروفاراد}$$

س٣ و س٦ على التوالي

$$٢ \text{ س} = \frac{٦ \times ٣}{٦ + ٣} = ٢ \text{ ميكروفاراد}$$

$$(٢) \text{ س مكافئة} = ٣ \text{ س} \times ٢ = ٦ \text{ كولوم} = ٦ \times 10^{-10} \times ٢ = ١٢٠ \times 10^{-10} \text{ كولوم}$$

$$٣ \text{ س} = ٣ \text{ س} = ٣ \text{ كولوم} = ٣ \times 10^{-10} \times ٤٠ = ١٢٠ \times 10^{-10} \text{ كولوم}$$

$$\text{ج} = ٢ = \frac{١٢٠ \times 10^{-10}}{٦ \times 10^{-10}} = ٢٠ \text{ فولت}$$

$$\text{ج} = ١ = ٢ = \frac{١٢ \times 10^{-10}}{٣ \times 10^{-10}} = ٤٠ \text{ فولت}$$

مثال (٥) : وصلت ست مواسعات متساوية على التوازي فكانت السعة المكافئة لها (٩) ميكروفاراد ، احسب مواسعتها المكافئة إذا وصلت على التوالي .

الحل :

$$\text{س توازي} = ٦ \times \text{س} = ٩$$

$$٩ = ٦ \times \text{س}$$

$$\text{س} = \frac{٩}{٦} = ١,٥ \text{ ميكروفاراد}$$

$$\frac{١}{٤} = \frac{١}{١,٥} \times ٦ = \frac{١}{١,٥} \times ٦ = \frac{١}{١,٥}$$

$$\frac{١}{٤} = \frac{١}{١,٥} \times ٦ = \frac{١}{١,٥}$$

مثال (٦) : مواسع كهربائي ذو لوحين متوازيين مواسعته (٣ × ١٠^{-١١}) فاراد ، وصل لوحاه بفرق جهد (٢٠) فولت

إذا علمت أن المسافة بين لوحيه (٧,٧ × ١٠^{-٣}) م ، والوسط الفاصل بينهما هواء ، احسب :

(١) الشحنة على كل من لوحيه .

(٢) مساحة أي من لوحيه .

الحل :

$$(١) \text{ س} = ٢٠ = \frac{٢٠ \times ٣ \times 10^{-11}}{٧,٧ \times 10^{-3}} = ٢٠ \times 10^{-11} \times ٣ = ٦٠ \times 10^{-11} \text{ كولوم}$$

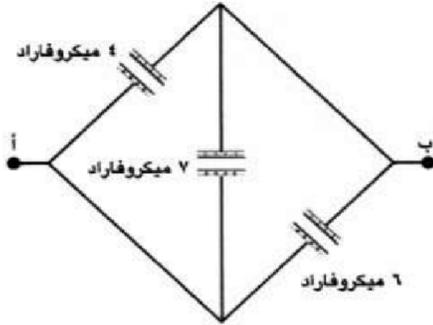
$$٦٠ \times 10^{-11} \times ٦ = ٣٦٠ \times 10^{-11} \text{ كولوم}$$

$$(٢) \text{ س} = \frac{٣ \times ١٠^{-11}}{٧,٧}$$

$$\frac{٣ \times 10^{-11} \times ٨,٨٥}{٧,٧ \times 10^{-3}} = ٣ \times 10^{-11}$$

$$٣ \times 10^{-11} \times ٦ = ١٨ \times 10^{-11} \text{ م}^٢$$

مثال (٧) : وصلت مجموعة من المواسعات كما في الشكل فإذا علمت أن (جـ = ٤٨ فولت) جد :



$$(٣) \quad \text{ط} = \frac{١}{٢} \text{ س} \Rightarrow \frac{١}{٢} = ٤٨ \times ١٠^{-٦} \times ١٩٢ \times \frac{١}{٢}$$

$$= ٤٦٠٨ \times ١٠^{-٦} \text{ جول}$$

- (١) المواسعة المكافئة .
(٢) شحنة كل مواسع .
(٣) الطاقة المخزنة في المواسع (٤ ميكروفاراد) .

الحل :

(١) المواسعات الثلاث على التوازي

$$\text{س}_م = ٤ + ٧ + ٦ = ١٧ \text{ ميكروفاراد}$$

$$(٢) \quad \text{س}_١ = ٤ \text{ س} \Rightarrow \text{ج} = ٤٨ \times ١٠^{-٦} \times ٤ = ١٩٢ \times ١٠^{-٦} \text{ كولوم}$$

$$\text{س}_٢ = ٧ \text{ س} \Rightarrow \text{ج} = ٤٨ \times ١٠^{-٦} \times ٧ = ٣٣٦ \times ١٠^{-٦} \text{ كولوم}$$

$$\text{س}_٣ = ٦ \text{ س} \Rightarrow \text{ج} = ٤٨ \times ١٠^{-٦} \times ٦ = ٢٨٨ \times ١٠^{-٦} \text{ كولوم}$$

مثال (٨) : ثلاث مواسعات متصلة كما في الشكل ، إذا كانت شحنة

المواسع الأول (١٢ × ١٠^{-٦}) كولوم ، والسعة مقدرة بالميكروفاراد جد :

- (١) المواسعة المكافئة .
(٢) فرق الجهد لكل مواسع .
(٣) طاقة المواسع (س) .
(٤) فرق الجهد (س ، ص) .

الحل :

(١) س_١ و س_٢ على التوالي

$$\text{س} = \frac{٦ \times ٣}{٦ + ٣} = ٢ \text{ ميكروفاراد}$$

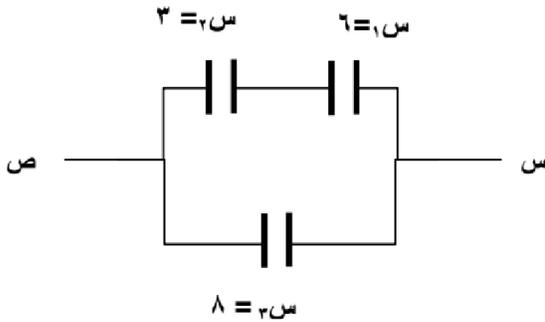
س_٣ و س_٢ على التوازي

$$\text{س}_م = ٨ + ٢ = ١٠ \text{ ميكروفاراد}$$

$$(٢) \quad \text{ج} = \frac{١٢ \times ١٠^{-٦}}{١٠ \times ١٠^{-٦}} = ١.٢ \text{ فولت}$$

$$\text{ج} = \frac{١٢ \times ١٠^{-٦}}{١٠ \times ١٠^{-٦}} = ١.٢ \text{ فولت}$$

$$\text{ج} = ١ + ٢ = ٣ \text{ فولت}$$



$$(٣) \quad \text{ط} = \frac{١}{٢} \text{ س} \Rightarrow \frac{١}{٢} = ٣٦ \times ١٠^{-٦} \times ٨ \times \frac{١}{٢}$$

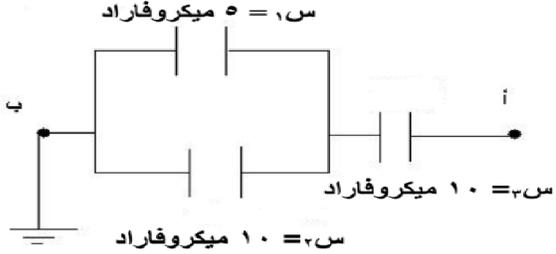
$$= ١٤٤ \times ١٠^{-٦} \text{ جول}$$

$$(٤) \quad \text{ج} = ٦ \text{ فولت}$$

ورقة عمل على المواسعة

السؤال الأول : في الشكل المجاور ، إذا علمت أن شحنة المواسع س_١ تساوي (١٠٠) ميكروكولوم احسب :

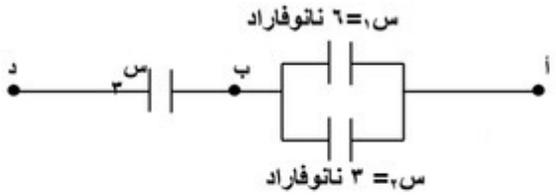
- (١) المواسعة المكافئة للمواسعات الثلاث . (٢) شحنة المواسع س_٣ . (٣) الجهد الكهربائي للنقطة أ .



الجواب : (٦ ميكروفاراد ، ٣٠٠ كولوم ، ٥٠ فولت).

السؤال الثاني : إذا كان فرق الجهد بين النقطتين (أ ، د) يساوي (٦٠) فولت وشحنة المواسع الأول (٢٤٠) نانوكولوم احسب :

- (١) شحنة المواسع الثاني . (٢) مواسعة المواسع الثالث . (٣) الطاقة المخزنة في المواسعين الأول والثاني .



الجواب : (١٠ × ١٢٠ كولوم ، ١٨ نانوفاراد ، ط = ١٠ × ٤٨ جول ، ط = ١٠ × ٢٤ جول)

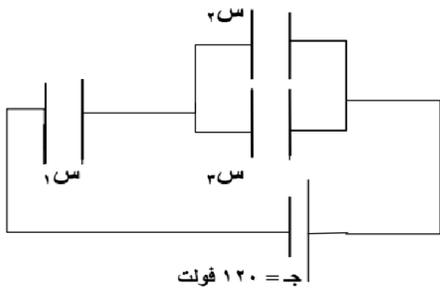
السؤال الثالث : ثلاث مواسعات سعتهما على الترتيب (٦ ، ٩ ، ١٨) μF ، موصولة مع بطارية فرق الجهد بين طرفيها (١٨) فولت كيف تصل هذه المواسعات للحصول على :

(١) أكبر سعة مكافئة وما قدرها . (٢) أقل سعة مكافئة وما قدرها .

الجواب : (نصلها على التوازي س = ٣٣ ميكروفاراد ، نصلها على التوالي س = ٣ ميكروفاراد)

السؤال الرابع : في الشكل المجاور ما مقدار السعة المكافئة وما مقدار شحنة كل مواسع علماً أن

$$S_1 = 3 \mu f , S_2 = 2 \mu f , S_3 = 4 \mu f$$



ج = ١٢٠ فولت

الجواب : (س = ٢ ميكروفاراد ، س = ١٠ × ٢٤٠ كولوم ، س = ١٠ × ٨٠ كولوم ، س = ١٠ × ١٦٠ كولوم)

الفصل الرابع / التيار الكهربائي

التيار الكهربائي :

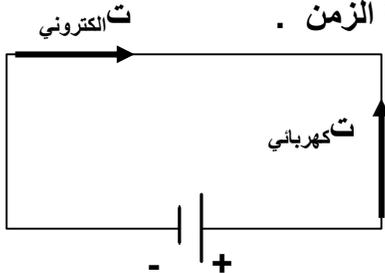
تنقسم المواد حسب موصليتها للكهرباء إلى عدة أقسام منها :

- ١) المواد الموصلة : تسمح للشحنات الحرة بالحركة خلالها بسهولة عند تعرضها لمجال كهربائي خارجي مثل الفلزات .
- ٢) المواد العازلة : تصعب على الشحنات الحرة الحركة خلالها إلا إذا تعرضت لمجال كهربائي قوي يجبرها على الحركة مثل الخشب والمطاط .

* وتعتمد موصلية المواد على وجود شحنات حرة الحركة في تركيبها الذري ففي الموصلات الفلزية تكون ناقلات الشحنة هي الإلكترونات بينما في المحاليل الكهربية تكون الأيونات الموجبة والسالبة هي ناقلات الشحنة .

* يتم الحصول على المجال في موصل عن طريق وصل طرفيه بمصدر قدرة كهربائية حيث تتحرك الإلكترونات (e^-) باتجاه معاكس للمجال الكهربائي أما الشحنات الموجبة تتحرك بنفس اتجاه المجال فينشأ نتيجة لذلك تيار كهربائي يكون اتجاهه باتجاه حركة الشحنات الموجبة .

ويعرف التيار الكهربائي بأنه : كمية الشحنة التي تعبر مقطع موصل في وحدة الزمن .



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

ورياً :

حيث I : التيار الكهربائي ، q : الشحنة بالكولوم ، Δt : الزمن بالثانية
وحدة قياس التيار هي كولوم / ثانية وتسمى أمبير .

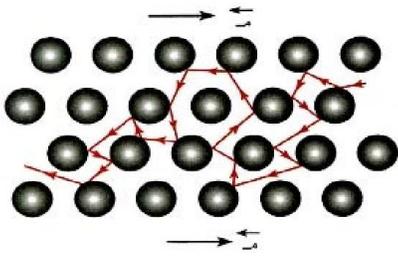
يعرف الأمبير بأنه مقدار التيار الناتج عن مرور شحنة كهربائية قدرها (١) كولوم في مقطع موصل لمدة ثانية واحدة .

* الاتجاه الإصطلاحي للتيار هو اتجاه حركة الشحنات الموجبة ، أي مع اتجاه المجال الكهربائي .

* شرط سريان التيار الكهربائي في مقطع الموصل هو وجود مجال كهربائي ناتج عن تأثير فرق جهد بين طرفي الموصل .

* يقاس التيار الكهربائي بجهاز يسمى الأميتر (A) ويوصل في الدارة على التوالي ليقاس التيار المار خلاله ويقاس الجهد بجهاز يسمى الفولتميتر (V) ويوصل في الدارة على التوازي ليقاس فرق الجهد بين نقطتين .

السرعة الانسيابية



تنشأ هذه السرعة من خلال زيادة سرعة الشحنات الحرة (تتسارع) عند تعرضها لقوة المجال الكهربائي فتتحرك باتجاه معاكس للمجال وفي أثناء حركتها تقل سرعة الشحنات الحرة (تتباطأ) بسبب تصادمها مع ذرات الموصل ومع بعضها على نحو متكرر فتفقد جزء من طاقتها الحركية أو جميعها ، ولكن تتسارع مجدداً بفعل قوة المجال الكهربائي فتمثل بذلك متوسط السرعة ، وتكون الحركة بطيئة موحدة متعرجة بعكس المجال .

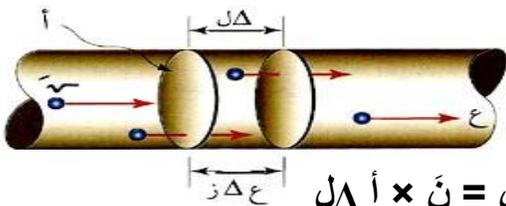
* ونظراً لكبر عدد الشحنات الحرة (ن) في المواد الموصلة - كالفلزات - مما يزيد من نسبة تصادمها مع بعضها ومع ذرات الفلز فإن السرعة الانسيابية تكون صغيرة ولا تتعدى أجزاء المليمتر في الثانية . وفي المواد الموصلة ، نظراً للحركة العشوائية للإلكترونات الحرة ، تكون الشحنة الكلية التي تعبر المقطع في فترة زمنية تساوي صفراً .

* وتعرف السرعة الانسيابية بأنها : " متوسط سرعة الشحنات حرة الحركة داخل موصل متصل بمصدر جهد " .

* سؤال (علل) : ترتفع درجة حرارة الموصل الذي يسري به تيار كهربائي ؟

جواب : وذلك بسبب تصادم الإلكترونات المتحركة بذرات الموصل مما يؤدي إلى فقدان جزء من الطاقة الحركية للإلكترونات لتكتسبها ذرات الموصل فتزداد طاقتها مما يؤدي إلى زيادة ذنبية هذه الذرات فترتفع درجة حرارة الموصل .

* سؤال : اثبت أن التيار المار في موصل معين مساحة مقطعه (أ) ، وطوله (ل) كما في الشكل يعطى بالعلاقة :



$$t = n \times e \quad .$$

الحل :

$$e v \times n = i \Delta$$

$$\text{عدد الإلكترونات لوحدة الحجم } n = \frac{n}{\Delta} \quad \leftarrow \text{ح} \times n = n \quad \leftarrow \text{أ} \times n = n \quad \leftarrow \text{ع} \times \Delta$$

$$\text{ومن قانون التيار الكهربائي فإن } i \Delta = v \times t \times A$$

$$e v \times n \times \Delta = i \Delta \times t$$

$$e v \times n \times \Delta = i \Delta \times t$$

$$t = n \times \frac{\Delta}{e v}$$

$$\text{ومن قانون السرعة = المسافة } \frac{\Delta}{t} = e \quad \text{فإن } \frac{\Delta}{t} = e$$

$$t = n \times e \quad \text{ع}$$

حيث : الت : التيار الكهربائي بالأمبير ، ن : عدد الإلكترونات الحرة في وحدة الحجم ، أ : مساحة مقطع الموصل ، ع : السرعة الانسيابية ، e v : مقدار الشحنة الحرة .

مثال (١) : إذا كان التيار الكهربائي المتولد عند ضغطك على أحد مفاتيح آلة حاسبة لمدة (١٠) ملي ثانية يساوي (٣٢٠) نانوأمبير ، فاحسب :

(١) مقدار الشحنة الكهربائية التي أنتجت هذا التيار . (٢) عدد الإلكترونات المتحركة نتيجة لذلك .

(اعتبر $v = 1,6 \times 10^{-19}$ كولوم)

الحل :

$$n = \frac{10^{-10} \times 320}{1,6 \times 10^{-19} \times e} = \frac{10^{-10} \times 320}{1,6 \times 10^{-19} \times 1,6 \times 10^{-19}}$$

$$= \frac{10^{-10} \times 320}{2,56 \times 10^{-38}}$$

$$= 1,25 \times 10^{28} \text{ إلكترون}$$

$$Q = I \times t = 320 \times 10^{-9} \times 10^{-2} = 3,2 \times 10^{-10} \text{ كولوم}$$

$$Q = n \times e = 1,25 \times 10^{28} \times 1,6 \times 10^{-19} = 2 \times 10^{10} \text{ كولوم}$$

مثال (٢) : موصل فلزي منتظم المقطع ، عدد الإلكترونات الحرة في وحدة الحجم فيه (٦٤٠) إلكترون/م^٣ ، ويمر فيه تيار كهربائي مقداره (٣,٢) ميكرو أمبير . إذا كانت مساحة مقطعه (٥,٠) مم^٢ ، فاحسب :

(١) الشحنة التي تعبر مقطعاً في الموصل في دقيقة . (٢) السرعة الانسيابية للإلكترونات الحرة فيه .

الحل :

$$Q = I \times t = 3,2 \times 10^{-6} \times 60 = 1,92 \times 10^{-4} \text{ كولوم}$$

$$Q = n \times e = 1,92 \times 10^{-4} \times 1,6 \times 10^{-19} = 3,072 \times 10^{-23} \text{ كولوم}$$

$$n = \frac{Q}{e} = \frac{1,92 \times 10^{-4}}{1,6 \times 10^{-19}} = 1,2 \times 10^{15} \text{ إلكترون/م}^3$$

مثال (٣) : سلك اسطواني مساحة مقطعه (٥,٠) سم^٢ ، مر خلاله تيار كهربائي مقداره (١٠) نانو أمبير بسرعة انسيابية قدرها (٥) سم/ث ، جد عدد الإلكترونات في وحدة الحجم .

الحل :

$$n = \frac{Q}{e} = \frac{I \times t}{e} = \frac{10 \times 10^{-9} \times 5}{1,6 \times 10^{-19}} = 3,125 \times 10^{11} \text{ إلكترون/م}^3$$

المقاومة الكهربائية وقانون أوم

عند تطبيق فرق جهد بين طرفي موصل فإنه ينشأ مجال كهربائي داخل الموصل يؤدي إلى حركة الإلكترونات ، وهذه الإلكترونات تواجه مقاومة نتيجة تصادمها مع ذرات الموصل وتكون العلاقة بين فرق الجهد والتيار علاقة خطية أي أن هناك تناسباً طردياً بين التيار وفرق الجهد وهذا ما توصل إليه العالم أوم .

* يطلق على إعاقه حركة الإلكترونات الحرة في الموصل عند مرور تيار كهربائي فيه المقاومة الكهربائية حيث تعطى المقاومة الكهربائية (م) بالعلاقة :

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

حيث جـ : فرق الجهد الكهربائي ، ت : التيار الكهربائي

تقاس المقاومة بوحدة فولت/أمبير وتسمى أوم (Ω) .

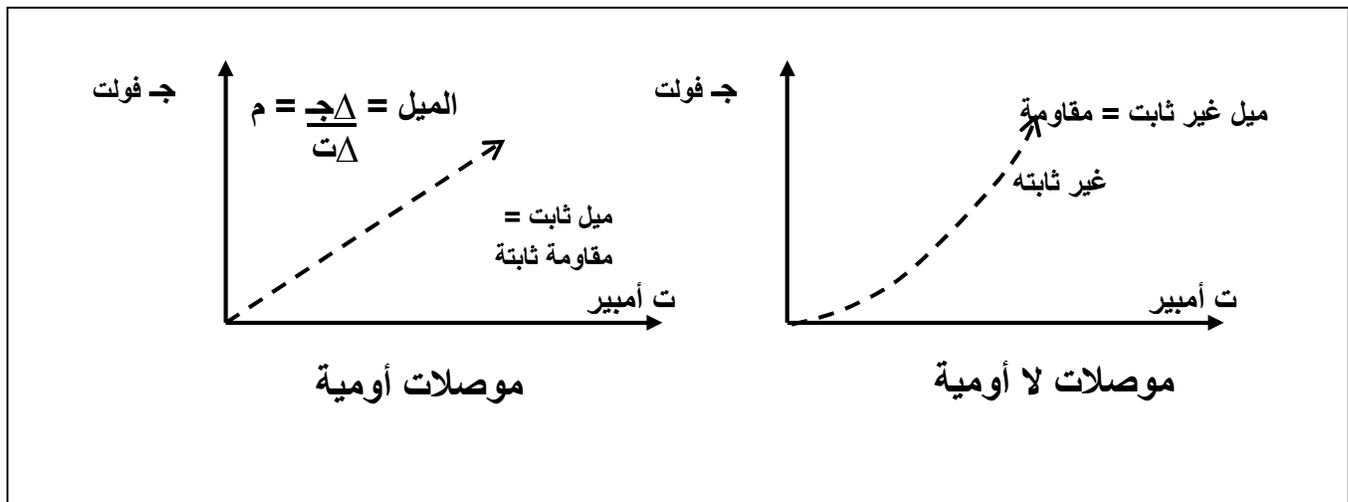
يعرف الأوم بأنه " مقاومة موصل فلزي يمر به تيار قدره (١) أمبير عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه (١) فولت "

ينص قانون أوم على : " يتناسب التيار الكهربائي المار في موصل فلزي تناسباً طردياً مع فرق الجهد بين طرفي الموصل عند ثبوت درجة الحرارة " .

* تصنف الموصلات من حيث العلاقة بين فرق الجهد والتيار إلى :

(١) موصلات أومية (خطية) : وهي الموصلات التي تكون العلاقة فيها بين فرق الجهد بين طرفي الموصل والتيار المار في الموصل علاقة خطية .

(٢) موصلات لا أومية (غير خطية) : وهي الموصلات التي تكون العلاقة فيها بين فرق الجهد بين طرفي الموصل والتيار المار في الموصل علاقة غير خطية . (انظر الرسم التالي)





تصنف المقاومات من حيث مادة الصنع إلى :

- (١) مقاومات كربونية : مصنوعة من مادة الكربون وتتميز بالألوان على سطحها.
- (٢) مقاومات فلزية (سلكية) : مصنوعة من مادة فلزية أو أكثر . وتمتاز بقدرتها العالية التي تفوق قدرة المقاومة الكربونية .

تصنف المقاومات من حيث القيمة إلى :

- (١) مقاومات ثابتة القيمة : وتكون قيمتها مكتوبة عليها ورمزها  .
- (٢) مقاومات متغيرة القيمة : وتعطي قيمة من الصفر حتى أكبر مقاومة مكتوبة عليها ، مثل : الريوستات ، صندوق المقاومات ، ذات المنزلة ورمزها  .

العوامل التي تعتمد عليها مقاومة الموصل الفلزي :

- (١) طول الموصل (ل) . (طردية)
- (٢) مساحة مقطع الموصل (أ) . (عكسية)
- (٣) نوع مادة الموصل .
- (٤) درجة الحرارة (د) . (طردية)

$$\text{أي أن } \rho \propto \frac{l}{A}$$

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

حيث ρ (رو) : المقاومة النوعية لمادة الموصل أو المقاومة ووحدتها ($\Omega \cdot m$) وهي ثابتة للمادة الواحدة .

وتعرف المقاومة بأنها " مقاومة جزء من موصل طوله (١) م ومساحة مقطعه (١) م^٢ عند درجة حرارة محددة " .

* إن المقاومة الكهربائية لبعض الفلزات تؤول إلى الصفر عند درجات الحرارة المنخفضة وبالتالي تصبح هذه الفلزات فائقة التوصيلية .

العوامل التي تعتمد عليها مقاومة الموصل الفلزي :

- (١) نوع مادة الموصل .
- (٢) درجة حرارة الموصل . (علاقة طردية مع المقاومة)

سؤال (علل) : تزداد مقاومة المواد الفلزية وتقل مقاومة المواد العازلة عند رفع درجة حرارتهما .
جواب :

- (١) عند ارتفاع درجة حرارة المواد الفلزية فإن الحركة الإهتزازية لذرات الموصل تزداد وبالتالي تزداد احتمالية تصادم الإلكترونات بجزيئات الموصل فتفقد جزء من طاقتها الحركية وتزداد اعاققتها للتيار الكهربائي فتزداد المقاومة .
- (٢) عند ارتفاع درجة حرارة المواد العازلة يتحرر عدداً من الإلكترونات فيزداد عدد الإلكترونات الحرة الناقلة للتيار الكهربائي فتزداد الموصلية وتقل المقاومة فتقل المقاومة .

سؤال : ما أهمية الموصلية الفائقة ؟

جواب : (١) نقل الطاقة من غير ضياع أي جزء منها . (٢) انتاج مجالات مغناطيسية قوية .

سؤال : اذكر استخدامات المجالات المغناطيسية القوية عملياً ؟

جواب : (١) أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي . (٢) القطارات السريعة .

سؤال (علل) : بحوث العلماء ينصب على انتاج مواد فائقة الموصلية في درجات الحرارة العادية ؟

جواب : (١) صعوبة تبريد الموصلات . (٢) ارتفاع التكلفة المادية لتصبح فائقة الموصلية .

سؤال : ماذا نعني بقولنا أن مقاومة النحاس هي $(١,٦ \times 10^{-١} \Omega)$ م ؟

جواب : أي أن مقاومة جزء من النحاس مساحة مقطعه (١) م وطوله (١) م تساوي $(١,٦ \times 10^{-١} \Omega)$.

مثال (١) : وصلت مقاومة (م) مع مصدر كهربائي جهده (١٠٠) فولت فمر بها تيار كهربائي قدره (٢٥) أمبير احسب مقدار المقاومة الكهربائية .

الحل :

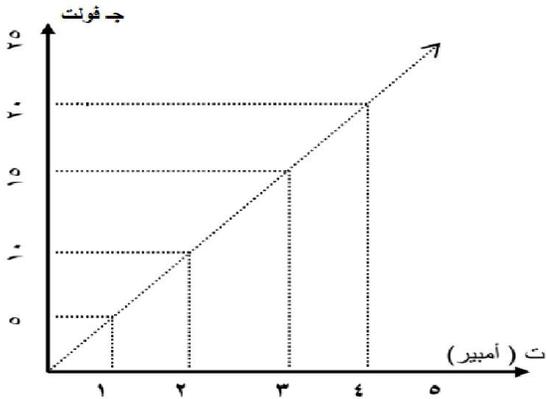
$$م = \frac{ج}{ت} = \frac{١٠٠}{٢٥} = ٤ \text{ أوم}$$

مثال (٢) : احسب المقاومة الكهربائية لموصل إذا أدت زيادة فرق الجهد بين طرفيه بمقدار (٣) فولت إلى زيادة التيار المار فيه من (٢) أمبير إلى (٢,٥) أمبير مع افتراض ثبوت درجة الحرارة .

الحل :

$$م = \frac{\Delta ج}{\Delta ت} = \frac{٣}{٢ - ٢,٥} = ٦ \text{ أوم}$$

مثال (٣) : في الشكل التالي رسم بياني يمثل العلاقة بين فرق الجهد بين طرفي موصل طوله (١) م ومساحة مقطعه (٠,٥) م^٢ ، والتيار الكهربائي المار خلال الموصل ، احسب :



- (١) مقاومة الموصل .
- (٢) قيمة التيار الكهربائي عند فرق جهد (١٠) فولت .
- (٣) قيمة التيار الكهربائي عند فرق جهد (٢٢) فولت .

الحل :

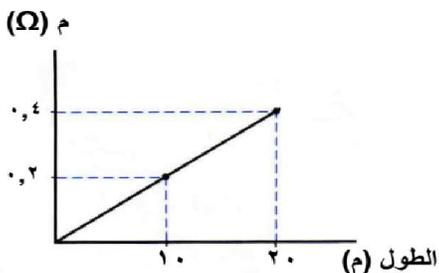
$$(١) م = \frac{ج}{ت} = \frac{١٠}{٢} = ٥ \text{ أوم}$$

$$\rho = \frac{م \cdot ل}{أوم \cdot م} = \frac{٥ \times ٠,٥}{١} = ٢,٥ \text{ (أوم.م)}$$

$$(٢) ت = ٢ = ٢ \text{ أمبير}$$

$$(٣) ت = \frac{ج}{م} = \frac{٢٢}{٥} = ٤,٤ \text{ أوم}$$

مثال (٤) : موصل مساحة مقطعه العرضي (١٠ × ١٠^{-٦}) م^٢ ، مستعيناً بالشكل جد مقاومة الموصل .

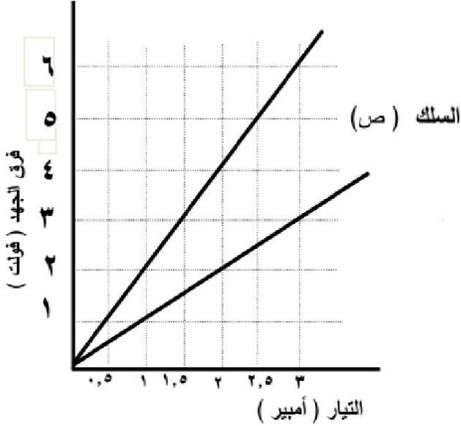


الحل :

$$\rho = \frac{م \cdot ل}{أوم \cdot م} = \frac{٠,٤ \times ١٠ \times ١٠^{-٦}}{٢٠} = ٢ \times ١٠^{-٨} \text{ أوم.م}$$

مثال (٥) : يبين الشكل البياني تغيرات فرق الجهد الكهربائي مع شدة التيار لسلكين من المادة نفسها ، ولهما الطول نفسه ، ودرجة الحرارة نفسها . أجب عما يلي :

(س) السلك



- (١) أي السلكين مساحة مقطعه أكبر ؟ فسر اجابتك .
 - (٢) إذا طبق فرق جهد مقداره (٤ فولت) بين طرفي السلك (س) ، فاحسب مقدار الشحنة التي تعبر مقطع عرضي فيه خلال (٢٠ ث) .
 - (٣) إذا ارتفعت درجة حرارة السلك (ص) فكيف سيكون ميل الخط البياني الخاص به ، هل سيزداد أم سيقبل ؟ فسر اجابتك .
 - (٤) هل تتغير قيمة المقاومة (ρ) إذا تغير طول الموصل أو قَلَّ؟ وضح اجابتك .
 - (٥) احسب مقاومة الموصل (س) ، إذا علمت أن طوله (٥) م ومساحة مقطعه (٢,٥ × ١٠^{-٦} م^٢).
- الحل :**

(١) السلك ص ، مقاومته أقل .

$$(٢) \quad r = t \times z = 20 \times 2 = 40 \text{ كولوم}$$

(٣) سيزداد ، لأن المقاومة ستزداد والميل يمثل المقاومة

(٤) لا ، لأن المقاومة ثابتة للمادة الواحدة وتعتمد على

درجة الحرارة ونوع مادة الموصل

$$(٥) \quad m = \frac{z}{t} = \frac{2}{1} = 2 \text{ أوم}$$

$$\rho = \frac{m}{l} = \frac{2}{5} = 0,4 \times 10^{-1} \text{ أوم.م}$$

مثال (٦) : موصل فلزي طوله (٢) م ومساحة مقطعة (١) م^٢ يمر فيه تيار كهربائي مقداره (٣,٠) أمبير عندما

كان فرق الجهد بين طرفيه (١٢) فولت ، وإذا كان عدد الإلكترونات الحرة فيه لوحدة الحجم

يساوي (٢ × ١٠^{٢٨}) إلكترون/م^٣ ، احسب :

(١) مقاومة الموصل . (٢) مقاومة الموصل . (٣) السرعة الانسيابية للإلكترونات الفلز .

الحل :

$$(١) \quad m = \frac{z}{t} = \frac{12}{3} = 40 \text{ أوم}$$

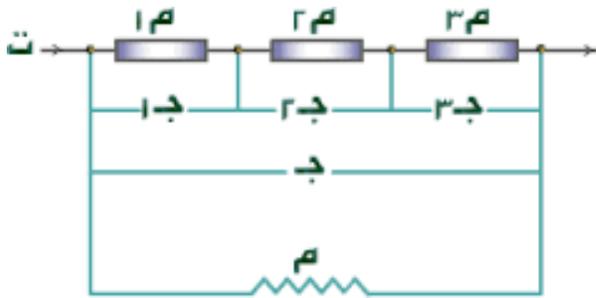
$$(٢) \quad \rho = \frac{m}{l} = \frac{40 \times 1}{2} = 20 \text{ (أوم.م)}$$

$$(٣) \quad e = \frac{t}{n \cdot A} = \frac{3}{2 \times 10^{28} \times 1 \times 10^{-6}} = 1,5 \times 10^{-11} \text{ ث}$$

$$\approx 9,4 \times 10^{-11} \text{ م/ث}$$

توصيل المقاومات الكهربائية

(١) التوصيل على التوالي : يتساوى التيار الكهربائي في كل مقاومة ولكن فرق الجهد يتوزع بحيث :



$$J = J_1 + J_2 + J_3$$

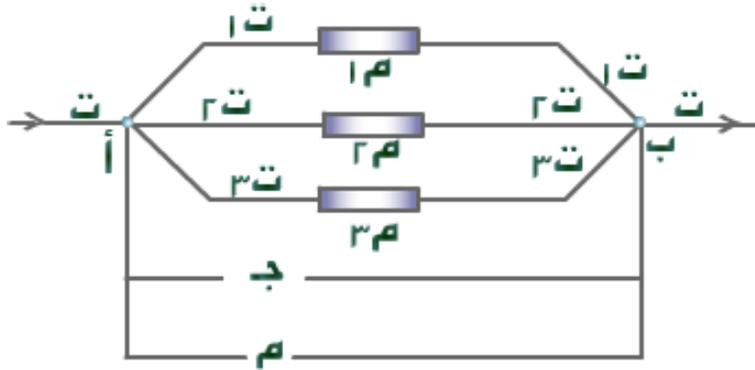
$$I \cdot R = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

حيث : R المقاومة المكافئة .

لاحظ أن المقاومة تزداد عند التوصيل على التوالي .

(٢) التوصيل على التوازي : يتساوى فرق الجهد على كل مقاومة ولكن التيار يتوزع بحيث :



$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\frac{I \cdot R}{R} = \frac{I_1 \cdot R}{R_1} + \frac{I_2 \cdot R}{R_2} + \frac{I_3 \cdot R}{R_3}$$

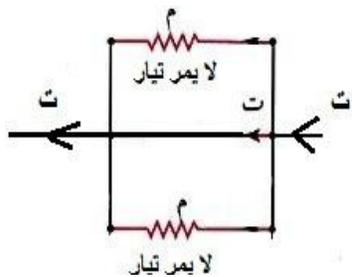
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

أو

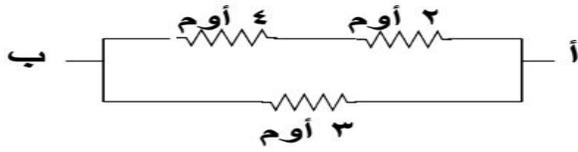
$$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

لاحظ أن المقاومة تقل عند التوصيل على التوازي .

ملاحظة : إذا وصلت مقاومة (أو أكثر) على التوازي وكان هناك مسار للتيار بدون مقاومة فإنه يمر بالدائرة دون أن يمر بالمقاومات وتسمى عندها هذه الدائرة بدارة القصر .



مثال (١) : من الشكل جد المقاومة المكافئة بين النقطتين (أ ، ب) في الدارات الكهربائية :

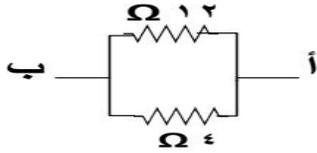


(١)
الحل : (٢ ، ٤) أوم على التوالي

$$١م = ٤ + ٢ = ٦ أوم$$

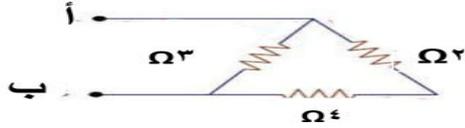
(١م ، ٣) أوم على التوازي

$$٢م = \frac{٣ \times ٦}{٣ + ٦}$$



(٢)
الحل : (٤ ، ١٢) أوم على التوازي

$$٣م = \frac{٤ \times ١٢}{٤ + ١٢}$$

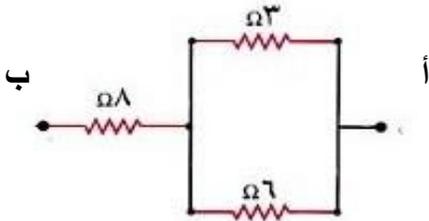


(٣)
الحل : (٢ ، ٤) أوم على التوالي

$$١م = ٤ + ٢ = ٦ أوم$$

(١م ، ٣) أوم على التوازي

$$٢م = \frac{٣ \times ٦}{٣ + ٦}$$

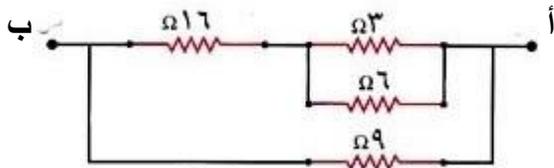


(٤)
الحل : (٦ ، ٣) أوم على التوازي

$$١م = \frac{٣ \times ٦}{٣ + ٦}$$

(١م ، ٨) أوم على التوالي

$$٢م = ٨ + ٢ = ١٠ أوم$$



(٥)
الحل : (٦ ، ٣) أوم على التوازي

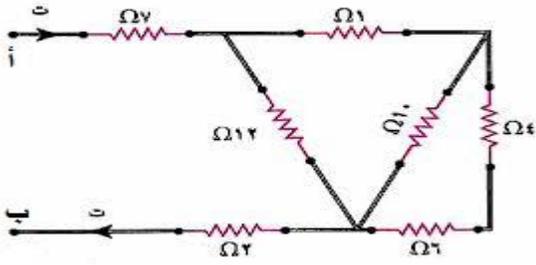
$$١م = \frac{٣ \times ٦}{٣ + ٦}$$

(٢ ، ١٦) أوم على التوالي

$$٢م = ١٦ + ٢ = ١٨ أوم$$

(٩ ، ١٨) أوم على التوازي

$$٦م = \frac{١٨ \times ٩}{١٨ + ٩}$$



(٣م ، ١٢) أوم على التوازي

$$\Omega ٤ = \frac{١٢ \times ٦}{١٢ + ٦} = ٤م$$

(٤م ، ٢ ، ٧) أوم على التوازي

$$\text{مك} = ٢ + ٧ + ٤ = ١٣ \text{ أوم}$$

(٦)

الحل : (٦ ، ٤) أوم على التوالي

$$\text{م} = ٦ + ٤ = ١٠ \text{ أوم}$$

(١م ، ١٠) أوم على التوازي

$$\Omega ٥ = \frac{١٠ \times ١٠}{١٠ + ١٠} = ٥م$$

(٥ ، ١) أوم على التوالي

$$\text{م} = ١ + ٥ = ٦ \text{ أوم}$$

مثال (٢) : من الشكل التالي جد قيمة المقاومة المكافئة في الحالات التالية :

(١) قبل وبعد اغلاق المفتاح (ح)

الحل : قبل الإغلاق

(٦ ، ٤) أوم على التوالي

$$\text{م} = ٤ + ٦ = ١٠ \text{ أوم}$$

(٣ ، ١٢) أوم على التوالي

$$\text{م} = ١٢ + ٣ = ١٥ \text{ أوم}$$

(١م ، ٢م) أوم على التوازي

$$\text{مك} = \frac{١٥ \times ١٠}{١٥ + ١٠} = ٦ \Omega$$

(٢) قبل وبعد اغلاق المفتاح (ح)

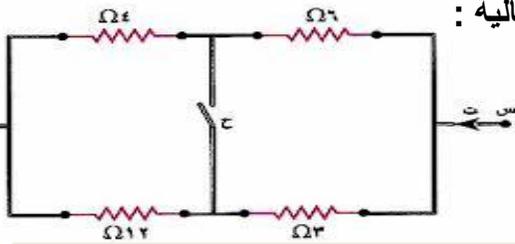
الحل : قبل الإغلاق

(٥ ، ٣) أوم على التوالي

$$\text{م} = ٣ + ٥ = ٨ \text{ أوم}$$

(٦ ، ٢) أوم على التوالي

$$\text{م} = ٢ + ٦ = ٨ \text{ أوم}$$



بعد الإغلاق

(٦ ، ٣) أوم على التوازي

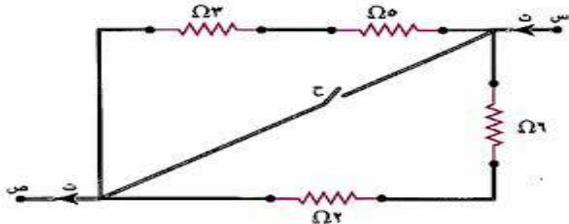
$$\Omega ٢ = \frac{٣ \times ٦}{٣ + ٦} = ٢م$$

(٤ ، ١٢) أوم على التوازي

$$\Omega ٣ = \frac{١٢ \times ٤}{١٢ + ٤} = ٣م$$

(١م ، ٢م) أوم على التوالي

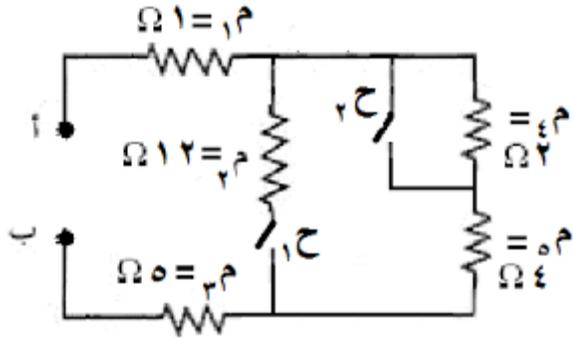
$$\text{مك} = ٢ + ٣ = ٥ \Omega$$



(١م ، ٢م) أوم على التوازي

$$\Omega ٤ = \frac{٨ \times ٨}{٨ + ٨} = ٤م$$

بعد الإغلاق : مك = صفر (دائرة قصر)



- ٣ (أ) (١ ح ، ٢ ح) مفتوحين .
 ب (١ ح) مغلق و (٢ ح) مفتوح .
 ج (٢ ح) مغلق و (١ ح) مفتوح .
 د (١ ح ، ٢ ح) مغلقين .

الحل :

أ (١ م ، ٢ م ، ٣ م ، ٤ م) أوم على التوالي
 $\Omega_{12} = 5 + 4 + 2 + 1 = 12 \text{ م}$

ب (١ م ، ٢ م ، ٣ م) أوم على التوالي

$$\Omega_6 = 4 + 2 = 6 \text{ م}$$

ج (١ م ، ٢ م) أوم على التوازي

$$\Omega_4 = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = 4 \text{ م}$$

د (١ م ، ٢ م ، ٣ م) أوم على التوالي

$$\Omega_{10} = 5 + 4 + 1 = 10 \text{ م}$$

ج (١ م ، ٢ م ، ٣ م) أوم على التوالي

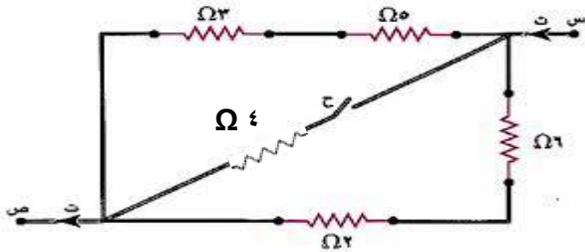
$$\Omega_{10} = 5 + 4 + 1 = 10 \text{ م}$$

د (١ م ، ٢ م) أوم على التوازي

$$\Omega_3 = \frac{12 \times 4}{12 + 4} = 3 \text{ م}$$

د (١ م ، ٢ م ، ٣ م) أوم على التوالي

$$\Omega_9 = 5 + 3 + 1 = 9 \text{ م}$$



- ٤ (أ) قبل وبعد اغلاق المفتاح (ح)

الحل : قبل الإغلاق

أ (٣ ، ٥) أوم على التوالي

$$\Omega_8 = 3 + 5 = 8 \text{ أوم}$$

ب (٢ ، ٦) أوم على التوالي

$$\Omega_8 = 2 + 6 = 8 \text{ أوم}$$

ج (١ م ، ٢ م) أوم على التوازي

$$\Omega_4 = \frac{8 \times 8}{8 + 8} = 4 \text{ م}$$

بعد الإغلاق

أ (٣ ، ٥) أوم على التوالي

$$\Omega_8 = 3 + 5 = 8 \text{ أوم}$$

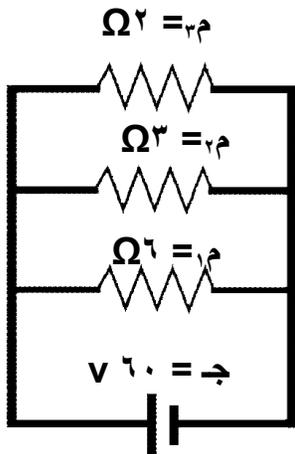
ب (٢ ، ٦) أوم على التوالي

$$\Omega_8 = 2 + 6 = 8 \text{ أوم}$$

ج (١ م ، ٢ م ، ٣ م ، ٤) أوم على التوازي

$$\frac{1}{8} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} = \frac{1}{2} \text{ م}$$

$$\Omega_2 = 2 \text{ م}$$



مثال (٣) : من الشكل المجاور جد :

(١) المقاومة المكافئة . (٢) تيار كل مقاومة .

الحل :

(١) (١م ، ٢م ، ٣م) أوم على التوازي

$$\frac{1}{R_{\text{ك}} = 1} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{1}{\text{ك}}$$

$$(٢) \text{ ت}_١ = \frac{\text{ج}}{\text{م}} = \frac{60}{1} = 60 \text{ أمبير}$$

$$\text{ت}_٢ = \frac{\text{ج}}{\text{م}} = \frac{60}{2} = 30 \text{ أمبير}$$

$$\text{ت}_٣ = \frac{\text{ج}}{\text{م}} = \frac{60}{3} = 20 \text{ أمبير}$$

مثال (٤) : من الشكل المجاور جد قراءة الأميتر (A) في الحالتين :

(١) المفتاح مفتوح . (٢) المفتاح مغلق .

الحل :

$$(١) \text{ م} = 2 + 3 = 5 \text{ أوم}$$

$$\text{قراءة الأميتر} = \text{ت} = \frac{\text{ج}}{\text{م}} = \frac{20}{5} = 4 \text{ أمبير}$$

$$(٢) \text{ م} = 3 + \frac{2 \times 2}{2 + 2} = 4 \text{ أوم}$$

$$\text{قراءة الأميتر} = \text{ت} = \frac{\text{ج}}{\text{م}} = \frac{20}{4} = 5 \text{ أمبير}$$

مثال (٥) : من الشكل المجاور وإذا كان التيار المار في المقاومة (هـ) يساوي (٤) أمبير جد :

(١) التيار في المقاومة (و) . (٢) التيار عند النقطة س .

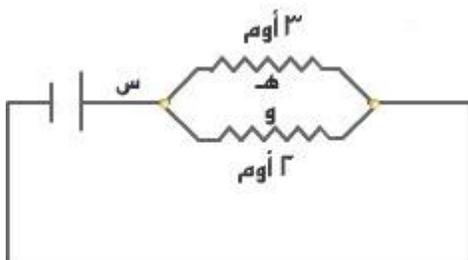
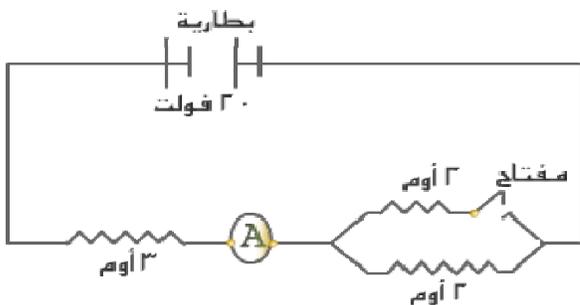
الحل :

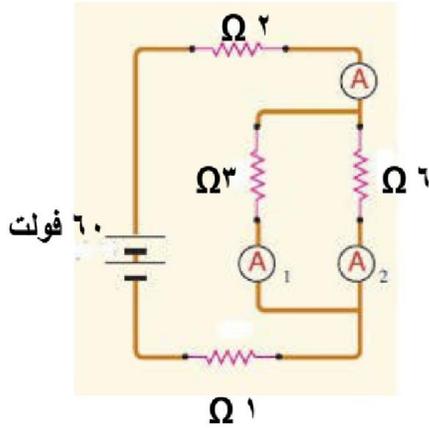
$$(١) \text{ ج} = \text{ت}_هـ \times \text{م}_هـ = 4 \times 3 = 12 \text{ فولت}$$

$$\text{ج} = \text{ج} = \text{ج} = 12 \text{ فولت}$$

$$\text{ت}_و = \frac{\text{ج}}{\text{م}} = \frac{12}{2} = 6 \text{ أمبير}$$

$$(٢) \text{ ت}_س = \text{ت}_و + \text{ت}_هـ = 6 + 4 = 10 \text{ أمبير}$$





$$\text{قراءة الأميتر } A_1 = \frac{24}{3} = 8 \text{ أمبير}$$

$$\text{قراءة الأميتر } A_2 = \frac{24}{6} = 4 \text{ أمبير}$$

مثال (٦) : من الشكل جد :

(١) المقاومة المكافئة . (٢) قراءة كل أميتر .

الحل :

(١) أوم على التوازي (٣ ، ٦)

$$١٣ = \frac{٣ \times ٦}{٣ + ٦} = ٢ \text{ أوم}$$

(٢) أوم على التوالي (١ ، ١ ، ٢)

$$٥ = ٢ + ١ + ٢ = ٥ \text{ أوم}$$

$$(٢) \text{ قراءة الأميتر } A = \frac{٦٠}{٥} = ١٢ \text{ أمبير}$$

$$١ = ١٢ \times ٢ = ٢٤ \text{ فولت}$$

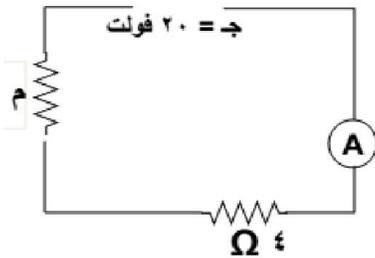
مثال (٧) : من الشكل المجاور إذا كانت قراءة الأميتر (٢) أمبير جد قيمة المقاومة م .

الحل :

$$١٠ = \frac{٢٠}{٢} = ١٠ \text{ أوم}$$

(٤ ، م) أوم على التوالي

$$١٠ = م + ٤ = م$$



مثال (٨) : من الشكل المجاور إذا كانت قراءة الأميتر (٤) أمبير جد قيمة المقاومة م .

الحل :

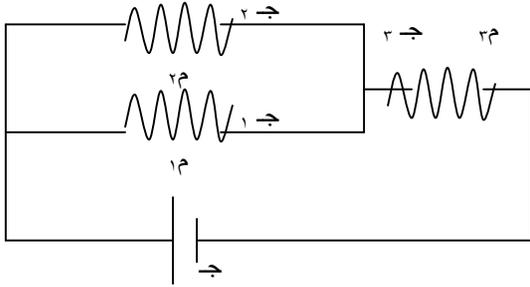
$$١٠ = \frac{٤٠}{٤} = ١٠ \text{ أوم}$$

(٧ ، م) أوم على التوالي

$$١٠ = م + ٧ = م$$

$$١٢ = \frac{٣ \times ٤}{٣ + ٤} = ٣$$

مثال (٩) : في الشكل المجاور إذا علمت أن ($\Omega 1 = 3\text{ م}$ ، $\Omega 4 = 2\text{ م}$ ، $\Omega 12 = 1\text{ م}$) وأن التيار الكهربائي المار في الدارة يساوي (١٠) أمبير احسب :



$$(3) \text{ ج } 3 = 3 \times 2 = 6 = 1 \times 10 = 10 \text{ فولت}$$

$$\text{ج } 1 = 2 = 10 - 8 = 2 \text{ فولت}$$

$$(4) \text{ ت } 10 = 3 \text{ أمبير}$$

$$\text{ت } 1 = \frac{30}{12} = 2,5 = 2,5 \text{ أمبير}$$

$$\text{ت } 2 = \frac{30}{4} = 7,5 = 7,5 \text{ أمبير}$$

- (١) المقاومة المكافئة .
- (٢) فرق جهد المصدر .
- (٣) فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة .
- (٤) التيار الكهربائي المار في كل مقاومة .

الحل :

$$(1) \text{ (م } 3 \text{ ، م } 12) \text{ أوم على التوازي}$$

$$\text{م } 3 = \frac{4 \times 12}{4 + 12}$$

$$(2) \text{ (م } 3 \text{ ، م } 12) \text{ أوم على التوالي}$$

$$\text{م } 4 = 3 + 1 = 4 \text{ أوم}$$

$$(2) \text{ ج مصدر} = \text{ت كلي} \times \text{م } 4 = 10 \times 4 = 40 \text{ فولت}$$

مثال (١٠) : مجموعة من المقاومات لها نفس المقدار وهو ($\Omega 3$) ، وصلت معاً على التوالي ثم وصلت بفرق جهد مقداره (٢٤) فولت ، إذا كان التيار المار في الدارة (٢) أمبير ، جد عدد المقاومات .

الحل :

$$\text{م } 12 = \frac{24}{2} = 12 \text{ أوم}$$

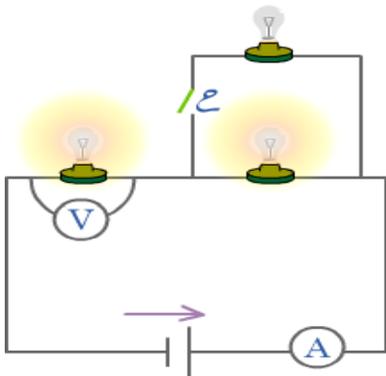
$$\text{م } 3 \times \text{ن} = 12 \text{ ومنها } \text{ن} = 4$$

عدد المقاومات (ن) = ٤ مقاومات

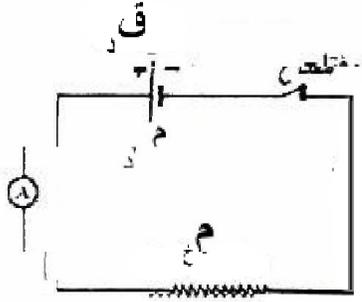
مثال (١١) : في الشكل المجاور المصابيح الثلاثة متماثلة تماماً وصالحة بين مع التفسير ما يحدث لكل من قراءتي الأميتر والفولتميتر عند إغلاق المفتاح (ح) .

الحل :

ستزداد قراءتي الأميتر والفولتميتر ، لأنه عند إغلاق المفتاح ستقل المقاومة المكافئة للدارة فيزداد التيار ويزداد فرق الجهد .



القوة الدافعة الكهربائية



* مصادر القوة الدافعة الكهربائية : هي المصادر التي تمدنا بالطاقة الكهربائية مثل البطارية والمولد الكهربائي .

* تكمن أهمية مصادر القوة الدافعة الكهربائية في أنها تعمل على تحريك الشحنات الحرة وإدانة التيار في دارة مغلقة وتزويد الشحنات الكهربائية بالطاقة .

* يرمز للبطارية بالرمز (| |) حيث يشير الخط الأقصر إلى القطب السالب والخط الأطول إلى القطب الموجب ويكون اتجاه انتقال الشحنات من القطب السالب إلى القطب الموجب أي من النقطة ذات الجهد المنخفض إلى النقطة ذات الجهد المرتفع .

* تعمل البطارية على دفع الشحنات الكهربائية حيث تبذل شغلاً في تزويد الشحنات بالطاقة اللازمة لنقلها من القطب السالب إلى القطب الموجب .

* يكون مقدار الشغل الذي تبذله البطارية في نقل الشحنات مساوياً للطاقة التي تستهلكها المقومات في الدارة .

تعرف القوة الدافعة الكهربائية (ق_د) بأنها :

" الشغل الذي يبذله المصدر في نقل وحدة الشحنات الكهربائية الموجبة من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل المصدر الكهربائي " .

$$ق_{د} = \frac{\text{الشغل الذي يبذله مصدر القدرة (جول)}}{\text{كمية الشحنة المنقولة (كولوم)}}$$

$$ق_{د} = \frac{\text{ش}}{V}$$

تقاس القوة الدافعة بوحدة فولت .

سؤال : ماذا نعني بقولنا أن بطارية قوتها الدافعة (٣) فولت ؟

جواب : يعني أن البطارية تبذل شغلاً مقداره (٣) جول في نقل وحدة الشحنات الموجبة من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل البطارية .

القدرة الكهربائية

تعرف القدرة بأنها : الشغل المبذول في وحدة الزمن .

$$\text{القدرة} = \frac{\text{ش}}{\text{ز}}$$

$$\text{ش} = \text{ق.د} \times \text{ز} \quad (\text{بقسمة الطرفين على الزمن})$$

$$\frac{\Delta \text{ش}}{\Delta \text{ز}} = \text{ق.د} \times \frac{\Delta \text{ز}}{\Delta \text{ز}}$$

$$\text{قدرة البطارية} = \text{ق.د} \times \text{ت}$$

* لحساب القدرة المستهلكة في المقاومة :

$$\text{ش} = \text{ج} \times \text{ز} \quad (\text{بقسمة الطرفين على الزمن})$$

$$\frac{\text{ش}}{\text{ز}} = \text{ج} \times \frac{\text{ز}}{\text{ز}}$$

تسمى القدرة أيضاً بمعدل الطاقة المستهلكة

مهم

$$\text{القدرة} = \text{ج} \times \text{ت}$$

$$\begin{aligned} \text{م} &= \text{ت}^2 \\ \text{ج} &= \frac{\text{م}}{\text{ت}^2} \end{aligned}$$

* ولحساب الطاقة الحرارية المتولدة :

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

* من قانون حفظ الطاقة فإن القدرة التي تنتجها البطارية (ق.د ت) تكون مساوية للقدرة التي تستهلكها المقاومات الخارجية والداخلية حيث :

$$\text{ق.د} \times \text{ت} = \text{م} \times \text{ت} + \text{م} \times \text{ت}$$

سؤال (علل) : في مجموعة من المقاومات الموصولة على التوازي تكون المقاومة الأقل مقداراً هي الأكثر استهلاكاً للقوة الكهربائية ؟

جواب : لأنه عند توصيل المقاومات على التوازي يكون فرق الجهد ثابت وبما أن (القدرة = $\frac{J}{M}$) أي تتناسب عكسياً مع المقاومة فإن المقاومة الأقل مقداراً هي الأكثر استهلاكاً للقوة الكهربائية .

سؤال (علل) : في مجموعة من المقاومات الموصولة على التوالي تكون المقاومة الأكبر مقداراً هي الأكثر استهلاكاً للقوة الكهربائية ؟

جواب : عند توصيل المقاومات على التوالي يكون التيار ثابت وبما أن (القدرة = $M \cdot T$) فهذا يعني أنه كلما زادت المقاومة زادت القدرة ولذلك تكون المقاومة الأكبر هي الأكثر استهلاكاً للقوة الكهربائية .

* تقاس القدرة بوحدة واط ← كيلو واط = ١٠٠٠ واط .
* يقاس الزمن بوحدة ثانية ← ساعة = ٦٠ دقيقة × ٦٠ ثانية = ٣٦٠٠ ثانية

مثال (١) : جهاز كهربائي قدرته (١٨٠٠) واط ، ويعمل على فرق جهد (٦٠) فولت ، إذا كان طول السلك (٢٠٠) م ومقاوميته (١٠×١,٢) أوم.م ، احسب :
(١) مقاومة الجهاز . (٢) مساحة مقطع السلك . (٣) أكبر تيار يمر فيه .

الحل :

$$(٣) \text{ ت } = \frac{\text{ج}}{\text{م}} = \frac{٦٠}{٢} = ٣٠ \text{ أمبير}$$

$$(١) \text{ القدرة } = \frac{\text{ج}^٢}{\text{م}} \text{ ومنها م } = \frac{٣٦٠٠}{١٨٠٠} = ٢ \text{ أوم}$$

$$(٢) \text{ م } = \frac{\rho \text{ ل}}{\text{أ}} \text{ ومنها أ } = \frac{٢٠٠ \times ١٠ \times ١,٢}{٢} = ١٢٠ \text{ م}^٢$$

مثال (٢) : سخان كهربائي قدرته الكهربائية (١,٦) كيلو واط ويعمل على فرق جهد مقداره (٢٠٠) فولت احسب :
(١) مقدار التيار المار في سلك السخان . (٢) المقاومة الكهربائية للسخان .
(٣) الطاقة الحرارية نتيجة تشغيل السخان لمدة ساعتين .

الحل :

$$(١) \text{ ت } = \frac{\text{القدرة}}{\text{ج}} = \frac{١٦٠٠}{٢٠٠} = ٨ \text{ أمبير}$$

$$(٢) \text{ م } = \frac{\text{ج}}{\text{ت}} = \frac{٢٠٠}{٨} = ٢٥ \text{ أوم}$$

$$(٣) \text{ ط } = \text{القدرة} \times \text{الزمن} = ١٦٠٠ \times ٢ = ٣٦٠٠ \text{ جول}$$

$$= ١٠ \times ١١٥٢ \text{ جول}$$

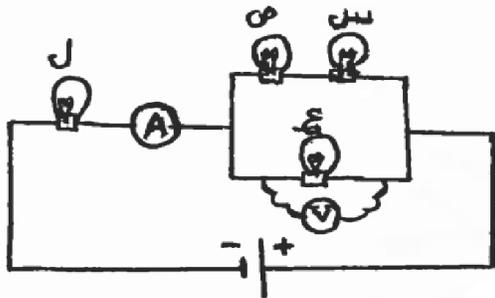
$$\text{أو ط} = ١,٦ \times ٢ = ٣,٢ \text{ كيلو واط . ساعة}$$

مثال (٣) : وصلت أربعة مصابيح متماثلة مع بعضها مقاومة كل منها (م) كما في الشكل المجاور . معتمداً على الشكل أجب عما يأتي :
(١) رتب المصابيح (ع ، س ، ل) تنازلياً حسب شدة إضاءتها .
(٢) ماذا يحدث لكل من قراءة الأميتر (A) ، وقراءة الفولتميتر (V) إذا احترق فتيل المصباح (س) .

الحل :

(١) ل ، ع ، س .

(٢) تقل قراءة الأميتر ، تزداد قراءة الفولتميتر .



مثال (٤) : مدفأة كهربائية تعمل على فرق جهد (٢٠٠) فولت ، إذا علمت أن الطاقة المتولدة في سلك خلال زمن (٥) ساعات تساوي (١٠×١٨) جول ، احسب :
(١) مقاومة سلك المدفأة
(٢) القدرة الكهربائية للمدفأة

الحل :

$$(١) \text{ م } = \frac{\text{ج}^٢}{\text{ط}} = \frac{١٠ \times ١٨}{٣٦٠٠ \times ٥} = ٤٠ \text{ أوم}$$

$$(٢) \text{ القدرة } = \frac{\text{ج}}{\text{م}} = \frac{١٠ \times ٤}{٤٠} = ٣١٠ \text{ واط}$$

مثال (٥) : مصباحان كتب على الأول (٤٠ واط ، ١٢٠ فولت) ، وعلى الثاني (٦٠ واط ، ١٢٠ فولت)

جد القدرة المستهلكة في كل مصباح في الحالتين التاليتين :

(١) إذا وصل معاً على التوازي مع مصدر للجهد يعطي (١٢٠) فولت .

(٢) إذا وصل معاً على التوالي مع مصدر للجهد يعطي (١٢٠) فولت .

الحل :

$$R_{\text{ك}} = R_1 + R_2 = 360 + 240 = 600 \Omega$$

$$I_{\text{تكلي}} = \frac{V_{\text{ج}}}{R_{\text{ك}}} = \frac{120}{600} = 0,2 \text{ أمبير}$$

$$P_1 = I_1 \times R_1 = I_{\text{ك}} \times R_1 = 0,2 \times 360 = 72 \text{ واط}$$

$$P_2 = I_2 \times R_2 = I_{\text{ك}} \times R_2 = 0,2 \times 240 = 48 \text{ واط}$$

(١) في التوصيل على التوازي نعلم القدرة المعطاة لأن فرق الجهد ثابت .

$$P_{\text{قدرة الأول}} = 40 \text{ واط}$$

$$P_{\text{قدرة الثاني}} = 60 \text{ واط}$$

$$R_1 = \frac{V_{\text{ج}}^2}{P_{\text{قدرة 1}}} = \frac{120^2}{40} = 360 \Omega$$

$$R_2 = \frac{V_{\text{ج}}^2}{P_{\text{قدرة 2}}} = \frac{120^2}{60} = 240 \Omega$$

مثال (٦) : سخان كهربائي كتب عليه (٢٢٠٠) واط ، (٢٢٠) فولت ، صنعت مقاومته من سلك فلزي مساحة مقطعة

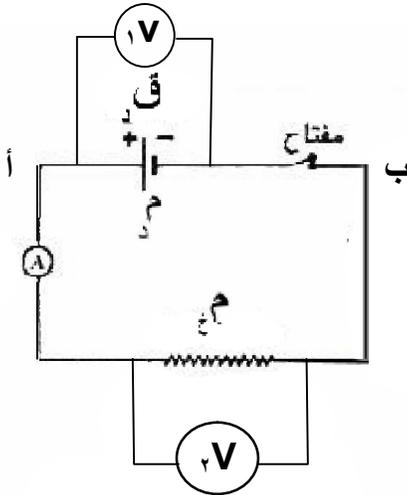
العرضي (١٦) مم^٢ ، ومقاومته (٦,٦ × ١٠^{-١٠}) Ω . احسب :

(١) طول السلك الفلزي الذي صنعت المقاومة منه . (٢) أكبر تيار يمر في مقاومة السخان .

(٣) الطاقة المصروفة عند تشغيل السخان لمدة ساعتان .

الحل :

معادلة الدارة البسيطة



- * إن قراءة الأميتر (A) تمثل التيار الكلي في الدارة .
- * إن قراءة الفولتميتر (١V) تمثل فرق الجهد بين طرفي البطارية .
- * إن قراءة الفولتميتر (٢V) تمثل فرق الجهد بين طرفي المقاومة الخارجية .

$$ق_d = ج_خارجي + ج_داخلي$$

$$ق_d = ت \times م_خ + ت \times م_د$$

$$ق_d = ت (م_خ + م_د)$$

معادلة الدارة البسيطة لبطارية واحدة

$$ت = \frac{ق_d}{م_خ + م_د}$$

معادلة الدارة البسيطة لأكثر من بطارية

$$حيث \sum م = \sum م_خ + \sum م_د$$

$$ت = \frac{\sum ق_d}{\sum م}$$

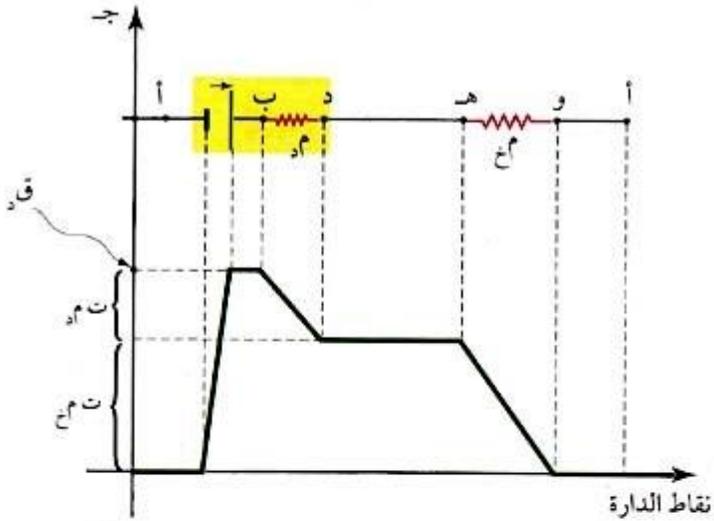
فرق الجهد عبر طرفي البطارية

$$ج_أب = ق_d - ت \times م_د$$

فرق الجهد عبر طرفي مقاومة خارجية

$$ج_أب = ت \times م_خ$$

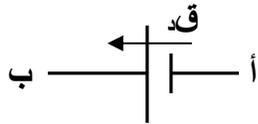
المقدار (ت × م_د) جهداً مهدوراً يسمى الهبوط في الجهد لأنه يؤدي إلى انقاص فرق الجهد بين طرفي البطارية عن مقدار القوة الدافعة الكهربائية .



التمثيل البياني للتغيرات في الجهد :

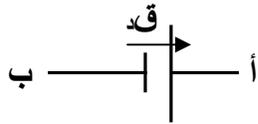
حالات توصيل البطارية :

(١) إذا عبرنا البطارية من القطب السالب إلى القطب الموجب فإن الجهد يزداد بمقدار القوة الدافعة الكهربائية :



$$(ج أ + ق د = ج ب)$$

(٢) إذا عبرنا البطارية من القطب الموجب إلى القطب السالب فإن الجهد يقل بمقدار القوة الدافعة الكهربائية :



$$(ج أ - ق د = ج ب)$$

حالات توصيل المقاومة الخارجية :

(١) إذا عبرنا مقاومة من أ إلى ب وكان التيار بنفس اتجاهنا فإن الجهد يقل حيث : $ج أ - ت م = ج ب$



(٢) إذا عبرنا مقاومة من أ إلى ب وكان التيار بعكس اتجاهنا فإن الجهد يزداد حيث : $ج أ + ت م = ج ب$



سؤال : اذكر الحالات التي يكون فيها فرق الجهد بين طرفي البطارية مساوٍ للقوة الدافعة الكهربائية فيها ؟

جواب : (١) إذا كانت الدارة مفتوحة (ت = صفر) . (٢) إذا كانت البطارية مثالية (م = صفر) .

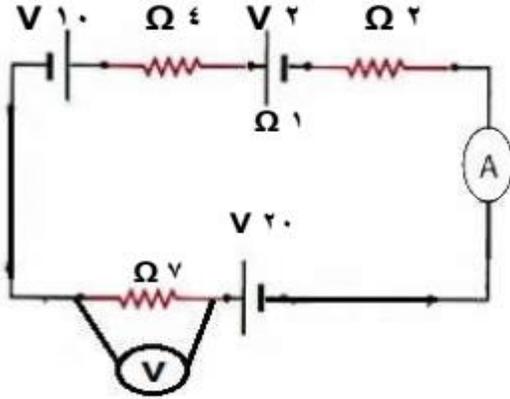
سؤال : هل ممكن أن يزيد فرق الجهد بين طرفي بطارية عن قوتها الدافعة الكهربائية ؟

جواب : نعم ممكن ، إذا عبرنا البطارية من القطب الموجب إلى القطب السالب وكان التيار يعبر مقاومتها الداخلية بنفس اتجاه حركتنا :

$$ج أ - ق د - ت م = ج ب$$

مثال (١) : من الشكل المجاور جد :

(١) قراءة الأميتر (A) . (٢) قراءة الفولتميتر (V) .



الحل :

$$(١) \text{ قراءة الأميتر} = \text{ت} = \frac{\text{ق.د}}{\text{م}} = \frac{٢ - ١٠ + ٢٠}{٢ + ١ + ٤ + ٧}$$

$$٢ = \frac{٢٨}{١٤} = ٢ \text{ أمبير}$$

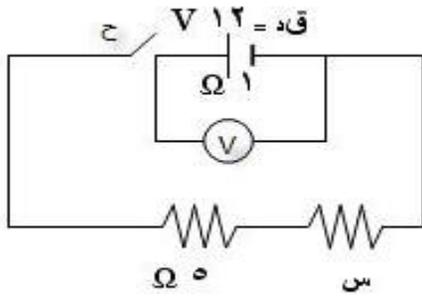
(٢) قراءة الفولتميتر = ج = ت × م = ٢ × ٧ = ١٤ فولت

مثال (٢) : في الشكل المجاور احسب :

(١) قراءة الفولتميتر و الدارة مفتوحة .

(٢) إذا أغلق المفتاح وأصبحت قراءة الفولتميتر (١١) فولت

احسب مقدار المقاومة س .



الحل :

(١) قراءة الفولتميتر = ق.د = ١٢ فولت

(٢) الهبوط في الجهد = ت × م

١٢ - ١١ = ت × ١ ومنها ت = ١ أمبير

$$\text{ت} = \frac{\text{ق.د}}{\text{م}}$$

ومنها س = ٦ - ١٢ = ٦ Ω

$$\frac{١٢}{١ + ٥} = ١$$

مثال (٣) : من الشكل المجاور إذا كانت قراءة الفولتميتر (١٥) فولت جد :

(١) القوة الدافعة الكهربائية . (٢) قدرة البطارية .

(٣) القدرة المستهلكة داخل البطارية .

(٤) الهبوط في جهد البطارية .

(٥) الطاقة الحرارية في المقاومة (٤) أوم خلال دقيقة واحدة .

الحل :

(١) ج (المسار العلوي) = ت × م

١٥ = ت × (٢ + ٣) ومنها ت = ٣ أمبير

ج (المسار السفلي) = ق.د - ت × م ← ١٥ = ق.د - (٢ + ٣) × ٣ ومنها ق.د = ٣٦ فولت

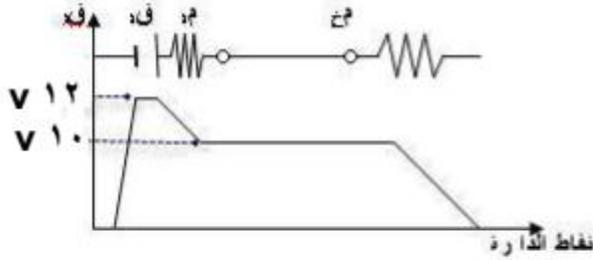
(٢) قدرة البطارية = ق.د × ت = ٣ × ٣٦ = ١٠٨ واط

(٣) القدرة المستهلكة داخل البطارية = م × ت = ٩ × ٩ = ٨١ واط

(٤) الهبوط في الجهد = ت × م = ٣ × ١ = ٣ فولت

(٥) ط = م × ت × ز = ٩ × ٣ × ٤ = ١٠٨ جول

مثال (٤) : إذا مثلت التغيرات في الجهد عبر الدارة الكهربائية البسيطة المبينة في الشكل بالرسم البياني المجاور لها بالإعتماد على المعلومات المثبتة على كل منها احسب :



- (١) قيمة القوة الدافعة الكهربائية .
- (٢) الهبوط في الجهد
- (٣) قراءة الأميتر .
- (٤) قيمة المقاومة م .

الحل :

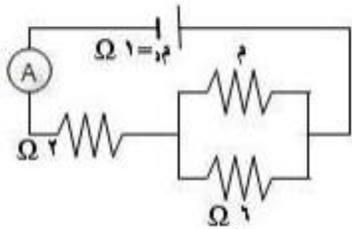
(١) $ق = ١٢$ فولت

(٢) الهبوط في الجهد $= ١٢ - ١٠ = ٢$ فولت

(٣) الهبوط في الجهد $= ت \times م$

$٢ = ت \times ١$ ومنها $ت = ٢$ أمبير (قراءة الأميتر)

(٤) $ق = ت \times م$ $\Rightarrow ١٢ = ٢ \times م$ $\Rightarrow م = ٦$ Ω



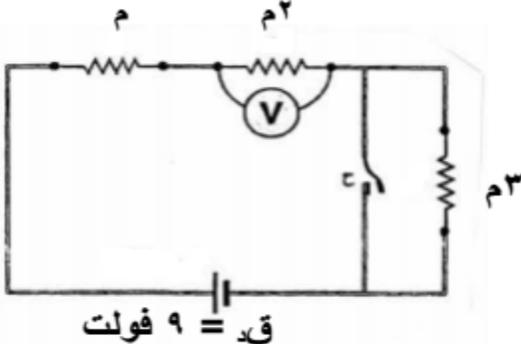
ومنها $٣ = م$ أو $١٢ = ٦ + ٦$ ومنها $٣ = م$ ومنها $٦ = م$ ومنها $٦ = م$ ومنها $٦ = م$

مثال (٥) : من الشكل جد قراءة الفولتميتر بعد اغلاق المفتاح .
الحل :

بعد اغلاق المفتاح لا يمر تيار في المقاومة (٣) لأنها دارة قصر .

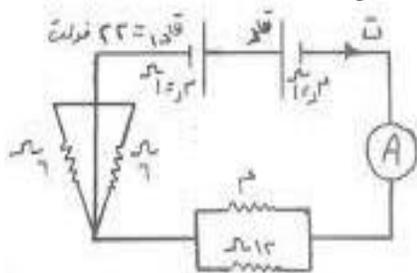
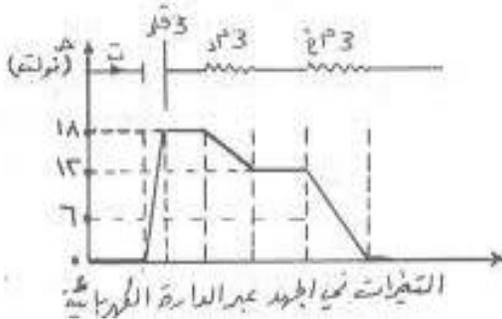
$ق = ت \times م$ $\Rightarrow ٩ = ت \times م$ $\Rightarrow ت = \frac{٩}{م}$

قراءة الفولتميتر $= ج = ت \times م = \frac{٩}{م} \times م = ٩$ فولت



$ق = ٩$ فولت

مثال (٦) : إذا مثلت التغيرات في الجهد عبر الدارة الكهربائية البسيطة المبينة في الشكل بالرسم البياني المجاور لها بالإعتماد على المعلومات المثبتة على كل منها احسب مقدار كل من :



- (١) القوة الدافعة الكهربائية (ق) .
- (٢) قراءة الأميتر (A) .
- (٣) المقاومة المكافئة للمقاومات الخارجية .
- (٤) المقاومة المجهولة (م) .

الحل :

(١) $ق = ١٨$ فولت ومنها $ق = ٤$ فولت

(٢) الهبوط في الجهد $= ت \times م$ $\Rightarrow ١٨ - ١٢ = ت \times ٤$ $\Rightarrow ت = ٣$ أمبير (قراءة الأميتر)

(٣) $ج = ت \times م$ $\Rightarrow ١٢ = ٣ \times م$ $\Rightarrow م = ٤$ Ω

(٤) المقاومتان ($\Omega ٦$ ، $\Omega ٦$) لا يمر فيهما تيار (دارة قصر)

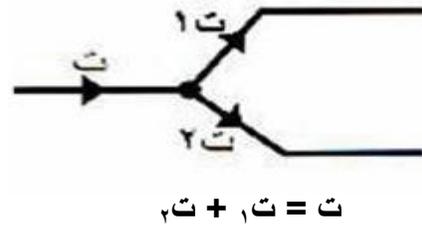
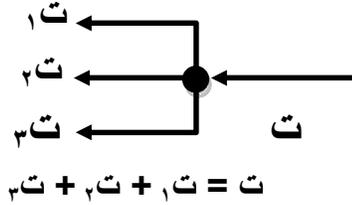
$٤ = \frac{١٢ \times م}{١٢ + م}$ $\Rightarrow ٤(١٢ + م) = ١٢م$ $\Rightarrow ٤٨ + ٤م = ١٢م$ $\Rightarrow ٤٨ = ٨م$ $\Rightarrow م = ٦$ Ω

قانونا كيرشوف

قانون كيرشوف الأول : ويعتمد على مبدأ حفظ الشحنة .

وينص على " مجموع التيارات الداخلة إلى نقطة ما يساوي مجموع التيارات الخارجة من نفس النقطة "

مثل :



قانون كيرشوف الثاني : ويعتمد على مبدأ حفظ الطاقة .

وينص على " المجموع الجبري للتغير في فروق الجهد حول أي مسار مغلق يساوي صفراً "

$$\sum \text{ج} = 0 \text{ صفراً}$$

(تطبق على المسار المغلق)

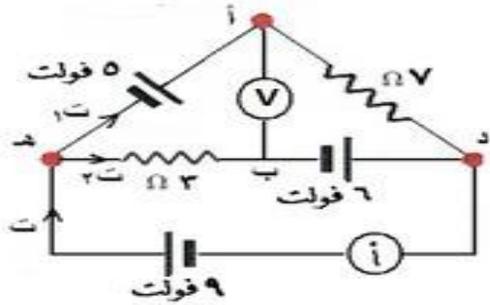
$$\sum \text{ق} = \sum \text{ت} \times \text{م}$$

ملاحظة : لإيجاد فرق الجهد بين نقطتين مثل (أ ، ب) نستخدم الطريقة التالية :

$$\text{ج} = \sum \text{ق} + \sum \text{ت} \times \text{م} = \text{ج} \text{ ب}$$

* في المسار من أ إلى ب تكون :

- (١) قـ موجبة إذا كانت بنفس اتجاه المسار وسالبة إذا كانت عكس اتجاه المسار .
- (٢) ت سالبة إذا كانت بنفس اتجاه المسار وموجبة إذا كانت عكس اتجاه المسار .



مثال (١) : من الشكل المجاور جد :

(١) قراءة الأميتر (أ) . (٢) قراءة الفولتميتر (ف) .

الحل :

(١) بتطبيق قاعدة كيرشوف على المسار السفلي

$$\sum \text{ق.د} = \sum \text{ت.م}$$

$$٥ = ٣ + ٩ \quad \text{ومنها } ٣ = ٥ - ٩ \text{ أمبير}$$

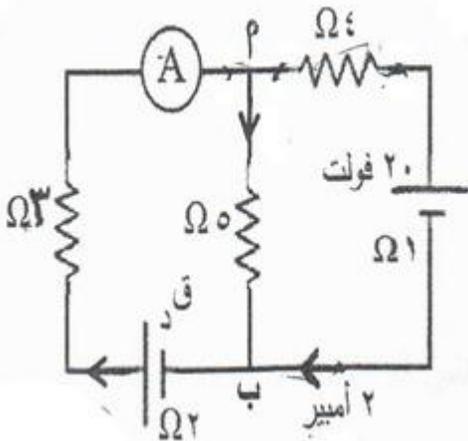
بتطبيق قاعدة كيرشوف على المسار الخارجي

$$\sum \text{ق.د} = \sum \text{ت.م}$$

$$٧ = ٥ + ٩ \quad \text{ومنها } ٩ = ٧ - ٥ = ٢ \text{ أمبير}$$

$$\text{قراءة الأميتر} = ٧ = ٢ + ٥ = ٣ + ٩ = ٢ + ٥ = ٧ \text{ أمبير}$$

(٢) قراءة الفولتميتر = ج.ب = ق.د + ت.م = ٦ + ٧ × ٢ = ٢٠ فولت



مثال (٢) : من الشكل وبياناته إذا كان (ج.ب = ٣٠ فولت) جد :

(١) قراءة الأميتر . (٢) مقدار القوة الدافعة الكهربائية (ق.د)

الحل :

(١) ج.ب (المسار الأوسط) = ت.م

$$٣٠ = ٥ \times \text{ت} \quad \text{ومنها } \text{ت} = ٦ \text{ أمبير}$$

$$\text{قراءة الأميتر} = ٢ + ٦ = ٨ \text{ أمبير}$$

(٢) بتطبيق قاعدة كيرشوف على الحلقة اليسرى

$$\sum \text{ق.د} = \sum \text{ت.م}$$

$$\text{ق.د} = ٧٠ = ٣٠ + ٤٠ = ٥ \times ٦ + (٣ + ٢) \times ٨$$

مثال (٣) : بالاعتماد على الشكل احسب قراءة الأميتر في الحالتين :

(١) عندما يكون المفتاح مفتوح .

(٢) عندما يكون المفتاح مغلق والتيار المار في

المقاومة (٤) أوم يساوي (٣, ٦) أمبير .

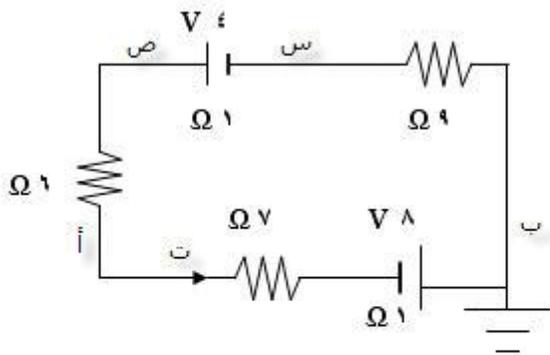
الحل :

$$(١) \text{ قراءة الأميتر} = \text{ت} = \frac{\sum \text{ق.د}}{\sum \text{م}} = \frac{٣٠}{١ + ١٠ + ٤} = ٢ \text{ أمبير}$$

(٢) بتطبيق قاعدة كيرشوف على الحلقة اليسرى

$$\sum \text{ق.د} = \sum \text{ت.م}$$

$$٣٠ = ١٠ + \text{ت} + ١٨ = ٣٠ \quad \leftarrow \quad \text{ت} = ١, ٢ \text{ أمبير (قراءة الأميتر)}$$



مثال (٤) : من البيانات المبينة على الشكل المجاور احسب :
(١) جهد النقطة (أ) . (٢) فرق الجهد بين النقطتين ص س .

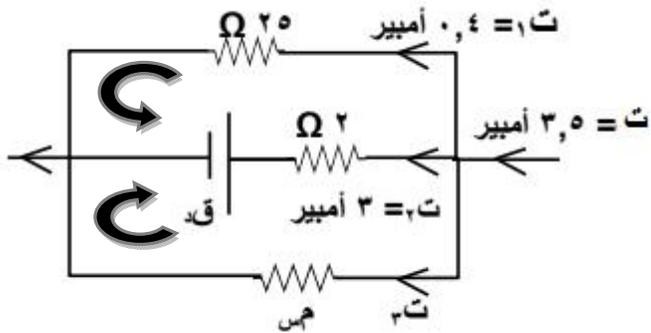
الحل :

$$(١) \text{ ت} = \frac{\sum \text{قيد}}{\sum \text{م}} = \frac{4+8}{2+22} = \frac{12}{24} = ٠,٥ \text{ أمبير}$$

$$\text{ج ا} + \sum \text{قيد} + \text{ت} = \text{ج ب}$$

$$\text{ج ا} + ٠,٥ - ٨ = \text{ج ب} \Rightarrow \text{ج ب} = ٧,٥ - ٨ = -٠,٥ \text{ فولت}$$

$$(٢) \text{ ج ص س} = \text{قيد} - \text{ت} \times \text{م} = ٤ - ١ \times ٠,٥ = ٣,٥ \text{ فولت}$$



مثال (٥) : من الشكل المجاور جد :

(١) قيمة التيار ت٣ . (٢) قيمة القوة الدافعة قيد .

(٣) قيمة المقاومة م٣ .

الحل :

$$(١) \text{ ت} = \text{ت}١ + \text{ت}٢ + \text{ت}٣$$

$$٣,٥ = ٠,٤ + ٣ + \text{ت}٣ \Rightarrow \text{ت}٣ = ٠,١ \text{ أمبير}$$

(٢) بتطبيق قاعدة كيرشوف على المسار العلوي

$$\sum \text{قيد} = \sum \text{ت} \times \text{م}$$

$$\text{قيد} = ٢ \times ٣ - ٢٥ \times ٠,٤ = ٤ \text{ فولت}$$

(٣) بتطبيق قاعدة كيرشوف على المسار السفلي

$$\sum \text{قيد} = \sum \text{ت} \times \text{م}$$

$$٤ = ٠,١ \times \text{م} - ٢ \times ٣ \Rightarrow \text{م} = ١٠٠ \Omega$$

مثال (٦) : في الشكل المجاور احسب :

(١) قراءة الأميتر . (٢) قيمة المقاومة م .

(٣) قيمة القوة الدافعة (قيد) . (٤) جهد النقطة (أ) .

الحل :

$$(١) \text{ قراءة الأميتر} = \text{ت}١ + \text{ت}٢ = ٠,٣ + ٠,٢ = ٠,٥ \text{ أمبير}$$

(٢) بتطبيق قاعدة كيرشوف على المسار الأيمن

$$\sum \text{قيد} = \sum \text{ت} \times \text{م}$$

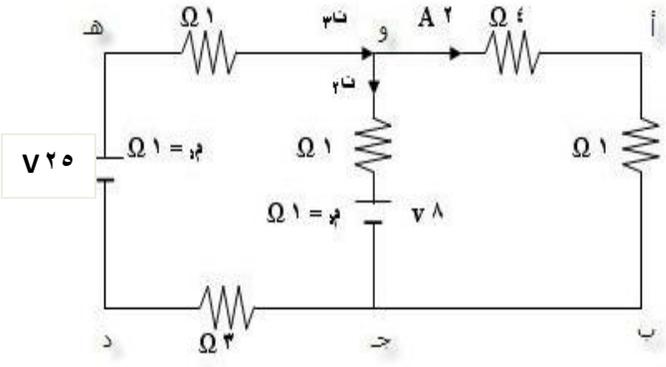
$$١٠ = ٣ + ١٥ \times ٠,٥ + (٣+١) \times ٠,٢ \Rightarrow ١٣ = ٠,٢ + ٠,٨ + ٨ \Rightarrow \text{م} = ٢١ \Omega$$

(٣) بتطبيق قاعدة كيرشوف على المسار الأيسر

$$\sum \text{قيد} = \sum \text{ت} \times \text{م}$$

$$\text{قيد} = ٣ + ١٥ \times ٠,٥ + (٧+١+١٢) \times ٠,٣ = ٣ + ٦ + ٨ = ١١ \text{ فولت}$$

$$(٤) \text{ ج ا} - ٠,٥ \times (١+١٥) = \text{ج ب} \Rightarrow \text{ج ا} = ٥ - \text{صفر} = ٥ \text{ فولت}$$



مثال (٧) : في الدارة الكهربائية المجاورة احسب :

- (١) القدرة الكهربائية المستنفذة في المقاومة $\Omega (٤)$.
- (٢) مقدار كل من التيارين (ت٢ ، ت٣) .

الحل :

(١) القدرة = ت٢ × ٤ = ٢ × ٢ = ٤ واط

(٢) بتطبيق قاعدة كيرشوف على المسار الأيمن

$$\sum \text{ق} = \sum \text{ت} \times \text{م}$$

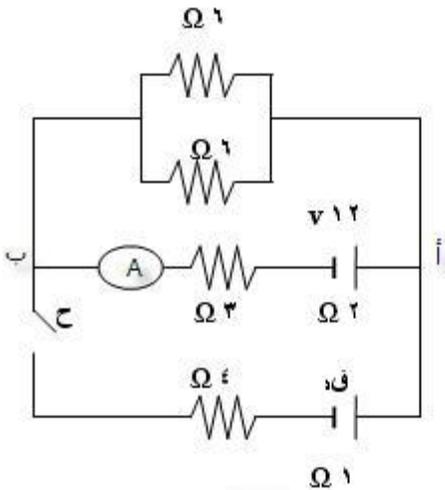
$$٨ = (١+٤) \times \text{ت} - (١+١) \times \text{ت} \quad \leftarrow \text{ت} = ١ \text{ أمبير}$$

$$\text{ت} = ٢ + ٢ = ٤ = \text{ت} + ٢ = ٣ \text{ أمبير}$$

مثال (٨) : اعتماداً على البيانات المثبتة على الدارة المجاورة ، احسب :

أولاً (قراءة الأميتر والمفتاح (ح) مفتوح .

- ثانياً (إذا كان فرق الجهد أ ب = ٦ فولت بعد اغلاق المفتاح جد :
- (١) قراءة الأميتر .
- (٢) قيمة ق٢ .



الحل :

أولاً (م٣ = $\frac{٦ \times ٦}{٦+٦} = ٣$ أوم

قراءة الأميتر = ت = $\frac{\sum \text{ق}}{\sum \text{م}} = \frac{١٢}{٣+٢+٣} = \frac{١٢}{٨} = ١,٥$ أمبير

ثانياً (١) ج أ ب (الوسط) = ق٢ - ت × م = ٦ - ١٢ = ٥ × ت - ١٢ = ٦ $\leftarrow \text{ت} = ١,٢$ أمبير

(٢) ج أ ب (الطوي) = ت × م = ٦ $\leftarrow \text{ت} = ٣$ أمبير

ت٢ = ١,٢ - ٢ = ٠,٨ أمبير

ج أ ب (السفلي) = ق٢ - ت × م = ٦ $\leftarrow \text{ق} = ٦ - (١+٤) \times ٠,٨ = ١٠$ فولت

مثال (٩) : يمثل الرسم المجاور جزءاً من دارة كهربائية فإذا

علمت أن (جهد = ١٢ فولت) . واعتماداً على القيم المثبتة على الرسم احسب :

(١) قراءة الأميتر (A) .

(٢) القوة الدافعة الكهربائية . (٣) ج ب .

الحل :

(١) جهد = ت × م = ١٢ $\leftarrow \text{ت} = ٤$ أمبير (قراءة الأميتر)

(٢) نطبق قاعدة كيرشوف على الحلقة

$$\sum \text{ق} = \sum \text{ت} \times \text{م}$$

$$\text{ق} = ٨ - (١+٧) \times ٢ - (١+٢) \times ٤ = ١٠ \text{ فولت}$$

(٣) ج أ ب = ق٢ - ت × م = ٧ - ١٢ = ٥ = (٣+١) × ٣ - ٧ = ٥ فولت

مثال (١٠) : من الشكل إذا كانت القدرة التي تنتجها البطارية (٣٠) فولت هي (٦٠) واط جد :

- (١) قدرة المقاومة (٥) أوم . (٢) مقدار المقاومة (م) .
(٣) مقدار القوة الدافعة (ق) . (٤) قراءة الفولتمتر .

الحل :

$$(١) \text{ القدرة} = \text{ق} \times \text{ت} = ٦٠ = ٣٠ \times \text{ت} \Rightarrow \text{ت} = ٢ \text{ أمبير}$$

$$\text{قدرة المقاومة} = \text{م} (\text{ت})^2 = ٥ (٢)^2 = ٢٠ \text{ واط}$$

(٢) بتطبيق قاعدة كيرشوف على المسار الأيمن

$$\text{ق} \times \text{ت} = \text{م} \times \text{ت}$$

$$٣ \times ٢ = (١+٣+٥) \times ٢ = ٣+٣٠$$

$$٣٣ = ٣ + ٣٠ \Rightarrow \text{م} = ٤ \text{ أوم}$$

$$(٣) \text{ ت} = ٣ - ٢ = ١ \text{ أمبير}$$

بتطبيق قاعدة كيرشوف على المسار الأيسر

$$\text{ق} \times \text{ت} = \text{م} \times \text{ت}$$

$$\text{ق} \times \text{ت} = ٣ + (١+٤) \times ٣ + (٢+٦+١) \times ١ = ٣ + ٢١ = ٢٤ \text{ فولت}$$

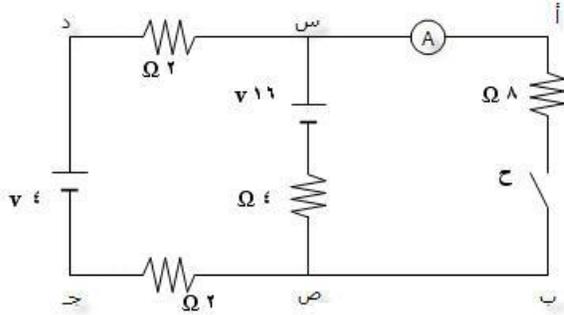
$$(٤) \text{ قراءة الفولتمتر} = \text{ق} \times \text{ت} = ١ \times ١ = ١ \text{ فولت}$$

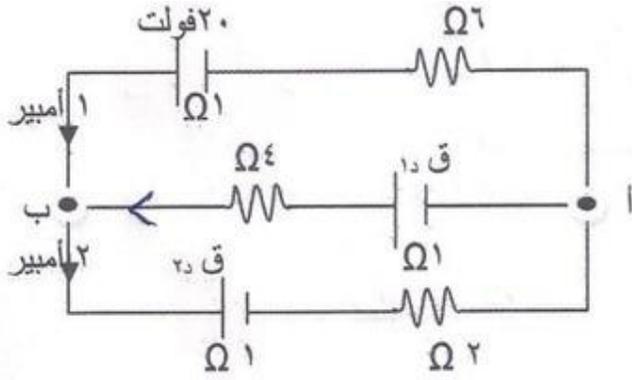
مثال (١١) : معتمداً البيانات المثبتة على عناصر الدارة الكهربائية المجاورة وبإهمال المقاومات الداخلية للأعمدة احسب :

(١) فرق الجهد بين النقطتين (س ، ص) والمفتاح (ح) مفتوح .

(٢) قراءة الأميتر (A) بعد غلق المفتاح (ح) .

الحل :





مثال (١٢) : استعن بالقيم المثبتة على الشكل واحسب ما يلي :

- ١) القوة الدافعة لكل من البطارتين ١ و ٢ .
- ٢) فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة .
- ٣) القدرة المستنفذة في المقاومة (٦) أوم .

الحل :

.....

ورقة عمل

سؤال ١ : موصل فلزي منتظم المقطع عدد الإلكترونات الحرة فيه لكل وحدة حجم تساوي $(١٠^{-٣})$ الكترون/م^٣ ، ومساحة مقطعه العرضي (٢) ملم^٢ يمر به تيار كهربائي مقداره (٣,٢) مايكرو أمبير لمدة (١٠) ثواني احسب :
(١) مقدار الشحنة الكهربائية التي عبرته . (٢) السرعة الانسيابية . (٣) عدد الكترونات المتحركة خلال تلك الفترة .
جواب : $(٣٢ \times ١٠^{-١٠}$ كولوم ، $١٠^{-١١}$ م/ث ، ٢٠×١٠^{-١٣} الكترون)

سؤال ٢ : سلك موصل مر به تيار كهربائي مقداره (١٠) ملي أمبير خلال (٢) ثانية ، احسب :
(١) كمية الشحنة التي عبرت مقطع الموصل . (٢) عدد الإلكترونات التي عبرت مقطع الموصل .
جواب : $(٢ \times ١٠^{-١٠}$ كولوم ، $١,٢٥ \times ١٠^{-١٧}$ الكترون)

سؤال ٣ : موصل فلزي مقاومته (٥) أوم وطوله (٢٠) م ومساحة مقطعه (١٠) م^٢ ويمر فيه تيار شدته (١,٦) أمبير فإذا كان متوسط سرعة الإلكترونات الحرة فيه (٢×١٠^{-٣}) م/ث . ، احسب :
(١) عدد الكترونات الحرة في وحدة الحجم من الموصل . (٢) احسب مقاومة الموصل .
جواب : (٥×١٠^{-٢٠}) الكترون ، $٢,٥$ أوم.م

سؤال ٤ : سلك من الفضة طوله (١) م ومساحة مقطعه (٠,٥) مم^٢ ومقاومته تساوي مقاومة سلك من النحاس مساحة مقطعه (٠,٠٥) مم^٢ فإذا كانت مقاومة الفضة اكبر من مقاومة النحاس ب (١٣) مرة احسب طول سلك النحاس .
الجواب : (١,٣) م

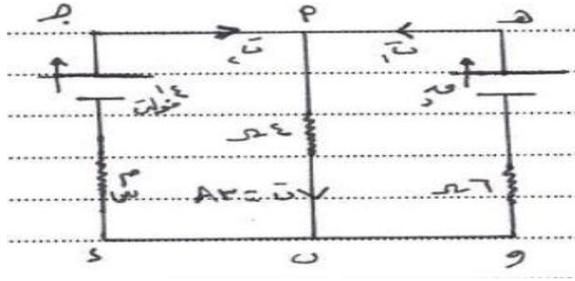
سؤال ٥ : مقاومتان مجهولتان وصلتا على التوالي فكانت مقاومتها المكافئة تساوي $(١٠) \Omega$ ، ثم وصلتا على التوازي فأصبحت مقاومتها المكافئة تساوي $(٢,٤) \Omega$ احسب مقدار المقاومتان .
الجواب : $(٤ \Omega ، ٦ \Omega)$

سؤال ٦ : سلك من النحاس مقاومته $(١,٦ \times ١٠^{-٨})$ أوم.م ومساحته مقطعه (٠,١) مم^٢ ، وصل مع فرق جهد قدره (٢٠٠) فولت فكانت قدره الكهربائية (٢) كيلو واط احسب طول السلك .
الجواب : (١٢٥ متر)

سؤال ٧ : دائرة بسيطة تتكون من مقاومتان $(٤ \Omega$ و $٦ \Omega)$ موصولتان على التوالي يمر فيهما تيار مقداره (ت) ماهي قيمة المقاومة م^٣ الواجب توصيلها حتى يتضاعف قيمة التيار مع بقاء الجهد ثابت .
الجواب : (١٠Ω)

سؤال ٨ : موصل فلزي طوله $(\pi^٢)$ م ونصف قطر مقطعه العرضي $(١٠^{-٣})$ م ، ومقاومته (٢×١٠^{-٨}) أوم.م وعدد الإلكترونات الحرة في وحدة الحجم فيه (١×١٠^{-٢٨}) الكترون/م^٣ ، وصل هذا الموصل بمصدر للجهد فعبرت مقطع الموصل شحنة قيمتها (π) كولوم في زمن قدره (٠,٥) ثانية ، احسب :
(١) مقاومة الموصل . (٢) السرعة الانسيابية .
الجواب : (٤×١٠^{-٢٠}) أوم ، $١,٢٥ \times ١٠^{-٣}$ م/ث

سؤال ٩ : سلك طوله (٤٠) م ومساحة مقطعه (٠,١) مم^٢ ومقاومته النوعية $(١٠^{-٨})$ أوم.م احسب :
(١) المقاومة الكهربائية للسلك . (٢) القدرة الكهربائية المستنفذة فيه إذا وصل طرفاه بمصدر جهد (٥٠) فولت .
(٣) الطاقة الحرارية المستنفذة خلال (١٠) دقائق .
الجواب : $(٤٠$ أوم ، ٦٢٥ واط ، ٣٧٥×١٠^{-٣} جول)



سؤال ١٠ : من الشكل المجاور وإذا كانت القدرة المستهلكة في المقاومة

(٦) أوم تساوي (٢٤) واط ، احسب :

(١) التياران ت_١ ، ت_٢ ، (٢) المقاومة مس .

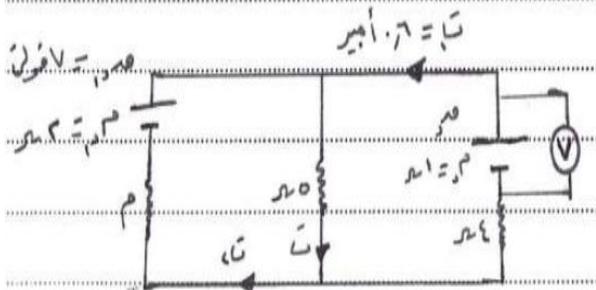
(٣) القوة الدافعة الكهربائية قد .

الجواب : (ت_١ = ٢ أمبير ، ت_٢ = ١ أمبير ، مس = ٢ Ω ، قد = ٢٤ فولت)

سؤال ١١ : من الشكل إذا علمت أن قراءة الفولتميتر (V) تساوي (٧,٤) فولت احسب :

(١) القوة الدافعة للبطارية . (٢) التيار الكهربائي (ت) .

(٣) المقاومة المجهولة (م) .



الجواب : (٨ فولت ، ١ أمبير ، ٣ أوم)

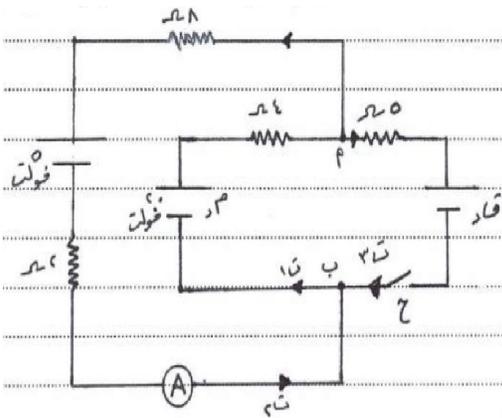
سؤال ١٢ : معتمداً على الشكل وبياناته أجب عما يأتي :

أولاً : إذا كانت قراءة الأميتر (A) والمفتاح مفتوح تساوي (١) أمبير

احسب المقاومة الداخلية (م) .

ثانياً : بعد اغلاق المفتاح (ح) إذا كان (ج) = ١١ فولت (احسب :

(١) قراءة الأميتر (A) . (٢) القوة الدافعة (ق) .



الجواب : (١ Ω ، ٠,٦ أمبير ، ٥ فولت)

سؤال ١٣ : موصلان (أ ، ب) وصلا مع مصدر جهد كهربائي متغير القيمة فكانت قيم التيار لكل موصل كما هو موضح

بالجدول أجب عما يأتي :

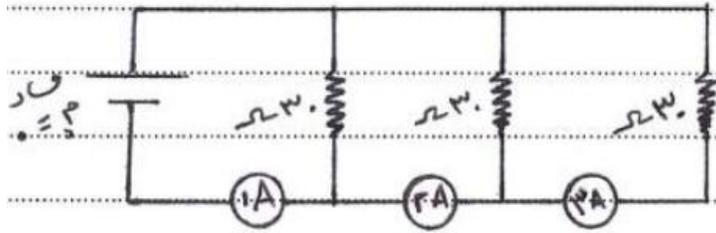
(١) أي الموصلين يعد أومياً؟ ولماذا؟

(٢) أعط مثلاً على الموصلات الأومية واللأومية .

جـ (فولت)	٣	٥	١٠
ت أ (أمبير)	٠,٦	١	٢
ت ب (أمبير)	٠,٦	٠,٩	١,٢

الجواب : (الموصل (أ) لأن التيار يتغير على نحو ثابت مع الجهد ، النحاس أومي ، المحاليل الكهرلية وأشباه الموصلات لا أومية)

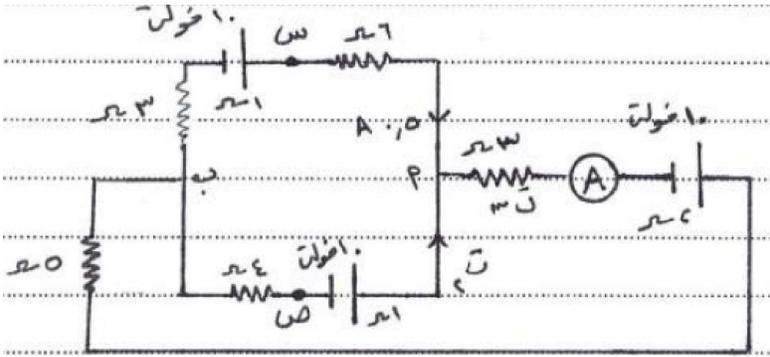
سؤال ١٤ : معتمداً على الشكل وبياناته إذا كانت قراءة الأميتر (A) تساوي (١,٢) أمبير أجب عما يأتي :
(١) احسب القوة الدافعة (ق.د) . (٢) احسب قراءة الأميترين (A_٢ ، A_٣)



الجواب : (ق.د = ١٢ فولت ، A_٢ = ٠,٨ أمبير ، A_٣ = ٠,٤ أمبير)

سؤال ١٥ : معتمداً على الشكل وبياناته جد :

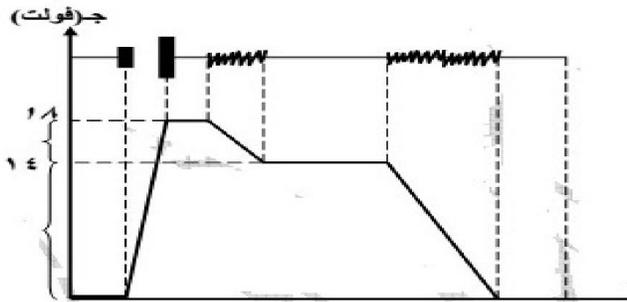
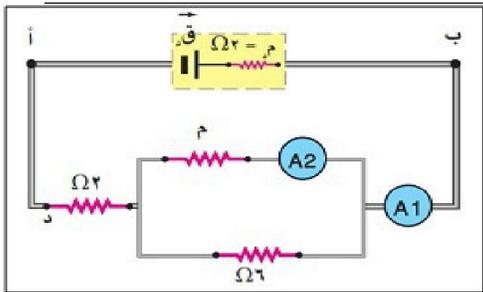
(١) قراءة الأميتر (A) . (٢) فرق الجهد الكهربائي (جس ص) ، وأي النقطتين (س ، ص) جهدها أعلى ؟ ولماذا ؟



الجواب : (١,٥ أمبير ، جس ص = ١٢ فولت ، جهد س أعلى لأنه قطب موجب وص قطب سالب)

سؤال ١٦ : في الشكل دائرة كهربائية بسيطة وتغيرات الجهد عبر أجزائها ، اعتماداً على الشكل ، جد ما يأتي :

- (١) القوة الدافعة الكهربائية (ق.د) . (٢) قراءة الأميتر الأول .
- (٣) مقدار المقاومة (م) . (٤) قراءة الأميتر الثاني .



الجواب : (١٨ فولت ، ٢ أمبير ، ٣٠ Ω ، ٣/١ أمبير)