مراجعة بعض قوانين المحصلة

أولاً :

١) إذا كان المتجهان متعاكسان فإن المحصلة مقداراً هي :

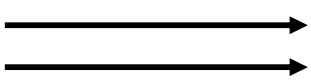
ح = أ كبرى − أ صغرى

ويكون اتجاهها باتجاه المتجه الأكبر .

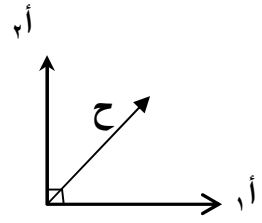
٢) إذا كان المتجهان بنفس الاتجاه فإن محصلتهما مقداراً هي :

ح = أ١ + أ٢

ويكون اتجاه المحصلة بنفس الاتجاه .



٣) إذا كان المتجهان متعامدان فإن محصلتهما مقداراً هي :



$ح = \sqrt{أ_1^2 + أ_2^2}$ ويكون اتجاه المحصلة من القانون

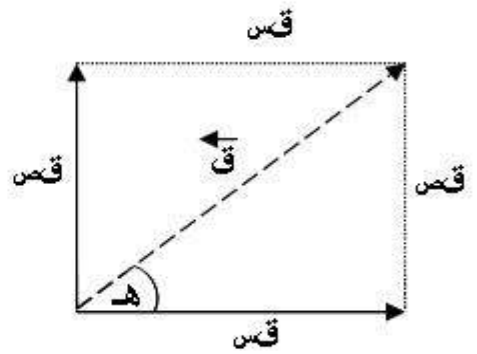
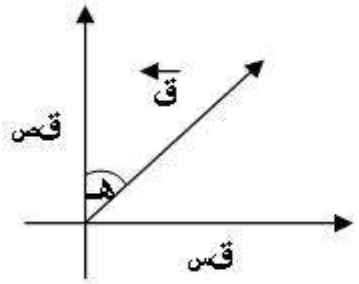
ظا $\theta = \frac{أ_2}{أ_1}$ حيث (θ) الزاوية المحصورة بين ح و أ١ .

ثانياً : محصلة عدة متجهات متلاقية :

١) نحلل المتجهات المؤثرة والتي تميل عن المحاور بزاوية (θ) .
٢) نجمع المركبات التي تؤثر بنفس الاتجاه .
٣) نطرح المركبات المتعاكسة .
٤) نطبق العلاقة

$ح = \sqrt{أ_1^2 + أ_2^2}$ مقداراً واتجاهاً يكون ظا$\theta = \frac{أ_2}{أ_1}$

تحليل المتجهات إلى مركبتين أفقية وعمودية :

	
المركبة السينية قس = ق جتاهـ	المركبة السينية قس = ق جاهـ
المركبة الصادية قص = ق جاهـ	المركبة الصادية قص = ق جتاهـ

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 طـ = $\frac{١}{٢}$ ك ع^{٢}

* التغير في الطاقة الحركية Δطـ = $\frac{١}{٢}$ ك (ع$_{٢}^{٢}$ - ع$_{١}^{٢}$)

* عند الاتزان يكون :

قس = صفر ، قص = صفر

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

* عندما يتحرك الجسيم بتسارع ثابت تكون :

قـ = ك × ت حيث ك : كتلة الجسيم ، ت : تسارع الجسيم .

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 .

$$q_{جسم} = ن \times q_{ev}$$

حيث ن : عدد صحيح يمثل عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة (١،٢،٣،-----) .
q_{ev} : شحنة الإلكترون وقيمتها ($-١,٦ \times ١٠^{-١٩}$) 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 .

مثال(١) : فقد جسم (٤×١٠^{١٢}) إلكترون ما نوع وكمية شحنته .
الحل :

$$q_{جسم} = ن \times q_{ev}$$

$$= ٤ \times ١٠^{١٢} \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}$$

$$q_{جسم} = ٦,٤ \times ١٠^{-٧} \text{ كولوم (موجبة)}$$

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

$$ن = \frac{q_{جسم}}{q_{ev}} = \frac{٤,٢ \times ١٠^{-١٩}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}} = ٢,٦٢٥$$

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

قانون كولوم

تمكن العالم كولوم من التوصل إلى العوامل التي تعتمد عليها القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين كهربائيتين . وهي :
١) مقدار كل من الشحنتين ($ش_{١}$ ، $ش_{٢}$) والعلاقة طردية .
٢) مربع المسافة بين الشحنتين ($ف^{٢}$) 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 "

$$ق = أ \frac{ش_{١} \times ش_{٢}}{ف^{٢}}$$

ويسمى قانون كولوم
قانون التربيع العكسي

حيث أن ق : القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين بالنيوتن .
أ : ثابت يسمى ثابت كولوم = $\frac{١}{\epsilon \pi ٤}$ ، ويعتمد على طبيعة الوسط الفاصل بين الشحنات .

ϵ : سماحية الوسط المحيط بالشحنات (نفاذية الوسط) وإذا كانت الشحنات موضوعة في الهواء أوالفراغ فإن $\epsilon = \epsilon_{.}$ = $٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢}$ كولوم^{٢} / نيوتن .م^{٢} فتكون قيمة الثابت (أ) = ٩×١٠^{٩} نيوتن.م^{٢}/كولوم^{٢} .

$$ق = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ش_{١} \times ش_{٢}}{ف^{٢}}$$

$ش_{١}$: الشحنة الأولى بالكولوم . $ش_{٢}$: الشحنة الثانية بالكولوم . ف : المسافة بين الشحنتين بالمتر .

الشحنة النقطية : هي شحنة صغيرة الأبعاد ولا تأخذ حيزاً .

المجال الكهربائي الناشئ عن شحنات نقطية

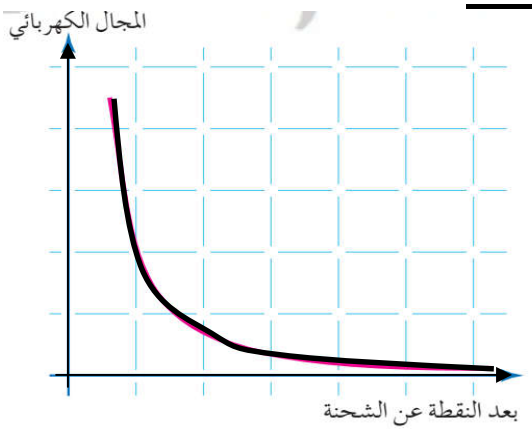
ويعرف المجال الكهربائي في نقطة ($\overleftarrow{م}$) بأنه : القوة المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة عند تلك النقطة .

$$\overleftarrow{م} = \frac{\overleftarrow{ق}}{+v}$$

$$م = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{v}{ف^{٢}}$$

يقاس المجال الكهربائي بوحدة نيوتن / كولوم .

العلاقة البيانية بين المجال الكهربائي وبعد النقطة عن الشحنة :



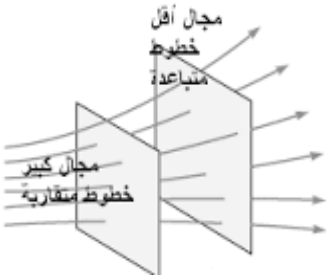
ملاحظات :

١) شدة المجال الكهربائي ($\overleftarrow{م}$) 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 مقداراً واتجاهاً ثم نجد المحصلة للمجالات .
٤) دائما 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 .

سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤

خطوط المجال الكهربائي

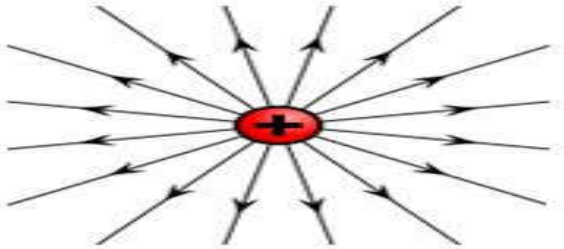


ويعرف خط المجال الكهربائي بأنه : خط وهمي يمثل المسار الذي تسلكه شحنة الاختبار (صغيرة موجبة) حرة الحركة في المجال الكهربائي .

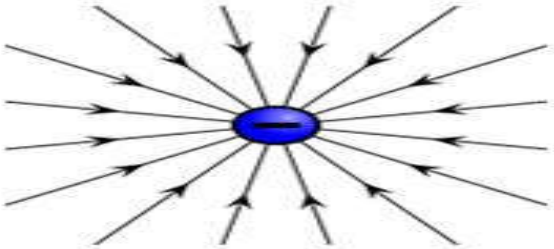
وهذه الخطوط لها عدة خصائص وهي :

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 نقطه واحدة وهذا مستحيل .
٥) تقترب من بعضها كلما زادت قيمة المجال الكهربائي وتبتعد عن بعضها كلما قلت قيمة المجال الكهربائي .
٦) تدل كثافة خطوط المجال في منطقة ما (عدد الخطوط التي تخترق المساحة عمودياً) على مقدار المجال الكهربائي .

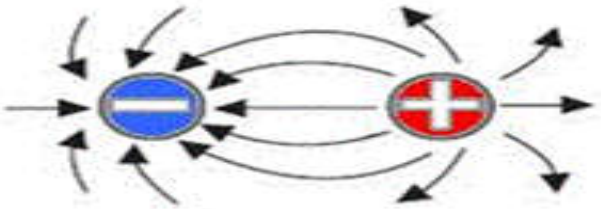
بعض اشكال خطوط المجال الكهربائي :



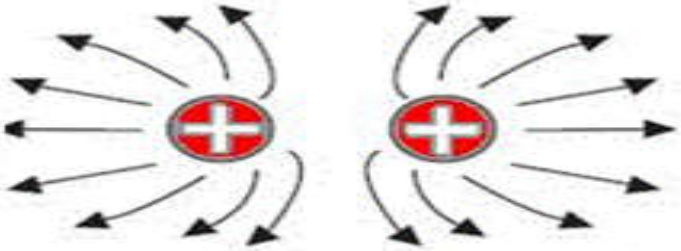
خطوط المجال الكهربائي لشحنة موجبة مفردة



خطوط المجال الكهربائي لشحنة سالبة مفردة



خطوط المجال الكهربائي لشحنتين مختلفتين



خطوط المجال الكهربائي لشحنتين موجبتين

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 .

سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤

مثال (١) : شحنتان نقطيتان مقدار الشحنة الأولى (-٥) μc والثانية (-٤) μc ، تفصلهما مسافة (٠,٢) 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 :

١) $\text{مـ} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times \text{ـ}_{\text{ر}}}{\text{ف}^{٢}}$

$\text{مـ}_{١} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٥ \times ١٠^{-٦}}{٠,٠١ \times ١٠^{-٤}}$

$= ٤٥ \times ١٠^{٩}$ نيوتن/كولوم

(نحو اليمين)

$\text{مـ}_{٢} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٤ \times ١٠^{-٦}}{٠,٠١ \times ١٠^{-٤}}$

$= ٣٦ \times ١٠^{٩}$ نيوتن/كولوم

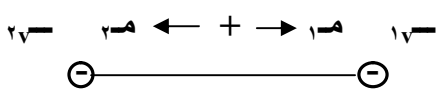
(نحو اليسار)

$\text{مـ}_{\text{ح}} = \text{مـ}_{١} - \text{مـ}_{٢}$

$= ٤٥ \times ١٠^{٩} - ٣٦ \times ١٠^{٩}$

$= ٩ \times ١٠^{٩}$ نيوتن/كولوم

(نحو اليمين)



٢) $\text{ق}_{\text{ك}} = \text{مـ} \times \text{ـ}_{\text{ر}} = ٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٦}$

$= ١٨ \times ١٠^{٣}$ نيوتن (نحو س+)

مثال (٢) : شحنتان نقطيتان $\text{ـ}_{\text{ر}١} = ٣٦\,\mu c$ ، $\text{ـ}_{\text{ر}٢} = -٦٤\,\mu c$ ، المسافة بينهما (١٠) سم أوجد المجال الكهربائي عند نقطة تبعد مسافة (٦) سم عن الشحنة الأولى و (٨) سم عن الشحنة الثانية .

الحل :

$\text{مـ} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times \text{ـ}_{\text{ر}}}{\text{ف}^{٢}}$

$\text{مـ}_{١} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٣٦ \times ١٠^{-٦}}{٣٦ \times ١٠^{-٤}}$

$= ٩ \times ١٠^{٧}$ نيوتن/كولوم

$\text{مـ}_{٢} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٦٤ \times ١٠^{-٦}}{٦٤ \times ١٠^{-٤}}$

$= ٩ \times ١٠^{٧}$ نيوتن/كولوم

$\text{مـ}_{\text{ح}} = \sqrt{\text{مـ}_{١}^{٢} + \text{مـ}_{٢}^{٢}}$

$= \sqrt{٨١ + ٨١} \times ١٠^{٧}$ نيوتن/كولوم

$= \sqrt{١٦٢} \times ١٠^{٧}$ نيوتن/كولوم

$\theta = ٤٥^{\circ}$

مثال (٣) : شحنة نقطية في الهواء المجال الناتج عند نقطة تبعد مسافة (١٠) سم عنها هو (١×١٠^{٥}) نيوتن/كولوم جد المجال الناتج عند نقطة تبعد (٣٠) سم عن الشحنة .

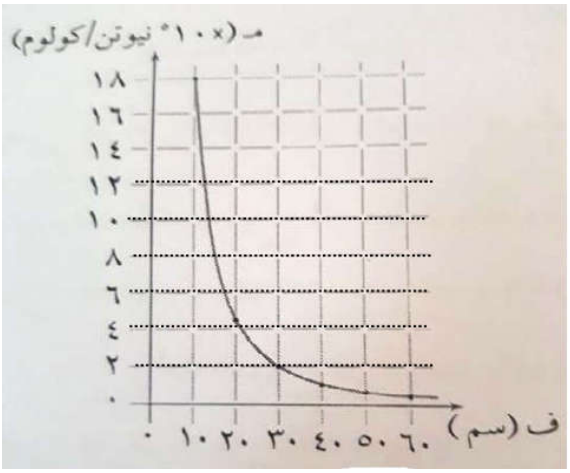
الحل :

$\frac{\text{مـ}_{١}}{\text{مـ}_{٢}} = \frac{(\text{ف}_{٢})^{٢}}{(\text{ف}_{١})^{٢}}$

$\frac{١ \times ١٠^{٥}}{\text{مـ}_{٢}} = \frac{٩٠٠ \times ١٠^{-٤}}{١٠٠ \times ١٠^{-٤}}$

$\text{مـ}_{٢} = \frac{١}{٩} \times ١٠^{٥}$ 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^{-٩}) كولوم توضع عند نقطة تبعد (٢٠) سم عن الشحنة .
٣) الشحنة الكهربائية المولدة للمجال .



الحل :
١) $مـ = ٢\times١٠^{٥}$ نيوتن/كولوم
٢) $ق_ك = مـ \times ــ_{٧} = ٤,٥\times١٠^{٥} \times١\times١٠^{-٩} = ٤,٥\times١٠^{-٤}$ نيوتن
٣) $مـ = \frac{٩\times١٠^{٩} \times ــ_{٧}}{ف^{٢}}$

$$٢\times١٠^{٥} = \frac{٩\times١٠^{٩} \times ــ_{٧}}{٩\times١٠^{-٢}}$$

$$ــ_{٧} = ٢\times١٠^{-٦} \text{ كولوم}$$

مثال (٥) : شحنتان نقطيتان مقدار الشحنة الأولى (٢×١٠^{-٩}) كولوم ومقدار الشحنة الثانية (٥٠×١٠^{-٩}) كولوم وضعتا في الهواء على بعد (٠,٥) سم من بعضهما ، جد :
١) المجال الكهربائي على الخط الواصل بين الشحنتين في نقطة تبعد (٠,٢) سم عن الشحنة الأولى .
٢) بعد النقطة التي ينعدم عندها المجال المحصل عن الشحنة الأولى في الحالتين :
أ) إذا كانت الشحنتان موجبتان .
ب) إذا كانت الشحنة الأولى موجبة والثانية سالبة .

الحل :
١) $مـ = \frac{٩\times١٠^{٩} \times ــ_{٧}}{ف^{٢}}$

$$مـ_{١} = \frac{٩\times١٠^{٩}\times٢\times١٠^{-٩}}{٠,٠٤\times١٠^{-٤}}$$

$= ٤٥\times١٠^{٥}$ نيوتن/كولوم (نحو اليسار)

$$مـ_{٢} = \frac{٩\times١٠^{٩}\times٥٠\times١٠^{-٩}}{٠,٠٩\times١٠^{-٤}}$$

$= ٥٠٠\times١٠^{٥}$ نيوتن/كولوم (نحو اليمين)

$مـ_{ح} = ٥٠٠\times١٠^{٥} - ٤٥\times١٠^{٥}$

$= ٤٥٥\times١٠^{٥}$ نيوتن/كولوم (نحو اليمين)

٢) أ) $مـ_{١} = مـ_{٢}$

$$\frac{ــ_{٧}}{(ص)^{٢}} = \frac{ــ_{٧}}{(ف - ص)^{٢}}$$

$$\frac{٢\times١٠^{-٩}}{(ص)^{٢}} = \frac{٥٠\times١٠^{-٩}}{(٠,٥ - ص)^{٢}}$$

بالقسمة على ٢ ثم أخذ جذر الطرفين

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

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

ب) $مـ_{١} = مـ_{٢}$

$$\frac{ــ_{٧}}{(ص)^{٢}} = \frac{ــ_{٧}}{(ف + ص)^{٢}}$$

$$\frac{٢\times١٠^{-٩}}{(ص)^{٢}} = \frac{٥٠\times١٠^{-٩}}{(٠,٥ + ص)^{٢}}$$

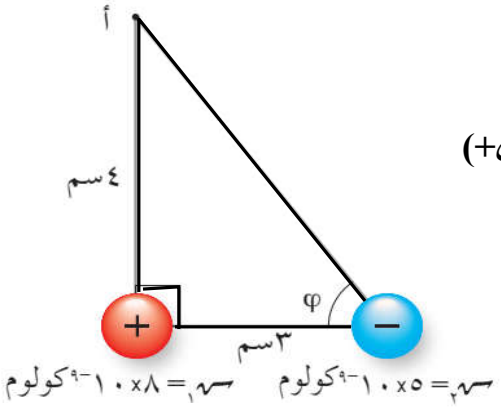
بالقسمة على ٢ ثم أخذ جذر الطرفين

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

$٥ ص = ٠,٥ + ص$

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

مثال (٦) : شحنتان نقطيتان موضوعتان في الهواء ـــ١ = ٨ نانوكولوم ، ـــ٢ = -٥ نانوكولوم ، كما في الشكل ، أوجد المجال الكهربائي عند النقطة (أ) مقداراً واتجاهاً .



الحل :

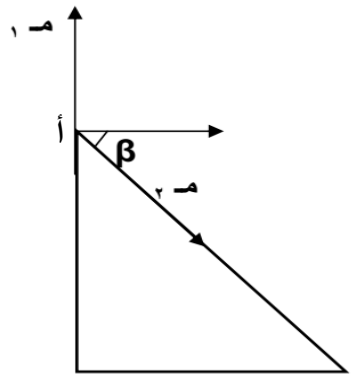
$$\text{مـ} = \frac{\text{ثـ} \times \text{ـــ}}{\text{ف}^2}$$

$$\text{مـ}_1 = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٨ \times ١٠^{-٩}}{١٦ \times ١٠^{-٤}} = ٤,٥ \times ١٠^{٤} \text{ نيوتن/كولوم باتجاه (ص+)}$$

$$\text{مـ}_2 = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٥ \times ١٠^{-٩}}{٢٥ \times ١٠^{-٤}} = ١,٨ \times ١٠^{٤} \text{ نيوتن/كولوم}$$

وباتجاه يصنع زاوية (β) مع محور (س+)

ولايجاد المحصلة نقوم بتحليل (مـ ٢) إلى مركبتين



$$\text{مـ}_{٢س} = \text{مـ}_2 \text{ جتا}\beta = ١,٨ \times ١٠^{٤} \times \frac{٣}{٥} = ١,٠٨ \times ١٠^{٤} \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$\text{مـ}_{٢ص} = \text{مـ}_2 \text{ جا}\beta = ١,٨ \times ١٠^{٤} \times \frac{٤}{٥} = ١,٤٤ \times ١٠^{٤} \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$\Sigma \text{ مـ}_س = ١,٠٨ \times ١٠^{٤} \approx ١ \times ١٠^{٤} \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$\Sigma \text{ مـ}_ص = \text{مـ}_1 - \text{مـ}_{٢ص} = ٤,٥ \times ١٠^{٤} - ١,٤٤ \times ١٠^{٤} = ٣,٠٦ \times ١٠^{٤}$$

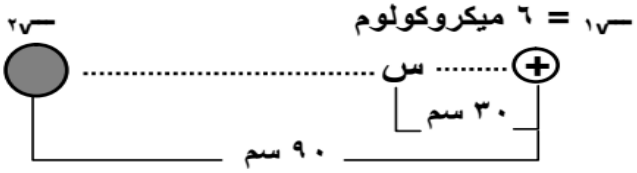
$$\approx ٣ \times ١٠^{٤} \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$\text{مـ}_ا = \sqrt{(١ \times ١٠^{٤})^2 + (٣ \times ١٠^{٤})^2} = \sqrt{١٠} \times ١٠^{٤} \text{ نيوتن/كولوم}$$

وباتجاه يصنع زاوية (θ) مع محور السينات الموجب وتكون

$$\text{ظا}\theta = \frac{\text{مـ}_ص}{\text{مـ}_س} = \frac{٣}{١} = ٣$$

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 (ـــ٢) ، وما نوعها ؟



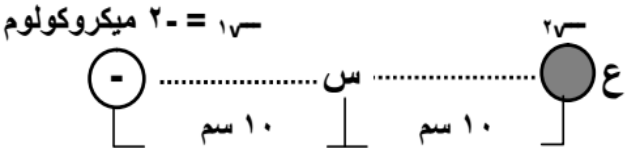
الحل : نحسب أولاً المجال عند النقطة س من الشحنة الأولى

$$\text{مـ}_1 = \frac{\text{ثـ} \text{ـــ}_1}{\text{ف}^2} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٦ \times ١٠^{-٦}}{٩ \times ١٠^{-٢}} = ٦ \times ١٠^{٥} \text{ نيوتن/كولوم نحو س-}$$

حتى يكون المجال المحصل عند س صفراً يجب أن تكون (ـــ٢) موجبة حتى تؤثر على س بمجال قدره (٦×١٠^{٥}) نحو س+

$$\text{مـ}_2 = \frac{\text{ثـ} \text{ـــ}_2}{\text{ف}^2} = ٦ \times ١٠^{٥} \text{ ومنها } \text{ـــ}_2 = \frac{٦ \times ١٠^{٥} \times ٣٦ \times ١٠^{-٢}}{٩ \times ١٠^{٩}} \text{ فتكون ـــ}_2 = ٢٤ \times ١٠^{-٦} \text{ كولوم} = ٢٤ \text{ ميكروكولوم}$$

مثال (٨) : وضعت شحنة (-٢×١٠$^{-٦}$) كولوم على بعد (١٠) 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 (٥٤×١٠^{٥}) نيوتن/كولوم واتجاهه نحو النقطة (ع) .



الحل : نحسب أولاً المجال عند النقطة س من الشحنة الأولى

$م_{١} = ٩\times١٠^{٩} \frac{ش_{١}}{ف^{٢}} = \frac{٩\times١٠^{٩} \times ٢\times١٠^{-٦}}{١\times١٠^{-٢}} = ١٨\times١٠^{٥}$ نيوتن/كولوم نحو س-

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

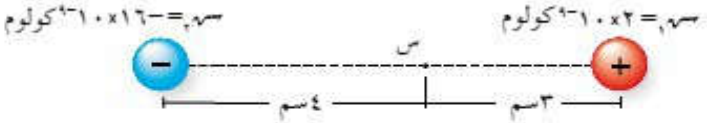
$م_{ح} = م_{٢} - م_{١}$ ⟸ $م_{٢} = م_{ح} + م_{١} = ٥٤\times١٠^{٥} + ١٨\times١٠^{٥} = ٧٢\times١٠^{٥}$ نيوتن/كولوم

$م_{٢} = ٩\times١٠^{٩} \frac{ش_{٢}}{ف^{٢}}$ ومنها $٧٢\times١٠^{٥} = \frac{٩\times١٠^{٩} \times ش_{٢}}{١\times١٠^{-٢}}$ فتكون $ش_{٢} = -٨\times١٠^{-٦}$ كولوم = -٨ ميكروكولوم

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

١) المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (س) .

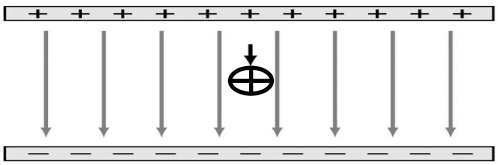
٢) القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة (٢) بيكوكولوم توضع عند النقطة (س) مقداراً واتجاهاً .



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 (ـــv) لكل وحدة مساحة (أ) .**

$$\sigma = \frac{ـــ_v}{أ}$$

وتقاس σ بوحدة كولوم/م٢

ويتناسب المجال الكهربائي طردياً مع الكثافة السطحية للشحنة حيث :

$$مـ = \frac{\sigma}{\epsilon .}$$

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

$$(ق_ح = مـ \times ـــ_{v\,جسيم} = ك \times ت)$$

وبذلك فإن

$$ت = \frac{مـ \times ـــ_v}{ك}$$

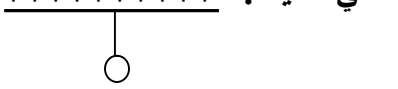
سؤال : أذكر العوامل التي يعتمد عليها تسارع جسيم داخل مجال كهربائي منتظم .
جواب : ١) مقدارالمجال الكهربائي . ٢) مقدار شحنة الجسيم . ٣) مقدار كتلة الجسيم .

*** القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة المتحركة قوة محافظة ولذلك يكون النظام محافظ .**
*** نطبق معادلات الحركة بتسارع ثابت على حركة الشحنات في المجال الكهربائي :**

$$ع_٢ = ع_١ + ت\,ز$$
$$ف = ع_١\,ز + \frac{١}{٢}\,ت\,ز^٢$$
$$(ع_٢)^٢ = (ع_١)^٢ + ٢ت\,ف$$

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 (٤×١٠^{٢}) نيوتن/كولوم علقت كتلة مقدارها (٠,١) غم وشحنتها (٢) ميكروكولوم كما في الشكل ، احسب قوة الشد في الخيط .



الحل :

$ق_{محصلة} = صفر$

$ق_{شد} - (ق_{ك} + و) = صفر$

$ق_{شد} = ق_{ك} + و$

$= مـ \times ـــ_{ص} + ك \times جـ$

$= ٤ \times ١٠^{٢} \times ٢ \times ١٠^{-٦} + ١ \times ١٠^{-٤} \times ١٠$

$= ١٨ \times ١٠^{-٤}$ نيوتن

مثال (٢) : تحرك جسيم أفقياً يحمل شحنة مقدارها (١٠) ميكروكولوم وكتلته (٠,٢) غم مسافة مقدارها (٢٠) سم من السكون بفعل مجال كهربائي منتظم مقداره (٢×١٠^{٢}) 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) $ق_{ك} = مـ \times ـــ_{ص} = ٢ \times ١٠^{٢} \times ١٠ \times ١٠^{-٦}$

$= ٢٠ \times ١٠^{-٤}$ نيوتن

٢) $ت = \frac{ق}{ك} = \frac{٢٠ \times ١٠^{-٤}}{٢ \times ١٠^{-٤}} = ١٠$ م/ث^{٢}

٣) $ع_{٢}^{٢} = ع_{١}^{٢} + ٢ ت ف = ٠ + ٢ \times ١٠ \times ٢٠ \times ١٠^{-٢}$ ومنها $ع_{٢} = ٢$م/ث

مثال (٣) : اتزن جسيم كتلته ($١٠^{-١٣}$) كغم رأسياً في مجال كهربائي منتظم شدته ($١٠^{-٤}$) نيوتن/كولوم بشكل رأسي تحت تأثير وزنه وقوة المجال احسب :

١) شحنة الجسيم .
٢) إذا استخدمنا صفيحتين لهما نصف المساحة ، فكيف نغير الشحنة على الصفيحتين ليبقى الجسيم متزناً .
٣) إذا عكس اتجاه المجال احسب تسارع الجسيم .

الحل :

١) $ق_{ك} = و$

$مـ ـــ_{ص} = ك جـ$

$ـــ_{ص} = \frac{ك جـ}{مـ} = \frac{١٠^{-١٣} \times ١٠}{١٠^{-٤}} = ١٠ \times ١٠^{-٩}$ كولوم

٢) لبقاء الجسيم متزناً يجب الحفاظ على المجال الكهربائي مقداراً واتجاهاً ($مـ = \frac{\sigma}{\varepsilon_{أ}}$) وبما أن ($\sigma = ـــ_{ص}$) ، فإنه عندما تقل مساحة الصفيحتين إلى النصف يجب أن تقل الشحنة إلى النصف لكي تبقى (σ) ثابتة .

٣) $ق_{ك} + و = ك ت$

$مـ ـــ_{ص} + ك جـ = ك ت$

$ت = \frac{مـ \times ـــ_{ص}}{ك} + جـ = \frac{١٠^{-٤} \times ١٠ \times ١٠^{-٩}}{١٠^{-١٣}} + ١٠$

$ت = ٢٠$ م/ث^{٢}

مثال (٤) : مجال كهربائي منتظم قدره ($١٠^{٤}$) 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) $ق_{ك} = مـ \times ـــ_{س} = ١٠^{٤} \times ٢\times١٠^{-٩} = ٢\times١٠^{-٥}$ نيوتن

٢) $ت = \frac{ق}{ك} = \frac{٢\times١٠^{-٥}}{١٠^{-٢}} = ٢\times١٠^{-٣}$ م/ث^{٢}

$(ع_{٢})^{٢} = (ع_{١})^{٢} + ٢ت ف$ ومنها صفر $= ٤\times١٠^{٤} + ٢ \times -٢\times١٠^{-٣} \times ف$ ومنها $ف = ١\times١٠^{٧}$ م

مثال (٥) : صفيحتان متوازيتان مساحة كل منهما (١×١٠^{-٢}) م^{٢} ، شحنت إحداهما بشحنة موجبة والأخرى بشحنة سالبة وكانت الشحنة الكهربائية على الصفيحة ($١,٧٧\times١٠^{-٩}$) كولوم ، احسب :

١) مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين . (علماً أن $\epsilon_{.} = ٨,٨٥\times١٠^{-١٢}$ كولوم^{٢}/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) $\sigma = \frac{ـــ_{س}}{أ} = \frac{١,٧٧\times١٠^{-٩}}{١\times١٠^{-٢}} = ١,٧٧\times١٠^{-٧}$ كولوم/م^{٢}

$مـ = \frac{\sigma}{\epsilon_{.}} = \frac{١,٧٧\times١٠^{-٧}}{٨,٨٥\times١٠^{-١٢}} = ٢\times١٠^{٤}$ نيوتن/كولوم

٢) $ق_{ك} = مـ \times ـــ_{س} = ٢\times١٠^{٤}\times١\times١٠^{-٩} = ٢\times١٠^{-٥}$ 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 $مـ = ٤\times١٠^{٤}$ نيوتن/كولوم

مثال (٦) : ابتدأ إلكترون حركته من السكون من الصفيحة السالبة إلى الصفيحة الموجبة في مجال كهربائي منتظم بين صفيحتين متوازيتين ووصل إلى الصفيحة الموجبة خلال ($١,٥\times١٠^{-٨}$) ثانية ، فإذا كان البعد بين الصفيحتين (٢) سم ، جد :

١) مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين . ٢) سرعة الإلكترون عندما يصل الصفيحة الموجبة .

علماً بأن : (كتلة الإلكترون $=٩,١\times١٠^{-٣١}$ كغم ، شحنة الإلكترون $=١,٦\times١٠^{-١٩}$ كولوم)

الحل :

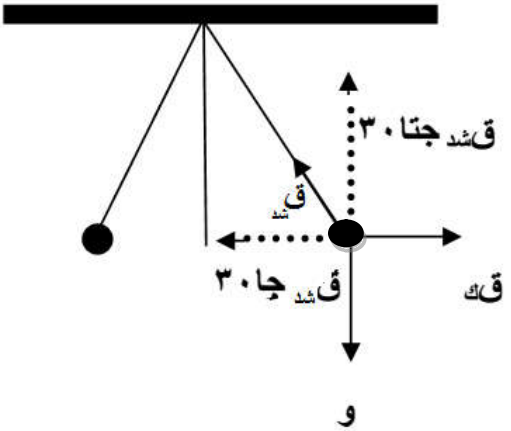
١) $ف = ع_{١} \times ز + \frac{١}{٢} ت ز^{٢}$ ⟵ $٢\times١٠^{-٢} =$ صفر $+ \frac{١}{٢} \times ت \times ٢,٢٥\times١٠^{-١٦}$ ⟵ $ت \approx ١,٧\times١٠^{١٤}$ م/ث^{٢}

$ت = \frac{مـ \times ـــ_{س}}{ك}$ ⟵ $مـ = \frac{ك \times ت}{ـــ_{س}} = \frac{٩,١\times١٠^{-٣١} \times ١,٧\times١٠^{١٤}}{١,٦\times١٠^{-١٩}} = ١\times١٠^{٣}$ نيوتن/كولوم

٢) $(ع_{٢})^{٢} = (ع_{١})^{٢} + ٢ت ف =$ صفر $+ ٢\times ١,٧\times١٠^{١٤} \times ٢ \times ٢\times١٠^{-٢} = ٦,٨\times١٠^{١٢}$

$ع_{٢} \approx ٢,٧\times١٠^{٦}$ م/ث

مثال(٧) : كرتان موصلتان متماثلتان ، كتلة كل منهما ($\sqrt{٣}$) كغم، معلقتان بخيطين طول كل منهما (١٠) سم . شحنتا بشحنتين متشابهتين ومتساويتين ، فتنافرتا إلى أن أصبحت الزاوية بين الخيطين (٦٠°) ، احسب القوة الكهربائية . (اعتبر ظا٣٠ = $\frac{١}{\sqrt{٣}}$)



الحل :

$\sum$ ق س = صفر

ق ك - ق شد جا٣٠ = صفر

ق ك = ق شد جا٣٠ ---------- (١)

$\sum$ ق ص = صفر

و - ق شد جتا٣٠ = صفر

و = ق شد جتا٣٠ ---------- (٢)

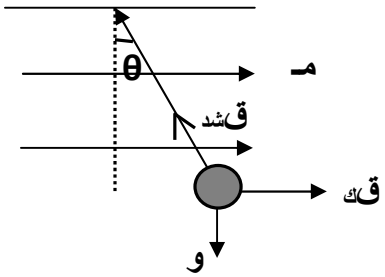
بقسمة المعادلة (١) على المعادلة (٢) ينتج :

$\frac{\text{ق ك}}{\text{و}}$ = ظا٣٠

ق ك = ك × جـ × ظا٣٠ ومنها ق ك = ١٠ نيوتن

مثال(٨) : كرة صغيرة مشحونة شحنتها (ـــ٧) ووزنها (و) علقت بخيط داخل مجال كهربائي منتظم فاتزنت كما هو مبين في الشكل ، أثبت أن مقدار المجال الكهربائي يعطى بالعلاقة :

$$\text{مـ} = \frac{\text{و ظا}\theta}{\text{ـــ٧}}$$



الحل :

$\sum$ ق س = صفر

ق ك - ق شد جاθ = صفر

ق ك = ق شد جاθ ---------- (١)

$\sum$ ق ص = صفر

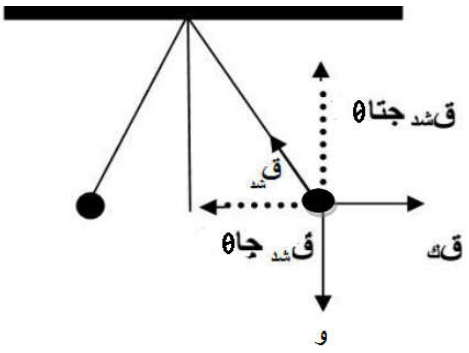
و - ق شد جتاθ = صفر

و = ق شد جتاθ ---------- (٢)

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

$\frac{\text{ق ك}}{\text{و}}$ = ظاθ

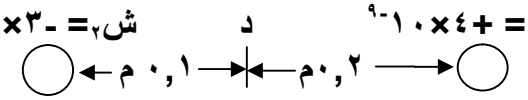
مـ × ـــ٧ = و × ظاθ ومنها $\text{مـ} = \frac{\text{و ظا}\theta}{\text{ـــ٧}}$



ورقة عمل على المجال الكهربائي

السؤال الأول : يمثل الشكل المجاور شحنتان كهربائيتين (ش١، ش٢) مقدرة بالكولوم وموضوعتان في الهواء اعتماداً على القيم المثبته عليه احسب :

١) القوة الكهربائية المؤثرة على ـــ١ . ٢) المجال الكهربائي عند النقطه (د) مقداراً واتجاهاً .

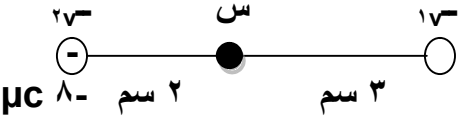


الجواب:(١٢×١٠-٧ نيوتن ، ٣٦٠٠نيوتن/ كولوم نحو اليسار)

السؤال الثاني : شحنتان نقطتيتان (-٢٥ ×١٠-٣) ميكروكولوم ، (-٢٥ ×١٠-٣) 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:(١٠,٨ نيوتن/كولوم ، وباتجاه ينصف الزاوية)

السؤال الثالث : من الشكل جد مقدا ونوع الشحنة الأولى حتى تصبح قيمة المجال المحصل عند النقطة (س) قدره (٥٨×١٠٧) نيوتن/كولوم واتجاهه نحو اليسار .



الجواب : (ـــ١= ٤×١٠-٦ كولوم ، نوعها : موجبة) .

السؤال الرابع : شحنتان كهربائيتان نقطيتان ش١ ، ش٢ =١٦×١٠-٩ 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 (ش١) وحدد نوعها .

الجواب : (ش١= ٩×١٠-٩ كولوم ، نوعها : سالبة) .

السؤال الخامس : جسيم كتلته (١) غم يحمل شحنة سالبة قدرها (-١٠) µc ، تحرك من السكون بتأثير مجال كهربائي منتظم مقداره (١×١٠٥) نيوتن / كولوم مسافة (٢٠) سم احسب :

١) القوة التي يؤثر بها المجال في الجسيم . ٢) سرعة الجسيم النهائية .

الجواب : (١ نيوتن ، ٢٠ م/ث) .

السؤال السادس : مجال كهربائي منتظم قدره (١٠٣) نيوتن/كولوم وضعت شحنة نقطية كتلتها (٢×١٠-٧) كغ وشحنتها (٢×١٠-١٢) كولوم فتحركت من السكون بتأثير المجال الكهربائي . احسب :

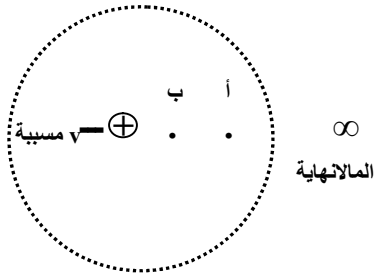
١) القوة الكهربائية المؤثرة بالشحنة . ٢) تسارع حركة الشحنة .

٣) الزمن اللازم لتصبح سرعة الشحنة (١٠) م/ث . ٤) المسافة التي يقطعها لتصبح سرعته (١٠) م/ث .

الجواب : (٢×١٠-٩ نيوتن ، ١×١٠-٢ م/ث٢ ، ١٠٣ ث ، ٥×١٠٣ م) .

سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤

الفصل الثاني / الجهد الكهربائي



* في الشكل عند نقل شحنة اختبار من المالانهاية ووضعها عند النقطة (أ) ثم تحريكها من النقطة (أ) إلى (ب) بسرعة ثابتة فإننا نحتاج شغل بوساطة 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 " .

ورياضياً

$$\text{جـ} = \frac{\text{ط}_{\text{و}}}{\text{ـ}_{\text{v}}}$$

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

ورياضياً

$$\Delta\text{جـ} = \frac{\Delta\text{ط}_{\text{و}}}{\text{ـ}_{\text{v}}}$$

، حيث $\Delta\,\text{جـ} = \text{جـ}_{\text{نهائية}} - \text{جـ}_{\text{ابتدائية}}$

* وشغل القوة الخارجية المبذول لنقل الشحنة يخزن في الشحنة على شكل طاقة وضع كهروسكونية أي أن :

$\text{ش}_{\text{خ أ}\leftarrow\text{ب}} = \Delta\,\text{ط}_{\text{وأب}}$

$\text{ش}_{\text{خ أ}\leftarrow\text{ب}} = \text{ط}_{\text{وب}} - \text{ط}_{\text{وأ}}$

$\text{ط}_{\text{وب}} = \text{ـ}_{\text{v}_{\text{منقولة}}} \times \text{جـ}_{\text{ب}}$

$\text{ط}_{\text{وأ}} = \text{ـ}_{\text{v}_{\text{منقولة}}} \times \text{جـ}_{\text{أ}}$

$\text{ش}_{\text{خ أ}\leftarrow\text{ب}} = \text{ـ}_{\text{v}_{\text{منقولة}}} \times \left(\text{جـ}_{\text{ب}} - \text{جـ}_{\text{أ}}\right)$

$\text{ش}_{\text{خ أ}\leftarrow\text{ب}} = \Delta\,\text{ط}_{\text{وأب}} = \text{ـ}_{\text{v}} \times \text{جـ}_{\text{ب أ}} = \text{ـ}_{\text{v}} \times \Delta\text{جـ}_{\text{أ ب}}$

أما شغل القوة الكهربائية يعطى بالعلاقة :

$\text{ش}_{\text{ك أ}\leftarrow\text{ب}} = -\,\text{ـ}_{\text{v}} \times \text{جـ}_{\text{ب أ}} = -\,\text{ـ}_{\text{v}} \times \Delta\text{جـ}_{\text{أ ب}}$

فرق الجهد بين أ ، ب = $\text{جـ}_{\text{أب}} = \text{جـ}_{\text{أ}} - \text{جـ}_{\text{ب}}$

فرق الجهد بين ب ، أ = $\text{جـ}_{\text{بأ}} = \text{جـ}_{\text{ب}} - \text{جـ}_{\text{أ}}$

التغير في فرق الجهد بين النقطتين أ ، ب هو :

$\Delta\,\text{جـ}_{\text{أب}} = \text{جـ}_{\text{نهائية}} - \text{جـ}_{\text{ابتدائية}}$

$= \text{جـ}_{\text{ب}} - \text{جـ}_{\text{أ}}$

ملاحظات :

* يقاس الجهد بوحدة **فولت وهي جول/كولوم** .

* في المجال الكهربائي يعتبر جهد أي نقطة في المالانهاية (طاقة الوضع في المالانهاية) = صفر ، وتسمى النقطة المرجعية .

* يجوز تعويض الشحنات السالبة في قانون الشغل .

* إن تحرك الشحنة الحرة (الموجبة أو السالبة) بفعل القوة الخارجية يؤدي إلى زيادة في طاقة الوضع .

* إن تحرك الشحنة الحرة (الموجبة أو السالبة) بفعل القوة الكهربائية يؤدي إلى نقصان في طاقة الوضع .

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

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

$$\Delta ط_م = \Delta ط_و + \Delta ط_ح = صفر$$
$$\text{ويكون } ش = + \Delta ط_ح = - \Delta ط_و$$

ملاحظة : يمكن حساب الشغل بالعلاقة :
$ش = ق ف جتا\theta = مـ ـر ف$

* شغل القوة الخارجية هو شغل غير محافظ أي :

$$ش = \Delta ط_م = \Delta ط_و + \Delta ط_ح$$

حيث $\Delta ط_م$: التغير في الطاقة الميكانيكية

* الشغل الذي تبذله القوة الخارجية في نقل شحنة من أ ← ب = $\Delta ط_{وأب}$
* الشغل الذي تبذله قوة المجال لنقل شحنه من أ ← ب = - $\Delta ط_{وأب}$

سؤال (علل) : الجهد الكهربائي عند نقطة بعيدة جداً (في المالانهاية) 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 المالانهاية الى نقطة ما .
جواب : لأن القوة الخارجية اللازمة 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 (علل) : يعتمد الجهد الكهربائي لنقطة على طاقة الوضع وليس على الشحنة .
جواب : إذا تغيرت الشحنة تتغير معها طاقة الوضع بحيث تبقى النسبة (ط\ـر) ثابتة . أما إذا تغيرت (ط) للشحنة عند انتقالها من نقطة إلى أخرى ضمن المجال فهذا يعني أنه يوجد فرق في الجهد الكهربائي بين النقطتين .

سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤

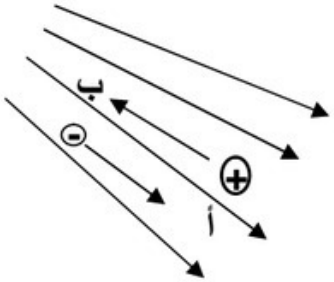
مثال (١) : شحنة كهربائية قدرها (٢×١٠^{-٨}) كولوم موضوعة عند نقطة (أ) التي جهدها (٥) فولت ، احسب :
١) طاقة الوضع الكهربائية للشحنة . ٢) الشغل اللازم لنقل الشحنة إلى نقطة (ب) التي جهدها (١٢) فولت .
٣) التغير في طاقة وضع الشحنة ، عند نقلها من (أ) إلى (ب) .

الحل :

١) $(ط_و)_أ = ـ_{ر أ} \times جـ_أ = ٢\times١٠^{-٨} \times ٥ = ١٠\times١٠^{-٨}$ جول .

٢) $ش_{أ ب} = ـ_{ر}. (جـ_ب - جـ_أ) = ٢\times١٠^{-٨} (١٢ - ٥) = ١٤\times١٠^{-٨}$ جول .

٣) $\Delta ط_{و أ ب} = ش_{خ أ \leftarrow ب} = +١٤\times١٠^{-٨}$ جول .



مثال (٢) : شحنة نقطية قدرها (٢×١٠^{-٩}) كولوم نقلت من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) في مجال كهربائي بسرعة ثابتة فإذا بذلت القوة الخارجية شغلاً (١٤×١٠^{-٩}) جول فاحسب :
١) فرق الجهد بين النقطتين أ و ب .
٢) الشغل الذي تبذله قوة خارجية لنقل شحنة (-٢×١٠^{-٩}) كولوم من (ب) إلى (أ) بسرعة ثابتة .

الحل :

١) $ش_{أ \leftarrow ب} = ـ_{ر}. (جـ_ب - جـ_أ) \Longleftarrow ١٤\times١٠^{-٩} = ٢\times١٠^{-٩} جـ_{ب أ} \Longleftarrow جـ_{ب أ} = ٧$ فولت

٢) $ش_{ب \leftarrow أ} = ـ_{ر}. جـ_{أ ب} = -٢\times١٠^{-٩} \times -٧ = ١٤\times١٠^{-٩}$ جول

مثال (٣) : يتحرك إلكترون بين نقطتين فرق الجهد بينهما (١) فولت فإذا كانت شحنة الإلكترون ($-١,٦\times١٠^{-١٩}$) كولوم احسب الطاقة الحركية التي يكتسبها الإلكترون .

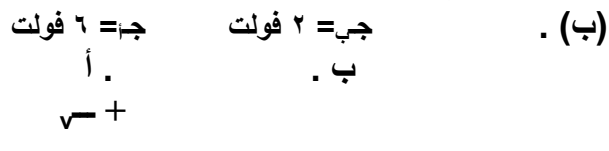
الحل :

$ش = - ـ_{ر}. \times \Delta جـ \Longleftarrow ش = ١,٦\times١٠^{-١٩} \times ١ \Longleftarrow ش = ١,٦\times١٠^{-١٩}$ جول .

سؤال : وضح المقصود بالإلكترون فولت ؟

جواب : الطاقة الحركية 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) .



الحل :

$(ط_م)_أ = (ط_م)_ب$

$(ط_و)_أ + (ط_ح)_أ = (ط_و)_ب + (ط_ح)_ب$

$(ط_ح)_ب = (ط_و)_أ + (ط_ح)_أ - (ط_و)_ب$

$= (ط_ح)_أ + \Delta ط_{و ب \leftarrow أ}$

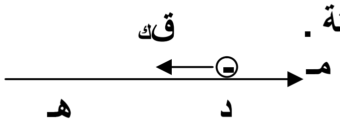
$= صفر + ـ_{ر}. (جـ_{أ ب})$

$= ٢\times١٠^{-٦} \times (٦ - ٢)$

$= ٨\times١٠^{-٦}$ جول

سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤

مثال (٥) : نقطتان (د) ، (هـ) ضمن مجال كهربائي إذا كان (جـ دهـ = -٤) فولت و (جـ هـ = ٨) فولت ، احسب :
١) شغل القوة الخارجية لنقل بروتون من اللانهاية إلى النقطة (د) بسرعة ثابتة .
٢) شغل القوة الكهربائية لنقل الكترون من النقطة (د) إلى النقطة (هـ) .
٣) مقدار التغير في طاقة وضع الالكترون والبروتون في الفرعين السابقين .



الحل :

١) جـ د هـ = جـ د - جـ هـ ⟸ -٤ = جـ د - ٨ ⟸ جـ د = ٤ فولت

ش خ ∞ ← د = = ـــv. (جـ د - جـ ∞) = ١,٦×١٠$^{-19}$×(٤ - ٠) = ٦,٤×١٠$^{-19}$ جول

٢) ش ك د ← هـ = = - ـــv. × جـ هـ د = - -١,٦×١٠$^{-19}$× ٤ = ٦,٤×١٠$^{-19}$ جول

٣) Δط و بروتون = ش ∞ ← د = ٦,٤×١٠$^{-19}$ جول

Δط و الكترون = - ش د ← هـ = - ٦,٤×١٠$^{-19}$ جول

مثال (٦) : تحرك بروتون في مجال كهربائي تحت تأثير القوة الكهربائية من النقطة (س) إلى النقطة (ص) فإذا بذلت القوة الكهربائية شغلاً (٨×١٠$^{-19}$) جول ، فاحسب فرق الجهد (جـ ص س) .

الحل :

ش ك س ← ص = = - ـــv. × جـ ص س

٨×١٠$^{-19}$ = - ١,٦×١٠$^{-19}$ × جـ ص س

جـ ص س = $\frac{٨×١٠^{-19}}{-١,٦×١٠^{-19}}$ = - ٥ فولت

ملاحظة : الإشارة السالبة تعني أن جهد النقطة ص أقل من جهد النقطة س .

مثال (٧) : تحرك بروتون شحنته (ـــv.) ، وكتلته (ك) من السكون من النقطة (أ) عند الصفيحة الموجبة إلى النقطة (ب) عند الصفيحة السالبة بين صفيحتين إذا كان فرق الجهد (جـ) بين النقطتين (أ ، ب) ، فأثبت أن سرعة البروتون بعد قطعه الإزاحة تعطى بالعلاقة :

ع = $\sqrt{\frac{٢ ـــv. جـ}{ك}}$

الحل :

ش ك أ ← ب = = - ـــv. (جـ ب - جـ أ)

ولأن النظام محافظ فإن ش ك = Δ ط ح أ ب = ط ح ب - ط ح أ

- ـــv. (جـ ب - جـ أ) = ط ح ب - ٠

وبتعويض ط ح = $\frac{١}{٢}$ ك ع^{2}

ـــv. (جـ أ - جـ ب) = $\frac{١}{٢}$ ك ع^{2}

$\frac{٢ ـــv. جـ أ ب}{ك}$ = ع^{2}

ع = $\sqrt{\frac{٢ ـــv. جـ}{ك}}$ وهو المطلوب

الجهد الكهربائي لنقطة في مجال شحنة نقطية

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

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

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

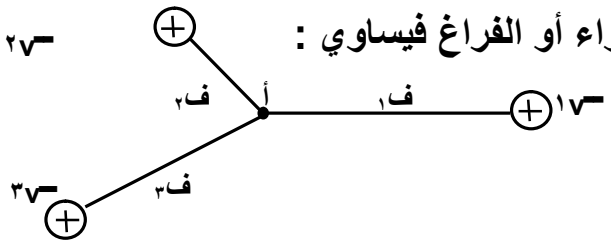
$$\text{الجهد} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الشحنة}}$$

$$جـ = \frac{ق \times ف}{٧}$$

وعندما يكون الوسط هو الهواء أو الفراغ فإن :

$$جـ = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{٧}{ف}$$

أما الجهد الناتج عن عدة شحنات نقطية موضوعة في الهواء أو الفراغ فيساوي :



$$جـ_{أ} = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{١٧}{ف_{١}} + \frac{٢٧}{ف_{٢}} + \frac{٣٧}{ف_{٣}} \right)$$

* إن إشارة الجهد تساعدنا على ترتيب النقاط من الأقل جهداً إلى الأعلى جهداً ، إن اتجاه المجال الكهربائي يكون دائماً باتجاه تناقص الجهد الكهربائي . (لاحظ الشكل)

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 (٣×١٠^{-٢}) م في الهواء عن شحنة نقطية مقدارها ($١,٦\times١٠^{-١٩}$) كولوم .

الحل :

$$جـ = ٩\times١٠^{٩} \frac{ــ_{ش}}{ف}$$

$$= \frac{٩\times١٠^{٩}\times١,٦\times١٠^{-١٩}}{٣\times١٠^{-٢}} = ٤,٨\times١٠^{-٨} \text{ فولت}$$

مثال (٢) : شحنتان نقطيتان $ــ_{ش١} = ١٥\mu c$ ، $ــ_{ش٢} = -٥\mu c$ والمسافة بينهما (١٠) سم احسب :

١) الجهد الكهربائي عند منتصف الخط الواصل بينهما .

٢) الجهد الكهربائي عند نقطة تبعد (٩) سم عن الشحنة الأولى . و (٦) سم عن الشحنة الثانية .

الحل :

١) $جـ = ٩\times١٠^{٩} \left(\frac{ــ_{ش١}}{ف_{١}} + \frac{ــ_{ش٢}}{ف_{٢}}\right)$

$$= ٩\times١٠^{٩} \left(\frac{١٥\times١٠^{-٦}}{٥\times١٠^{-٢}} + \frac{-٥\times١٠^{-٦}}{٥\times١٠^{-٢}}\right)$$

$$= ١٨\times١٠^{٥} \text{ فولت}$$

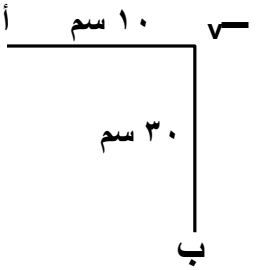
٢) $جـ = ٩\times١٠^{٩} \left(\frac{ــ_{ش١}}{ف_{١}} + \frac{ــ_{ش٢}}{ف_{٢}}\right)$

$$= ٩\times١٠^{٩} \left(\frac{١٥\times١٠^{-٦}}{٩\times١٠^{-٢}} + \frac{-٥\times١٠^{-٦}}{٦\times١٠^{-٢}}\right)$$

$$= ٧,٥\times١٠^{٥} \text{ فولت}$$

مثال (٣) : من الشكل إذا علمت أن الجهد الكهربائي عند النقطة (أ) يساوي (٢٧٠٠) فولت جد :

١) مقدار الشحنة $ــ_{ش}$. ٢) المجال عند النقطة ب .



الحل :

١) $جـ = ٩\times١٠^{٩} \frac{ــ_{ش}}{ف}$

$$٢٧٠٠ = \frac{٩\times١٠^{٩}\times ــ_{ش}}{٠,١}$$

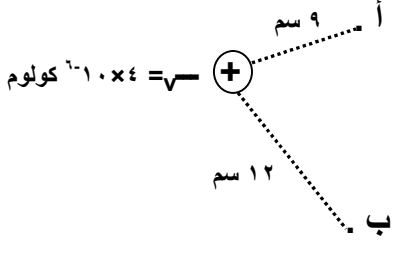
$$ــ_{ش} = ٣٠\times١٠^{-٩} \text{ كولوم}$$

٢) $مـ = ٩\times١٠^{٩} \frac{ــ_{ش}}{ف^{٢}}$

$$= \frac{٩\times١٠^{٩}\times٣٠\times١٠^{-٩}}{٠,٠٩}$$

$$= ٣\times١٠^{٣} \text{ نيوتن/كولوم}$$

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) جـب أ ٥) Δ جـب 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 :

١) $جـ_أ = ٩\times١٠^{٩} \frac{ش}{ف}$

$= \frac{٩\times١٠^{٩} \times ٤\times١٠^{-٦}}{٩\times١٠^{-٢}} = ٤\times١٠^{٥}$ فولت

٢) $جـ_ب = ٩\times١٠^{٩} \frac{ش}{ف}$

$= \frac{٩\times١٠^{٩} \times ٤\times١٠^{-٦}}{١٢\times١٠^{-٢}} = ٣\times١٠^{٥}$ فولت

٣) $جـ_{أب} = جـ_أ - جـ_ب = ٤\times١٠^{٥} - ٣\times١٠^{٥}$

$= ١\times١٠^{٥}$ فولت

٤) $جـ_{ب أ} = - جـ_{أب} = -١\times١٠^{٥}$ فولت

٥) $\Delta جـ_{ب أ} = جـ_{أب} = ١\times١٠^{٥}$ فولت

٦) $(ط_و)_أ = ش_أ \times جـ_أ = -١,٦\times١٠^{-١٩} \times ٤\times١٠^{٥}$

$= -٦,٤\times١٠^{-١٤}$ جول

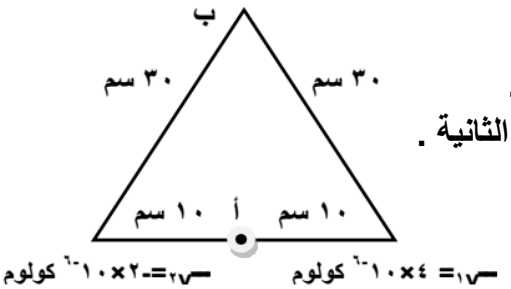
٧) $\Delta ط_{و\ أب} = ش_ب \times جـ_أ$

$= -١,٦\times١٠^{-١٩} \times -١\times١٠^{٥}$

$= ١,٦\times١٠^{-١٤}$ جول

٨) $ش_{خ\ أ \leftarrow ب} = \Delta ط_{و\ أب} = ١,٦\times١٠^{-١٤}$ 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 :

١) $جـ_أ = ٩\times١٠^{٩} (\frac{ش_١}{ف_١} + \frac{ش_٢}{ف_٢})$

$= ٩\times١٠^{٩} (\frac{٤\times١٠^{-٦} - ٢\times١٠^{-٦}}{١٠\times١٠^{-٢}})$

$= ١٨\times١٠^{٤}$ فولت

٢) $جـ_ب = ٩\times١٠^{٩} (\frac{ش_١}{ف_١} + \frac{ش_٢}{ف_٢})$

$= ٩\times١٠^{٩} (\frac{٤\times١٠^{-٦} - ٢\times١٠^{-٦}}{٣٠\times١٠^{-٢}}) = ٦\times١٠^{٤}$ فولت

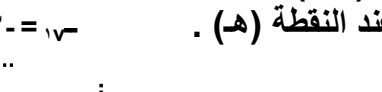
٣) $ط_{و_١} = ٩\times١٠^{٩} \frac{ش_١ \times ش_٢}{ف}$

$= \frac{٩\times١٠^{٩} \times ٤\times١٠^{-٦} \times -٢\times١٠^{-٦}}{٢٠\times١٠^{-٢}}$

$= -٣٦\times١٠^{-٢}$ جول

٤) $ط_{و_١} = ط_{و_٢} = -٣٦\times١٠^{-٢}$ جول

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 :

١) $جـ_{١} + جـ_{٢} =$ صفر

$$\frac{٩\times١٠^{٩}\ -_{١٧}}{ف_{١}} + \frac{٩\times١٠^{٩}\ -_{٢٧}}{ف_{٢}} = \text{صفر}$$

$$\frac{-١,٢\times١٠^{-٩}}{٠,٢} + \frac{-_{٢٧}}{٠,٣} = \text{صفر}$$

$-_{٢٧} = ١,٨\times١٠^{-٩}$ كولوم

٢) $مـ_{هـ} = مـ_{١} + مـ_{٢}$

$$= ٩\times١٠^{٩}\left(\frac{-_{١٧}}{ف_{١}^{٢}} + \frac{-_{٢٧}}{ف_{٢}^{٢}}\right)$$

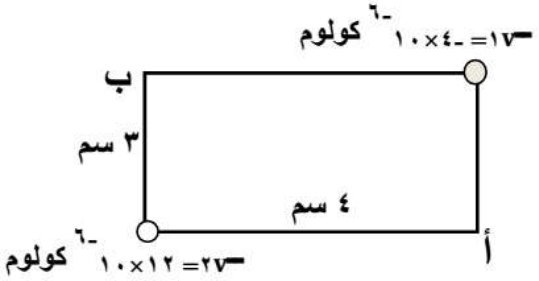
$$= ٩\times١٠^{٩}\left(\frac{-١,٢\times١٠^{-٩}}{٠,٠٤} + \frac{١,٨\times١٠^{-٩}}{٠,٠٩}\right)$$

$$= ٩\times١٠^{٩}\ (٣٠\times١٠^{-٩} + ٢٠\times١٠^{-٩})$$

= ٤٥٠ نيوتن/كولوم (نحو اليمين)

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

مثال (٧) : وضعت شحنتان على رؤوس مستطيل كما في الشكل المجاور ، احسب :
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) $جـ_{أ} = ٩\times١٠^{٩}\left(\frac{-_{١٧}}{ف_{١}} + \frac{-_{٢٧}}{ف_{٢}}\right)$

$$= ٩\times١٠^{٩}\left(\frac{-٤\times١٠^{-٦}}{٣\times١٠^{-٢}} + \frac{١٢\times١٠^{-٦}}{٤\times١٠^{-٢}}\right)$$

$= ١٥\times١٠^{٥}$ فولت

$$جـ_{ب} = ٩\times١٠^{٩}\left(\frac{-٤\times١٠^{-٦}}{٤\times١٠^{-٢}} + \frac{١٢\times١٠^{-٦}}{٣\times١٠^{-٢}}\right)$$

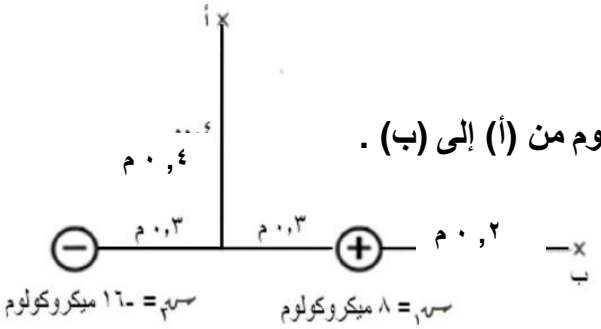
$= ٢٧\times١٠^{٥}$ فولت

$ش_{أ ب} = -_{ق} \times \Delta جـ_{أ ب}$

$= ١\times١٠^{-٦}\ (-٢٧ - ١٥)\times١٠^{٥} = ١,٢$ جول

٢) Δ طو $_{ب أ} = - ش_{أ ب} = - ١,٢$ جول

مثال (٨) : 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 :

١) ف = $\sqrt{٠,٠٩ + ٠,١٦}$ = ٠,٥ م

$جـ_{أ} = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{س_١}{ف_١} + \frac{س_٢}{ف_٢} \right)$

$= ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{٨ \times ١٠^{-٦} - ١٦ \times ١٠^{-٦}}{٠,٥} \right)$

$= -١٤٤ \times ١٠^{٣}$ فولت

$جـ_{ب} = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{س_١}{ف_١} + \frac{س_٢}{ف_٢} \right)$

$= ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{٨ \times ١٠^{-٦}}{٠,٢} - \frac{١٦ \times ١٠^{-٦}}{٠,٨} \right)$

$= ١٨٠ \times ١٠^{٣}$ فولت

$جـ_{أب} = -١٤٤ \times ١٠^{٣} - ١٨٠ \times ١٠^{٣} = -٣٢٤ \times ١٠^{٣}$ فولت

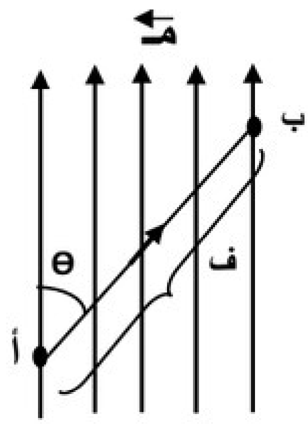
٢) $ش_{أب} = س_{٢} \times \Delta جـ_{أب}$

$= ١٠ \times ١٠^{-٦} \times ٣٢٤ \times ١٠^{٣} = ٣٢٤ \times ١٠^{-٢}$ جول

سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤

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 الجسيم ففي الشكل مثلا فإن فرق الجهد بين النقطتين أ ، ب يساوي :



ش أ←ب = ق . ف أب جتاθ = مـ ـــو . ف أب جتاθ

ش أ←ب = - ـــو (جـب - جـأ) = ـــو (جـأ - جـب)

ـــو (جـأ - جـب) = مـ ـــو . ف أب جتاθ

جـ أب = مـ فأب جتاθ

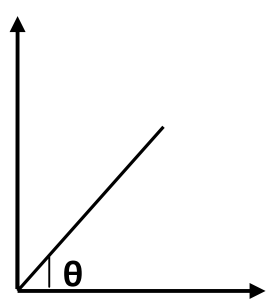
حيث :

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



مـ = ميل الخط المستقيم = ظاθ = جـ / ف

سؤال : استخدم العلاقة Δ جـ = مـ ف لإثبات أن وحدة قياس المجال (نيوتن/كولوم) تكافئ (فولت/م) ؟

جواب :

Δ جـ = مـ ف

مـ = Δ جـ / ف = فولت/م

فولت / متر = جول / كولوم.م = نيوتن . م / كولوم . م = نيوتن / كولوم

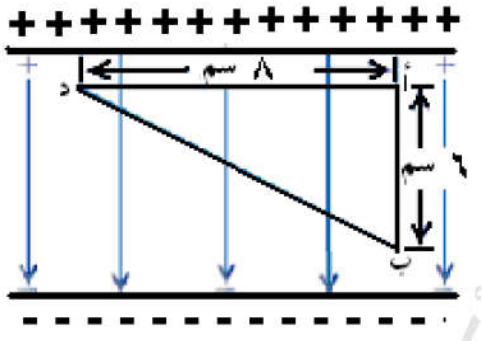
فولت = جول / كولوم

جول = نيوتن . م

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) $مـ = \frac{جـ}{ف} = \frac{١١٠}{١٠ \times ١٠^{-٢}} = ١١ \times ١٠^{٢}$ نيوتن/كولوم

$ق = مـ \times ــ_{٧} = ١١ \times ١٠^{٢} \times ٢ \times ١٠^{-٦} = ٢٢ \times ١٠^{-٤}$ نيوتن

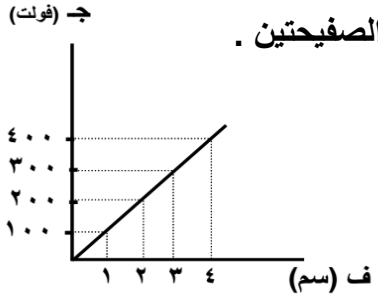
٢) $جـ_{دب} = جـ_{دأ} + جـ_{أب}$

$= صفر + مـ ف جتا\theta = ١١ \times ١٠^{٢} \times ٦ \times ١٠^{-٢} \times جتا٠ = ٦٦$ فولت

$ش_{بد} = - ــ_{٧} \times جـ_{دب} = ٢ \times ١٠^{-٦} \times ٦٦ = ١٣٢ \times ١٠^{-٦}$ جول

مثال (٢) : مجال كهربائي منتظم ناشىء عن صفيحتين فلزيتين 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 .



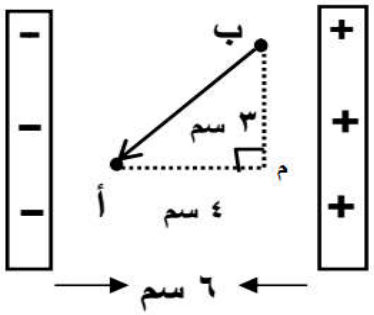
الحل :

١) $مـ = \frac{جـ}{ف} = \frac{٤٠٠}{٤ \times ١٠^{-٢}} = ١ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/كولوم

٢) $جـ = مـ ف جتا\theta = ١ \times ١٠^{٤} \times ٥ \times ١٠^{-٢} \times جتا٠ = ٥٠٠$ 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) $ش_{أب} = ــ_{٧} \times جـ_{بأ}$

$٢٤٠ \times ١٠^{-٦} = ٢ \times ١٠^{-٦} \times جـ_{بأ}$

$جـ_{بأ} = ١٢٠$ فولت

$جـ_{بأ} = جـ_{بم} + جـ_{مأ}$

$١٢٠ = صفر + مـ ف جتا\theta$

$١٢٠ = مـ \times ٤ \times ١٠^{-٢} \times جتا٠$

$مـ = ٣ \times ١٠^{٣}$ نيوتن/كولوم

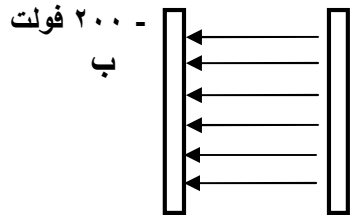
٢) $جـ = مـ ف جتا\theta = ٣ \times ١٠^{٣} \times ٦ \times ١٠^{-٢} \times جتا٠$

$= ١٨٠$ فولت

مثال (٤) : تحرك بروتون من السكون من اللوح الموجب (أ) إلى اللوح السالب (ب) في الحيز بين لوحين موصلين متوازيين مشحونين بشحنتين مختلفتين تفصل بينهما مسافة (٤) سم ، احسب :

١) المجال الكهربائي بين اللوحين .
٢) التغير في طاقة وضع البروتون عند انتقاله بين اللوحين .
٣) سرعة البروتون بعد قطعه الازاحة .

(اعتبر شحنة البروتون = ١,٦ × ١٠$^{-١٩}$ كولوم ، كتلة البروتون = ١,٦٧ × ١٠$^{-٢٧}$ كغم)



الحل :

١) مـ = $\frac{\text{جـ}}{\text{ف}}$ = $\frac{٢٠٠ - - ٢٠٠}{٤ \times ١٠^{-٢}}$ = ١ × ١٠^{٤} نيوتن/كولوم

٢) Δطـ$_{\text{أب}}$ = ـــ$_{\text{ر}}$ × جـ$_{\text{ب أ}}$ = ١,٦ × ١٠$^{-١٩}$ × - ٤٠٠
= - ٦٤ × ١٠$^{-١٨}$ جول

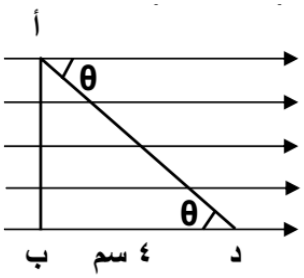
٣) Δطـ$_{\text{ح}}$ = $\frac{١}{٢}$ ك Δع^{٢}

٦٤ × ١٠$^{-١٨}$ = $\frac{١}{٢}$ × ١,٦٧ × ١٠$^{-٢٧}$ × (ع$_{٢}^{٢}$ - ٠)

ع$_{٢}$ ≈ ٢٧,٧ × ١٠^{٤} م/ث

مثال (٥) : في الشكل المجاور مجال كهربائي منتظم مقداره (١٠٠٠) فولت/م ، والنقاط (أ ، ب ، د) واقعة فيه إذا كان طول ب د = ٤ سم ، احسب :

١) الشغل اللازم لنقل شحنة (٢ × ١٠$^{-٦}$) كولوم من (أ) إلى (د) .
٢) عند أي نقطتين يكون الجهد متساوي .



الحل :

١) جـ$_{\text{د أ}}$ = جـ$_{\text{د ب}}$ + جـ$_{\text{ب أ}}$ = مـ ف جتاθ + صفر
= ١٠٠٠ × ٤ × ١٠$^{-٢}$ × جتا١٨٠ = - ٤٠ فولت
ش$_{\text{أ د}}$ = - ـــ$_{\text{ر}}$ × جـ$_{\text{د أ}}$ = - ٢ × ١٠$^{-٦}$ × - ٤٠
= ٨ × ١٠$^{-٥}$ جول

٢) النقطتين أ ، ب

مثال (٦) : تحرك جسيم شحنته (٢ × ١٠$^{-٤}$) كولوم ، وكتلته (٤ × ١٠$^{-١٢}$) كغم من السكون ، من اللوح الموجب إلى اللوح السالب في الحيز بين لوحي مواسع ذي لوحين متوازيين ، إذا كانت المسافة بين اللوحين (١ × ١٠$^{-٢}$) م وسرعة وصول الجسيم إلى اللوح السالب (٤ × ١٠^{٤}) م/ث ، احسب :

١) فرق الجهد بين طرفي المواسع .
٢) القوة المؤثرة في الجسيم أثناء حركته .

الحل :

١) Δطـ$_{\text{ح}}$ = $\frac{١}{٢}$ ك Δع^{٢}

Δطـ$_{\text{ح}}$ = $\frac{١}{٢}$ × ٤ × ١٠$^{-١٢}$ × (١٦ × ١٠^{٨} - ٠)

Δطـ$_{\text{ح}}$ = ٣٢ × ١٠$^{-٤}$ جول

Δطـ$_{\text{و}}$ = ـــ$_{\text{ر}}$ × Δجـ ⟸ - ٣٢ × ١٠$^{-٤}$ = ٢ × ١٠$^{-٤}$ × Δجـ

Δجـ = - ١٦ فولت

٢) مـ = $\frac{\Delta\text{جـ}}{\text{ف}}$ = $\frac{١٦}{١ \times ١٠^{-٢}}$ = ١٦ × ١٠^{٢} فولت/م

ق = مـ × ـــ$_{\text{ر}}$ = ١٦ × ١٠^{٢} × ٢ × ١٠$^{-٤}$

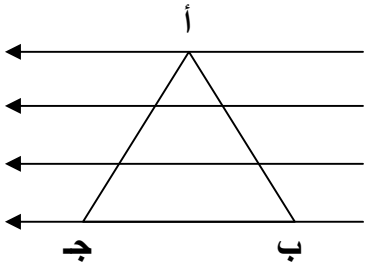
= ٣٢ × ١٠$^{-٢}$ نيوتن

مثال (٧) : مجال كهربائي منتظم قدره (١٠) فولت/م ، تحركت خلاله شحنه قدرها (٢×١٠^{-٦}) كولوم في المسار (أ ب جـ أ) الذي يمثل مثلث متساوي الاضلاع طول ضلعه (١٠) سم فإذا كان ب جـ يوازي خطوط المجال ، احسب :

١) الشغل اللازم لنقل الشحنة من (أ) إلى (ب) . ٢) الشغل اللازم لنقل الشحنة من (ب) إلى (جـ) .

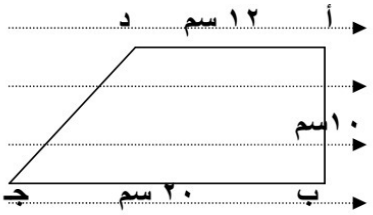
٣) الشغل اللازم لنقل الشحنة من (أ) إلى (جـ) .

الحل :



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

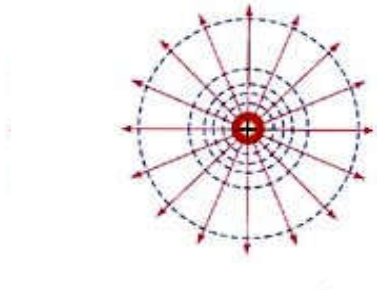
الحل :



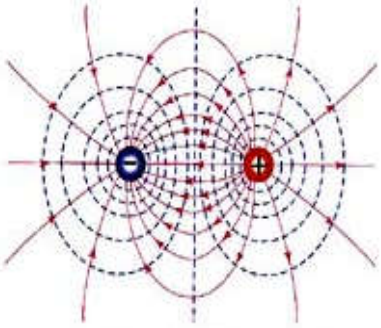
السطوح متساوية الجهد

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

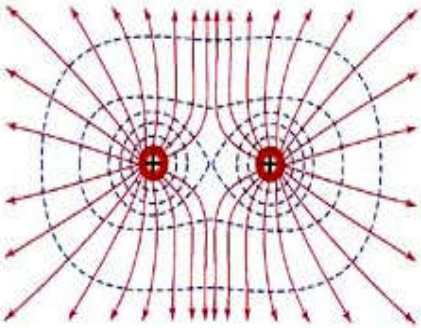
بعض السطوح متساوية الجهد :



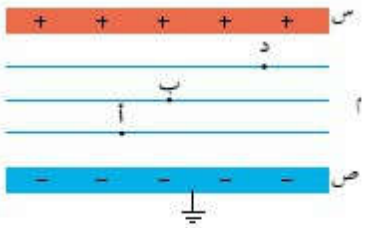
(أ) شحنة نقطية (موجبة).



(ب) شحنتان نقطيتان مختلفتان في الشحنة.



جـ - شحنتان نقطيتان متساويتان متشابهتان في الشحنة.



سطوح تساوي الجهد لصفيحتين متوازيتين

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 .

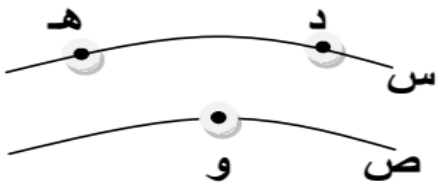
سؤال (علل) : السطوح متساوية الجهد متعامدة مع خطوط المجال الكهربائي .

جواب : الشغل اللازم لنقل شحنة بين نقطتين على سطح تساوي جهد يعتمد على فرق الجهد بين النقطتين وعليه يكون الشغل صفراً (ش$_{ك}$ = صفراً) وعليه يكون :

ش = ق ف جتاθ = صفر ⟸ θ = ٩٠° أي تكون خطوط المجال عمودية على السطح

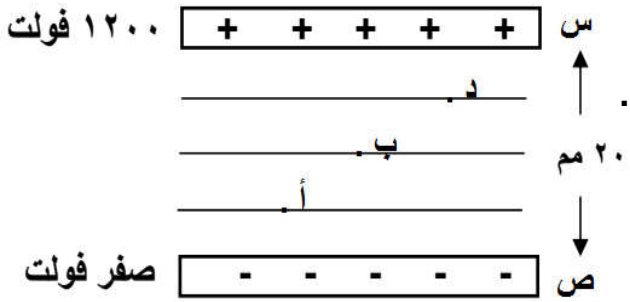
مثال (١) : (س ، ص) سطحان من سطوح تساوي الجهد (د ، هـ ، و) نقاط موجودة على السطحين فإذا كان جـ = ٢٥ فولت ، جـ = ٣٥ فولت ، فاحسب :
١) فرق الجهد بين النقطتين و ، هـ . ٢) الشغل المبذول لنقل شحنة (٥) ميكروكولوم من (هـ) إلى (و) .
٣) الشغل المبذول لنقل شحنة (-٢) ميكروكولوم من (هـ) إلى (د) .

الحل :



١) جـ وهـ = جـ و - جـ هـ = ٣٥ - ٢٥ = ١٠ فولت
٢) ش هـو = ـــ × جـ وهـ = ٥×١٠^-٦ × ١٠ = ٥×١٠^-٥ جول
٣) ش هـد = ـــ × جـ دهـ = -٢×١٠^-٦ × ٠ = ٠

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
جـ = ١٢٠٠ - ٠ = ١٢٠٠ فولت
مـ = جـ / ف = ١٢٠٠ / ٢٠×١٠^-٣ = ٦×١٠^٤ فولت/م (نحو ص-)

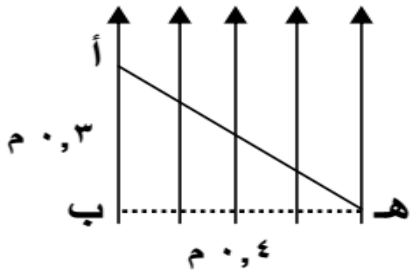
٢) المجال بين الصفيحتين منتظم وعليه فالمسافات بين سطوح تساوي الجهد متساوية :
* ف_أ = ف/٤ = ٢٠/٤ = ٥ مم
جـ أص = مـ × ف أص
جـ أ - ٠ = ٦×١٠^٤ × (٥ - ٠)×١٠^-٣ ومنها جـ أ = ٣٠٠ فولت
* ف_ب = ف_أ + ٥ = ومنها ف_ب = ١٠ مم
جـ بص = مـ × ف بص
جـ ب - ٠ = ٦×١٠^٤ × (١٠ - ٠)×١٠^-٣ ومنها جـ ب = ٦٠٠ فولت
* ف_د = ف_ب + ٥ = ومنها ف_د = ١٥ مم
جـ دص = مـ × ف دص
جـ د - ٠ = ٦×١٠^٤ × (١٥ - ٠)×١٠^-٣ ومنها جـ د = ٩٠٠ فولت
٣) ش أ← ب = ـــ × جـ ب أ = ٢×١٠^-٦ × (٦٠٠ - ٣٠٠) = ٦×١٠^-٤ جول

ورقة عمل على الجهد الكهربائي

السؤال الأول : 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 .

الجواب : ($-٠,٩\times١٠^{٥}$ فولت ، $-٠,٩\times١٠^{٥}$ فولت ، $-٠,٤٥$ جول)

السؤال الثاني : يمثل الشكل المجاور مجالاً كهربائياً منتظماً مقداره ($١٠^{٣}$) فولت/م ، اعتماداً على القيم احسب :

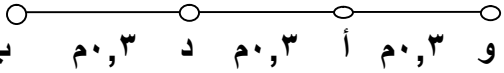


١) فرق الجهد بين النقطتين أ،هـ
٢) الشغل اللازم لنقل شحنة (١) ميكروكولوم من النقطة (هـ) إلى (أ) .

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

السؤال 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 أ $=+٢\times١٠^{-٨}$ كولوم ش ب $=-٢\times١٠^{-٨}$ كولوم



الجواب : (٤×١٠^{٣} 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 : (-٢٧×١٠^{-٢} جول) .

السؤال الخامس : شحنتان نقطيتان مقدارهما (-١×١٠^{-٨} ، ٤×١٠^{-٨}) كولوم موضوعتان في الهواء ، والمسافة بينهما (٦) سم ، احسب :
١) بعد النقطة التى ينعدم عندها الجهد وتقع على الخط الواصل بين الشحنتين .
٢) الشغل اللازم لجعل المسافة بينهما (٤) سم .

الجواب : (١,٢ سم عن الأولى ، ٣×١٠^{-٥} جول ، ١٨×١٠^{-٥} جول) .

الفصل الثالث / المواسعة الكهربائية

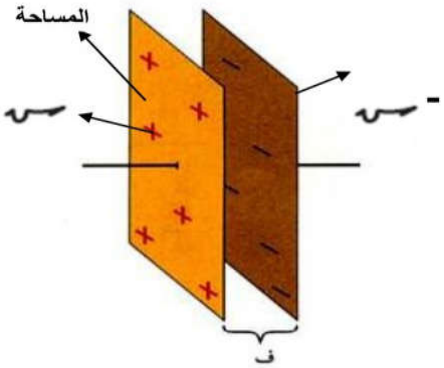
* المواسع الكهربائي : هو جهاز يستخدم لتخزين الشحنات الكهربائية ، والطاقة الكهربائية .

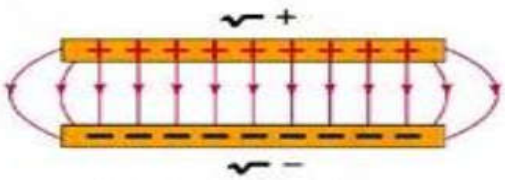
* يتكون المواسع من موصلين بينهما مادة عازلة (الهواء ، البلاستيك ، الورق) .

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

* يتألف المواسع الكهربائي ذو الصفيحتين المتوازيتين من صفيحتين متوازيتين ، مساحة كل منهما (أ) . أحداهما مشحونة بشحنة (+) ، والأخرى مشحونة بشحنة (-) ، وتفصل بينهما مادة عازلة ويكون المجال الكهربائي بينهما منتظم .

وتعتبر المسافة بين صفيحتي المواسع صغيرة جداً مقارنة بأبعاد الصفيحتين .

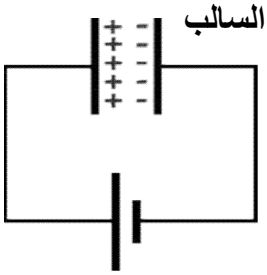




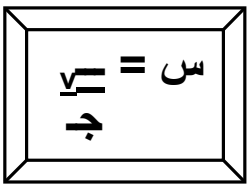
رسم تخطيطي لخطوط المجال الكهربائي بين لوحي مواسع ذي لوحين متوازيين .

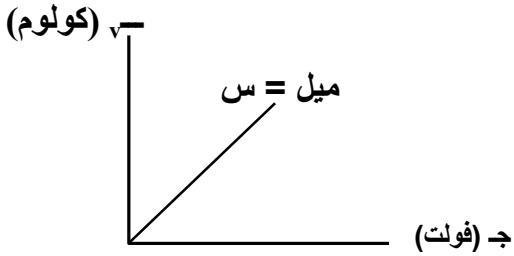
سؤال : كيف يتم شحن المواسع ذو الصفيحتين المتوازيتين ؟

جواب : يتم بتوصيل هذين الصفيحتين ببطارية وتشحن أحدى الصفيحتين بشحنة موجبة لاتصالها بقطب البطارية الموجب وفى 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 قطبى البطارية ولذلك فإن البطارية تستمر فى شحن الصفيحتين إلى أن يتساوى فرق الجهد بين الصفيحتين وبين قطبى البطارية .



* يبين الرسم البياني العلاقة الخطية بين جهد المواسع وشحنته ، ويمثل ميل الخط المستقيم كمية فيزيائية تسمى المواسعة الكهربائية ، ويرمز لها بالرمز (س) حيث :





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

تقاس السعة بوحدة كولوم/فولت وتسمى فاراد .

يعرف الفاراد بأنه " مواسعة موصل يختزن 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 يختزن شحنة قدرها (٢) ميكروكولوم عندما يكون فرق الجهد بين صفيحتيه (١) فولت .

ولحساب مواسعة المواسع ذو الصفيحتين المتوازيين نستخدم العلاقة :

$$س = \frac{ε_. \times أ}{ف}$$

العوامل التي تعتمد عليها سعة المواسع ذو الصفيحتين المتوازيتين :

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

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

$$س = \frac{ε_. \times أ}{ف}$$

جواب : $س = \frac{ش}{جـ} = \frac{ش}{مـ ف}$

من العلاقة $مـ = \frac{σ}{ε_.}$

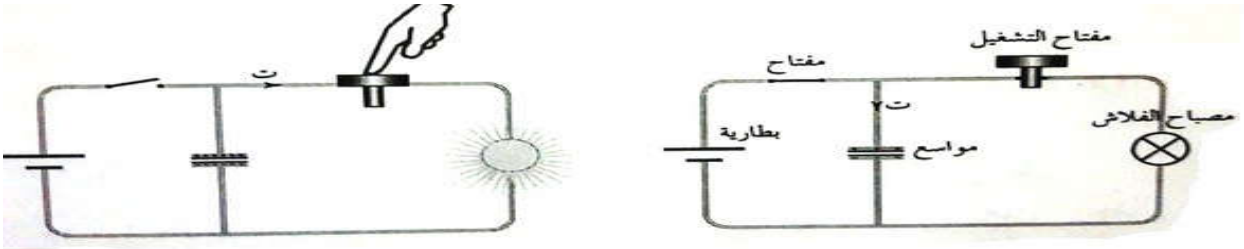
$$س = \frac{ε_. ش}{σ\ ف}$$

من العلاقة $σ = \frac{ش}{أ}$

إذاً $س = \frac{ε_. \times أ}{ف}$ 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 كهربية عالية، وعند الضغط على مفتاح التشغيل تغلق دارة (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 .

سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤

الطاقة المختزنة في مواسع مشحون

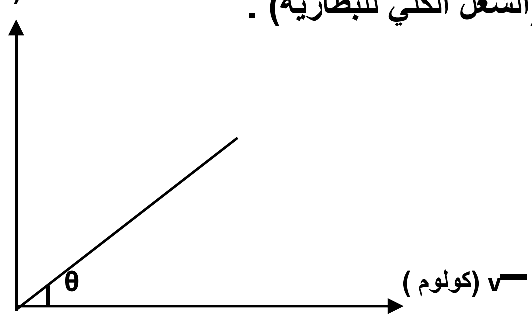
يختزن المكثف المشحون طاقة وضع كهربائية بداخله ، وعند وصل البطارية مع المواسع ، تقوم البطارية ببذل شغل لنقل الشحنات إلى صفيحتي المواسع .

$$ط = \frac{١}{٢} ش \, جـ$$ ---------------- (١)

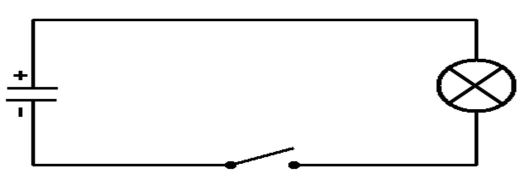
$$ط = \frac{١}{٢} س \, جـ^{٢}$$ ---------------- (٢)

$$ط = \frac{١}{٢} \frac{ش^{٢}}{س}$$ ---------------- (٣)

يخزن المواسع الطاقة الكهربائية في المجال المنتظم بين لوحيه وبملاحظة العلاقة البيانية بين شحنة المواسع وجهده نلاحظ أن المساحة تحت المنحنى تساوي الطاقة المختزنة 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 <u>تفريغ المواسع</u> .



سؤال (علل) : تقل الطاقة المختزنة 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 يختزنها . ٣) المجال الكهربائي في الحيز بين اللوحين .
٤) إذا قل البعد بين صفيحتي المواسع إلى النصف ، فكيف يتغير كل من مواسعته وشحنته وفرق الجهد .

(اعتبر $\epsilon = \epsilon_{.} = ٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢}$ كولوم^{٢} / نيوتن .م^{٢})

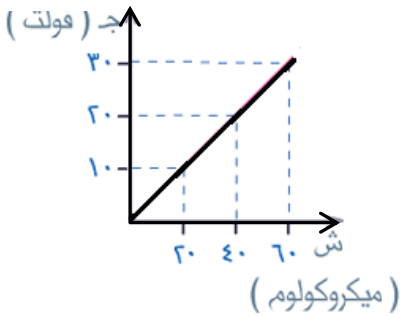
الحل : ١) $س = \frac{\epsilon_{.} \times أ}{ف} = \frac{٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢} \times ٢ \times ١٠^{-٤}}{٨,٨٥ \times ١٠^{-٣}} = ٢ \times ١٠^{-١٣}$ فاراد .

٢) $ـــ_{ر} = س \times جـ = ٢ \times ١٠^{-١٣} \times ٢٠ = ٤ \times ١٠^{-١٢}$ كولوم .

٣) $مـ = \frac{جـ}{ف} = \frac{٢٠}{٨,٨٥ \times ١٠^{-٣}} \approx ٢,٢٦ \times ١٠^{٣}$ فولت / م .

٤) تصبح المواسعة مثلي ما كانت عليه أي $س = ٤ \times ١٠^{-١٣}$ فاراد
تبقى الشحنة كما هي بسبب فصل البطارية أي $ـــ_{ر} = ٤ \times ١٠^{-١٢}$ كولوم .
$جـ = \frac{ـــ_{ر}}{س} = \frac{٤ \times ١٠^{-١٢}}{٤ \times ١٠^{-١٣}} = ١٠$ فولت

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 :
١) ميل الخط المستقيم = س $= \frac{(٤٠ - ٢٠) \times ١٠^{-٦}}{٢٠ - ١٠} = ٢ \times ١٠^{-٦}$ فاراد
٢) لأن المواسعة ثابتة يكون :
$ـــ_{ر} = س \times جـ = ٢ \times ١٠^{-٦} \times ٥٠ = ١ \times ١٠^{-٤}$ 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 المختزنة في المواسع .
٢) إذا أصبحت المسافة بين صفيحتيه (١٧,٧) مم ، مع بقاء المواسع متصلاً مع البطارية ، احسب الطاقة المختزنة في المواسع .

الحل : ١) $س = \frac{\epsilon_{.} \times أ}{ف} = \frac{٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢} \times ٢٥ \times ١٠^{-٤}}{٨,٨٥ \times ١٠^{-٣}} = ٢,٥ \times ١٠^{-١٢}$ فاراد .

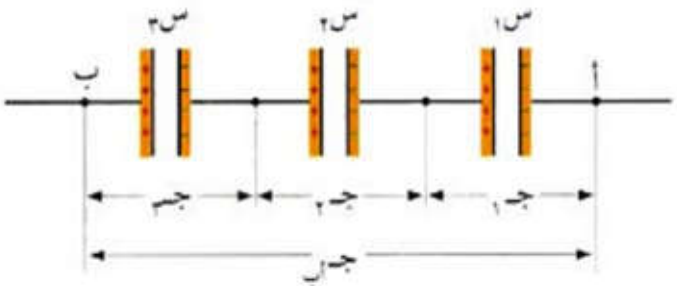
$ط = \frac{١}{٢} س جـ^{٢} = \frac{١}{٢} \times ٢,٥ \times ١٠^{-١٢} \times (١٠٠)^{٢} = ١,٢٥ \times ١٠^{-٨}$ جول

٢) ستقل المواسعة عندها إلى النصف أي $س = ١,٢٥ \times ١٠^{-١٢}$ فاراد ، (الجهد يبقى ثابت لاتصاله بالبطارية)

$ط = \frac{١}{٢} س جـ^{٢} = \frac{١}{٢} \times ١,٢٥ \times ١٠^{-١٢} \times (١٠٠)^{٢} = ٦,٢٥ \times ١٠^{-٩}$ جول (الطاقة تقل)

توصيل المواسعات الكهربائية

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



$$جـ_{كلي} = جـ_1 + جـ_2 + جـ_3$$

$$\frac{ق}{س} = \frac{ق_1}{س_1} + \frac{ق_2}{س_2} + \frac{ق_3}{س_3}$$

$$\frac{١}{س_م} = \frac{١}{س_1} + \frac{١}{س_2} + \frac{١}{س_3}$$

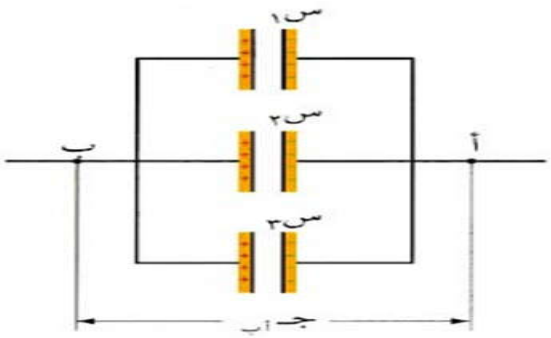
حيث $س_م$ السعة المكافئة

لاحظ أن السعة تقل عند التوصيل على التوالي .

يجوز استخدام العلاقة :

$$س_م = \frac{س_1 \times س_2}{س_1 + س_2}$$

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



$$ق_{كلية} = ق_1 + ق_2 + ق_3$$

$$س \cancel{جـ} = س_1 \cancel{جـ_1} + س_2 \cancel{جـ_2} + س_3 \cancel{جـ_3}$$

$$س_م = س_1 + س_2 + س_3$$

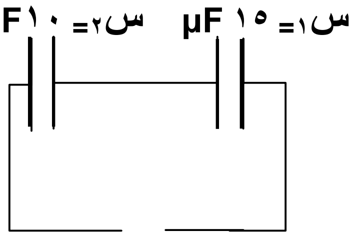
لاحظ أن السعة تزداد عند التوصيل على التوازي .

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

١) $\frac{١}{(س_م)_{توالي}} = ن \times \frac{١}{س_{احداها}}$ ٢) $(س_م)_{توازي} = ن \times س_{احداها}$

سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤

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



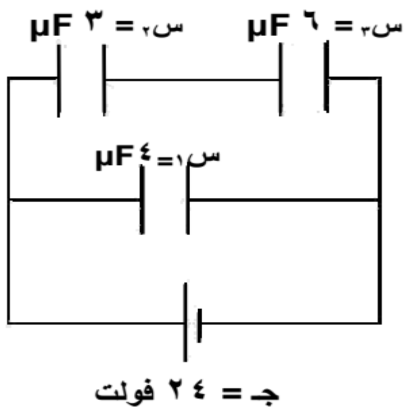
الحل :

$$س_م = \frac{١٥×١٠}{١٥+١٠} = ٦ \ \mu F$$

$$جـ_{مصدر} = \frac{ش}{س} = \frac{٣٠٠×١٠^{-٦}}{٦×١٠^{-٦}} = ٥٠ \ \text{فولت}$$

مثال (٢) : استعن بالبيانات المثبتة على الشكل واحسب ما يلي :

١) المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات .
٢) شحنة كل مواسع .



الحل :

١) $س_٢$ و $س_٣$ على التوالي

$$س_٤ = \frac{٦×٣}{٦+٣} = \frac{١٨}{٩} = ٢ \ \text{ميكروفاراد}$$

$س_٤$ و $س_١$ على التوازي

$$س_م = ٢+٤ = ٦ \ \text{ميكروفاراد}$$

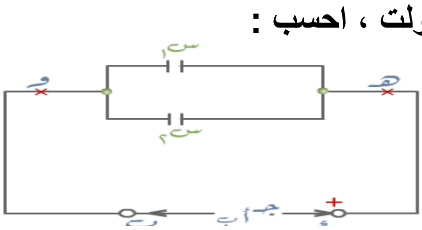
٢) $ش_١ = س_١×جـ_١ = ٤×١٠^{-٦}×٢٤ = ٩٦×١٠^{-٦}$ كولوم

$ش_٤ = س_٤×جـ_٤ = ٢×١٠^{-٦}×٢٤ = ٤٨×١٠^{-٦}$ كولوم

$ش_٤ = ش_٢ = ش_٣ = ٤٨×١٠^{-٦}$ كولوم

مثال (٣) : مواسعان ($س_١$ ، $س_٢$) ، سعة الأول (٢) ميكروفاراد وسعة الثاني (٥) ميكروفاراد تم وصلهما بمصدر كهربائي كما في الشكل فرق الجهد بين طرفيه ($جـ_{أب}$) = ١٨ فولت ، احسب :

١) السعة المكافئة للمواسعين .
٢) شحنة كل مواسع .
٣) شحنة المواسع المكافئ .
٤) طاقة المواسع $س_١$.



الحل :

١) $س_١$ و $س_٢$ على التوازي

$$س_م = ٢+٥ = ٧ \ \text{ميكروفاراد}$$

٢) $ش_١ = س_١×جـ_١ = ٢×١٠^{-٦}×١٨$

$= ٣٦×١٠^{-٦}$ كولوم

$ش_٢ = س_٢× جـ_٢ = ٥×١٠^{-٦}×١٨$

$= ٩٠×١٠^{-٦}$ كولوم

٣) $ش_{كلية} = س_م×جـ_{كلي}$

$= ٧×١٠^{-٦}×١٨$

$= ١٢٦×١٠^{-٦}$ كولوم

<u>لاحظ أن</u> $ش_{كلية} = ش_١ + ش_٢$

$= ٣٦×١٠^{-٦} + ٩٠×١٠^{-٦}$

$= ١٢٦×١٠^{-٦}$ كولوم

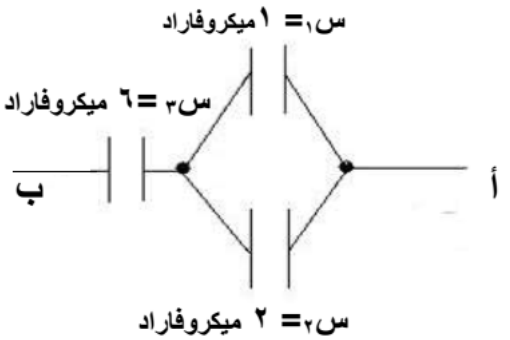
٤) $ط = \frac{١}{٢} ش \ جـ = \frac{١}{٢} ×٣٦×١٠^{-٦}×١٨$

$= ٣٢٤×١٠^{-٦}$ جول

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

١) المواسعة المكافئة .

٢) جهد كل مواسع وشحنته .



الحل :

١) $س_1$ و $س_2$ على التوازي

$س_4 = ١ + ٢ = ٣$ ميكروفاراد

$س_4$ و $س_3$ على التوالي

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

٢) $ـــ_{كلية} = س_م \times جـ_{كلي} = ٢ \times ١٠^{-٦} \times ٦٠ = ١٢٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

$ـــ_{كلية} = ـــ_3 = ـــ_4 = ١٢٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

$جـ_3 = \frac{ـــ_3}{س_3} = \frac{١٢٠ \times ١٠^{-٦}}{٦ \times ١٠^{-٦}} = ٢٠$ فولت

$جـ_1 = جـ_2 = \frac{ـــ_4}{س_4} = \frac{١٢ \times ١٠^{-٥}}{٣ \times ١٠^{-٦}} = ٤٠$ فولت

$ـــ_1 = س_1 \times جـ_1 = ١ \times ١٠^{-٦} \times ٤٠$

$= ٤٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

$ـــ_2 = س_2 \times جـ_2 = ٢ \times ١٠^{-٦} \times ٤٠$

$= ٨٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

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

الحل :

$س_{توازي} = ن \times س$

$٩ = ٦ \times س$

$س = \frac{٩}{٦} = ١,٥$ ميكروفاراد

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

$س_م = \frac{١}{٤}$ ميكروفاراد

مثال (٦) : مواسع كهربائي ذو لوحين متوازيين مواسعته (٣×١٠^{-١١}) فاراد ، وصل لوحاه بفرق جهد (٢٠) فولت إذا علمت أن المسافة بين لوحيه ($١٧,٧ \times ١٠^{-٣}$) م ، والوسط الفاصل بينهما هواء ، إحسب :

١) الشحنة على كل من لوحيه .

٢) مساحة أي من لوحيه .

الحل :

١) $ـــ = س \times جـ = ٣ \times ١٠^{-١١} \times ٢٠$

$= ٦ \times ١٠^{-١٠}$ كولوم

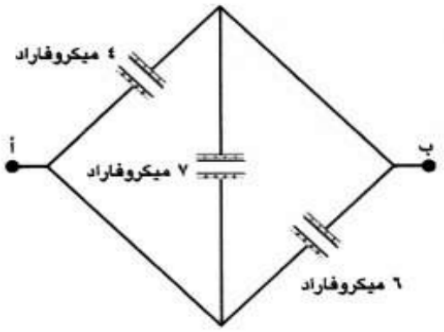
٢) $س = \frac{ε_. \times أ}{ف}$

$٣ \times ١٠^{-١١} = \frac{٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢} \times أ}{١٧,٧ \times ١٠^{-٣}}$

$أ = ٦ \times ١٠^{-٢}$ م^٢

مثال (٧) : وصلت مجموعة من المواسعات كما في الشكل فإذا علمت أن (جـ$_{أ ب}$ = ٤٨ فولت) جد :

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



الحل :

١) المواسعات الثلاث على التوازي

س$_م$ = ٤+٧+٦= ١٧ ميكروفاراد

٢) ـــ$_{١٧}$ = س$_١$×جـ$_١$ = ٤×١٠$^{-٦}$×٤٨

= ١٩٢×١٠$^{-٦}$ كولوم

ـــ$_{٢٧}$ = س$_٢$×جـ$_٢$ = ٧×١٠$^{-٦}$×٤٨

= ٣٣٦×١٠$^{-٦}$ كولوم

ـــ$_{٣٧}$ = س$_٣$×جـ$_٣$ = ٦×١٠$^{-٦}$×٤٨

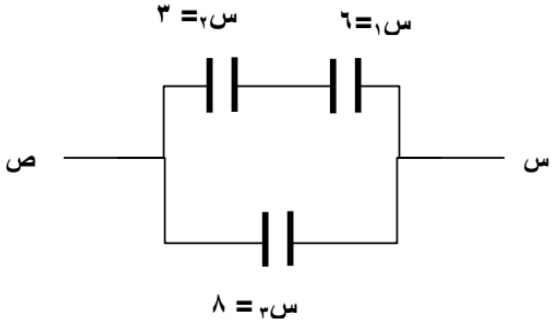
= ٢٨٨×١٠$^{-٦}$ كولوم

٣) ط = $\frac{١}{٢}$ ـــ$_{٧}$ جـ = $\frac{١}{٢}$ ×١٩٢×١٠$^{-٦}$×٤٨

= ٤٦٠٨× ١٠$^{-٦}$ جول

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$_٣$) . ٤) فرق الجهد (س ، ص) .



الحل :

١) س$_١$ و س$_٢$ على التوالي

س$_٤$ = $\frac{٣×٦}{٣+٦}$ = ٢ ميكروفاراد

س$_٤$ و س$_٣$ على التوازي

س$_م$ = ٢+٨ = ١٠ ميكروفاراد

٢) جـ $_١$ = $\frac{ـــ_{١٧}}{س_١}$ = $\frac{١٢×١٠^{-٦}}{٦×١٠^{-٦}}$ = ٢ فولت

جـ $_٢$ = $\frac{ـــ_{٢٧}}{س_٢}$ = $\frac{١٢×١٠^{-٦}}{٣×١٠^{-٦}}$ = ٤ فولت

جـ $_٣$ = جـ $_١$ + جـ $_٢$ = ٢+٤ = ٦ فولت

٣) ط $_٣$ = $\frac{١}{٢}$ س$_٣$ جـ$_٣^٢$ = $\frac{١}{٢}$ ×٨×١٠$^{-٦}$×٣٦

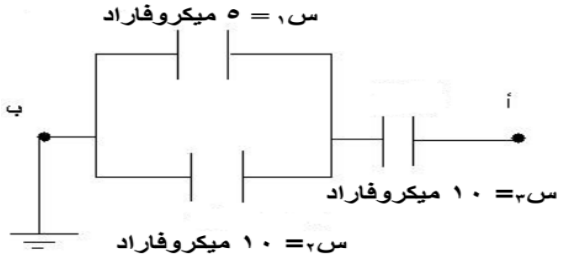
= ١٤٤×١٠$^{-٦}$ جول

٤) جـ $_{س ص}$ = ٦ فولت

سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤

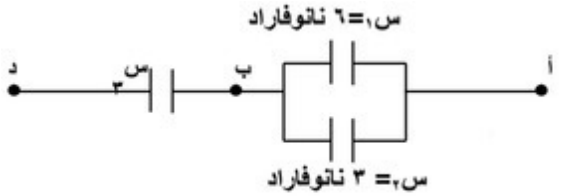
ورقة عمل على المواسعة

السؤال الأول : في الشكل المجاور ، إذا علمت أن شحنة المواسع س١ تساوي (١٠٠) ميكروكولوم احسب :
١) المواسعة المكافئة للمواسعات الثلاث . ٢) شحنة المواسع س٣ . ٣) الجهد الكهربائي للنقطة أ .



الجواب : (٦ميكروفاراد ، ٣٠٠كولوم ، 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 المختزنة في المواسعين الأول والثاني .

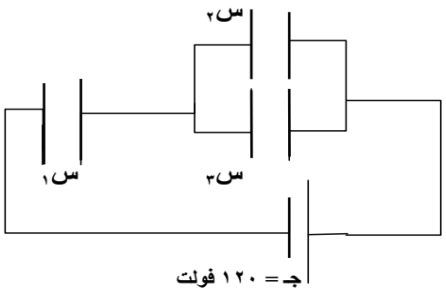


الجواب : (١٢٠×١٠$^{-9}$ كولوم ، ١٨ نانوفاراد ، ط١=٤٨×١٠$^{-7}$ جول ، ط٢= ٢٤×١٠$^{-7}$ جول) .

السؤال الثالث : ثلاث مواسعات سعاتهما 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) اقل سعة مكافئة وما قدرها .

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

السؤال الرابع : في الشكل المجاور ما مقدار السعة المكافئة وما مقدار شحنة كل مواسع علماً أن
س١ = ٣ μf ، س٢ = ٢ μf ، س٣ = ٤ μf



الجواب : (س$_م$ = ٢ ميكروفاراد ، ـــ١ = ٢٤٠×١٠$^{-6}$ كولوم ، ـــ٢ = ٨٠×١٠$^{-6}$ كولوم ، ـــ٣ = ١٦٠×١٠$^{-6}$ كولوم) .

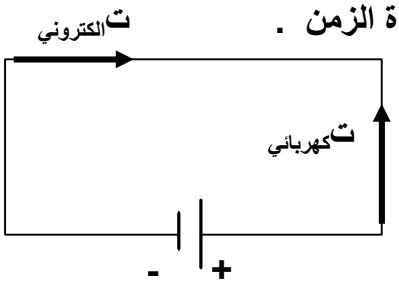
الفصل الرابع / التيار الكهربائي

التيار الكهربائي :

تنقسم المواد حسب موصليتها للكهرباء إلى عدة اقسام 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 المستخدم في صنع مقابض صيانة الأجهزة الكهربائية .

* وتعتمد موصلية المواد على وجود شحنات حرة الحركة في تركيبها الذري ففي الموصلات الفلزية تكون ناقلات الشحنة هي الالكترونات بينما في المحاليل الكهرلية تكون الآيونات الموجبة والسالبة هي ناقلات الشحنة .
* يتم الحصول على المجال في موصل عن طريق وصل طرفيه بمصدر قدرة كهربائية حيث تتحرك الالكترونات (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 .



ورياضياً :

$$ت = \frac{\Delta ـــ ر}{\Delta ز}$$

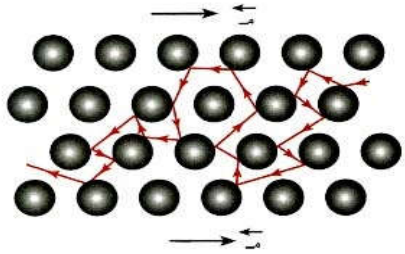
حيث ت : التيار الكهربائي ، $\Delta ـــ ر$: الشحنة بالكولوم ، $\Delta ز$: الزمن بالثانية
وحدة قياس التيار هي **كولوم / ثانية** وتسمى **أمبير** .

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 .
* يتلاشى التيار الكهربائي في الدارة الكهربائية عند فتحها **وذلك** لإنعدام المجال الكهربائي في الدارة .
* يقاس التيار الكهربائي بجهاز يسمى الأميتر (A) ويوصل في الدارة على التوالي ليقيس التيار المار خلاله ويقاس الجهد الكهربائي بجهاز يسمى الفولتميتر (V) ويمتاز بمقاومته الكبيرة ويوصل في الدارة على التوازي ليقيس فرق الجهد بين نقطتين .

سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤

السرعة الإنسياقية



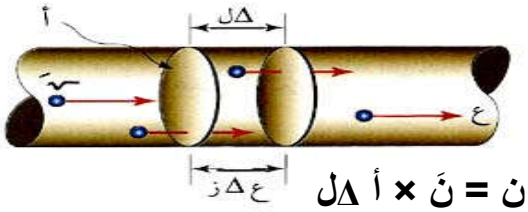
تنشأ هذه السرعة من خلال زيادة سرعة الشحنات الحرة (تتسارع) عند تعرضها لقوة المجال الكهربائي فتتحرك باتجاه معاكس للمجال وفي أثناء حركتها تقل سرعة الشحنات الحرة (تتباطأ) بسبب تصادمها مع ذرات الموصل ومع بعضها على نحو متكرر فتفقد جزء من طاقتها الحركية أو جميعها ، ولكن تتسارع مجدداً بفعل قوة المجال الكهربائي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

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

* **وتعرف السرعة الانسياقية 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 الالكترونات المتحركة بذرات الموصل مما يؤدي إلى فقدان جزء من الطاقة الحركية للالكترونات لتكتسبها ذرات الموصل فتزداد طاقتها مما يؤدي الى زيادة ذبذبة هذه الذرات فترتفع درجة حرارة الموصل .

* **سؤال :** اثبت أن التيار المار في موصل معين مساحة مقطعه (أ) ، وطوله (Δل) كما في الشكل يعطى بالعلاقة : ت = أ نَ ع $-_{ev}$.



الحل :

$\Delta -_{v} = ن \times -_{ev}$

عدد الالكترونات لوحدة الحجم نَ = $\frac{ن}{ح}$ ⟸ ن = نَ × ح ⟸ ن = نَ × أ Δل

$\Delta -_{v} = نَ \ أ \ \Delta ل \ -_{ev}$

$ت \times \Delta ز = نَ \ أ \ \Delta ل \ -_{ev}$

$ت = نَ \ أ \ \frac{\Delta ل}{\Delta ز} \ -_{ev}$

ومن قانون التيار الكهربائي فإن $\Delta -_{v} = ت \times \Delta ز$

ومن قانون السرعة = المسافة / الزمن فإن $ع = \frac{\Delta ل}{\Delta ز}$

$$ت = نَ \ أ \ ع \ -_{ev}$$

حيث ت : التيار الكهربائي بالأمبير ، نَ : عدد الالكترونات الحرة في وحدة الحجم ، أ : مساحة مقطع الموصل
ع : السرعة الإنسياقية ، $-_{ev}$: مقدار الشحنة الحرة .

سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤

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 الالكترونات المتحركة نتيجة لذلك .

الحل : (اعتبر $\bar{v}$ = ١,٦×١٠$^{-١٩}$ كولوم)

١) $\bar{v}$ = ت × ز = ٣٢٠×١٠$^{-٩}$×١٠×١٠$^{-٣}$

= ٣٢×١٠$^{-١٠}$ كولوم

٢) ن = $\frac{\bar{v}_{جسم}}{\bar{v}_{e}}$ = $\frac{٣٢×١٠^{-١٠}}{١,٦×١٠^{-١٩}}$

= ٢×١٠^{١٠} الكترون

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

١) الشحنة التي تعبر مقطعاً في الموصل في دقيقة . ٢) السرعة الانسياقية للالكترونات الحرة فيه .

الحل :

١) $\bar{v}$ = ت × ز = ٣,٢×١٠$^{-٦}$×٦٠

= ١٩٢×١٠$^{-٦}$ كولوم

٢) ع = $\frac{ت}{نَ أ \bar{v}_{e}}$ = $\frac{٣,٢×١٠^{-٦}}{٦٤٠×٠,٥×١٠^{-٦}×١,٦×١٠^{-١٩}}$ = ٦٢٥ ×١٠^{١٤} م/ث

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

الحل :

نَ = $\frac{ت}{أ ع \bar{v}_{e}}$ = $\frac{١٠×١٠^{-٩}}{٠,٥×١٠^{-٤}×٥×١٠^{-٢}×١,٦×١٠^{-١٩}}$ = ٠,٢٥ ×١٠^{١٧} إلكترون/م^{٣}

المقاومة الكهربائية وقانون أوم

عند تطبيق فرق جهد بين طرفي موصل فإنه ينشأ مجال كهربائي داخل الموصل يؤدي إلى حركة الالكترونات ، وهذه الالكترونات 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 اليه العالم أوم .

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

$$م = \frac{\Delta جـ}{\Delta ت}$$

حيث جـ : فرق الجهد الكهربائي ، ت : التيار الكهربائي

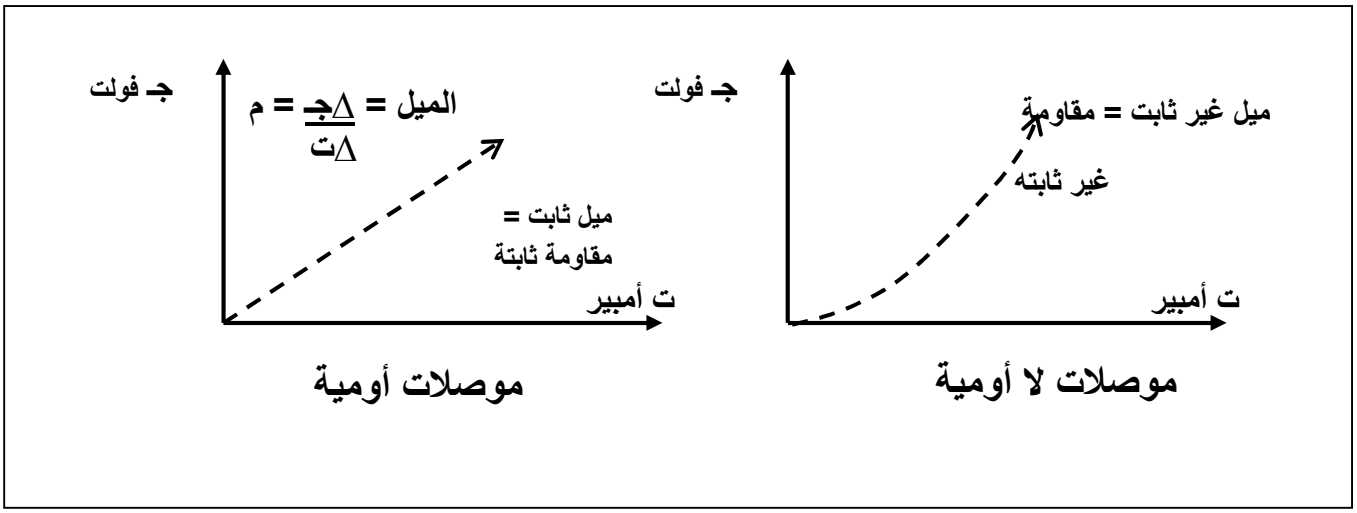
تقاس المقاومة بوحدة **فولت/أمبير** وتسمى **أوم (Ω)** .

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 المنزلقة 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)

أي أن $م \propto \frac{ل}{أ}$

$$م = \rho \frac{ل}{أ}$$

حيث ρ (رو) : المقاومة النوعية لمادة الموصل أو المقاومية ووحدتها (Ω . م) وهي ثابتة للمادة الواحدة .

وتعرف المقاومية 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 الموصلية .**

العوامل التي تعتمد عليها مقاومية الموصل الفلزي :

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

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

١) عند ارتفاع درجة حرارة المواد الفلزية فإن الحركة الإهتزازية لذرات الموصل تزداد وبالتالي تزداد احتمالية تصادم الالكترونات بجزيئات الموصل فتفقد جزء من طاقتها الحركية وتزداد اعاقتها للتيار الكهربائي فتزداد المقاومة .

٢) عند ارتفاع درجة حرارة المواد العازلة يتحرر عدداً من الالكترونات فيزداد عدد الالكترونات الحرة الناقلة للتيار الكهربائي فتزداد الموصلية وتقل المقاومية 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 تنصب 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 مقاومية النحاس هي ($١,٦ \times ١٠^{-٨}$) Ω.م ؟
جواب : أي أن مقاومة جزء من النحاس مساحة مقطعه (١) م^{٢} وطوله (١) م تساوي ($١,٦ \times ١٠^{-٨}$) Ω .

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

الحل :

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

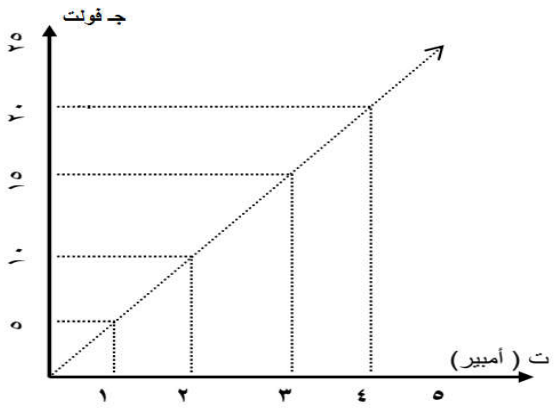
مثال (٢) : احسب المقاومة الكهربائية لموصل إذا أدت زيادة فرق الجهد بين طرفيه بمقدار (٣) فولت إلى زيادة التيار المار فيه من (٢) أمبير إلى (٢,٥) أمبير مع افتراض ثبوت درجة الحرارة .

الحل :

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

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) مقاومية الموصل .
٢) قيمة التيار الكهربائي عند فرق جهد (١٠) فولت .
٣) قيمة التيار الكهربائي عند فرق جهد (٢٢) فولت .



الحل :

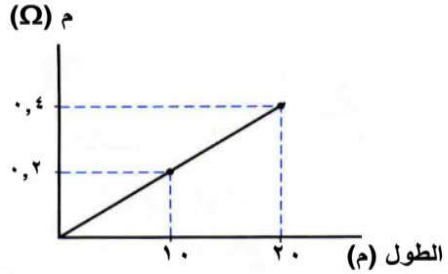
١) $م = \frac{جـ}{ت} = \frac{١٠}{٢} = ٥ \text{ أوم}$

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

٢) ت = ٢ أمبير

٣) $ت = \frac{جـ}{م} = \frac{٢٢}{٥} = ٤,٤ \text{ أمبير}$

مثال (٤) : موصل مساحة مقطعه العرضي (١×١٠^{-٦}) م^{٢} ، مستعيناً بالشكل جد مقاومية الموصل .

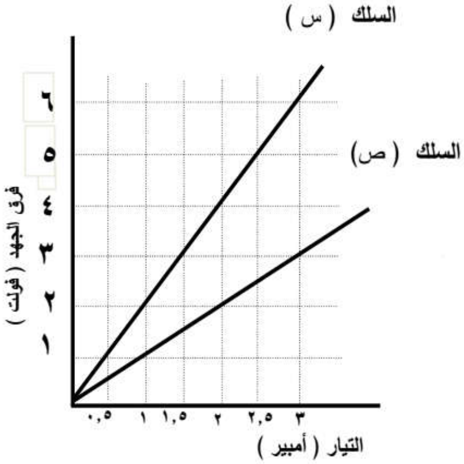


الحل :

$$\rho = \frac{أ م}{ل} = \frac{١ \times ١٠^{-٦} \times ٠,٤}{٢٠} = ٢ \times ١٠^{-٨} \text{ أوم.م}$$

سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤

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 :



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 سيقل ؟ فسر اجابتك .

٤) هل تتغير قيمة المقاومية (ρ) إذا تغير طول الموصل أو قلَّ ؟ وضح اجابتك .

٥) احسب مقاومية الموصل (س) ، إذا علمت أن طوله (٥) م ومساحة مقطعه (٢,٥×١٠$^{-٦}$) م^{٢} .

الحل :

١) السلك ص ، مقاومته أقل .

٢) ش = ت × ز = ٢×٢٠ = ٤٠ كولوم

٣) سيزداد ، لأن المقاومة ستزداد والميل يمثل المقاومة

٤) لا ، لأن المقاومية ثابتة للمادة الواحدة وتعتمد على درجة الحرارة ونوع مادة الموصل

٥) م = $\frac{\text{جـ}}{\text{ت}}$ = $\frac{٢}{١}$ = ٢ أوم

ρ = $\frac{\text{أ م}}{\text{ل}}$ = $\frac{٢ \times ١٠^{-٦} \times ٢,٥}{٥}$ = ١×١٠$^{-٦}$ أوم.م

مثال (٦) : موصل فلزي طوله (٢) م ومساحة مقطعة (١) م^{٢} يمر فيه تيار كهربائي مقداره (٠,٣) أمبير عندما كان فرق الجهد بين طرفيه (١٢) فولت ، وإذا كان عدد الالكترونات الحرة فيه لوحدة الحجوم يساوي (٢×١٠^{٢٨}) الكترون/م^{٣} ، احسب :

١) مقاومة الموصل . ٢) مقاومية الموصل . ٣) السرعة الانسياقية لالكترونات الفلز .

الحل :

١) م = $\frac{\text{جـ}}{\text{ت}}$ = $\frac{١٢}{٠,٣}$ = ٤٠ أوم

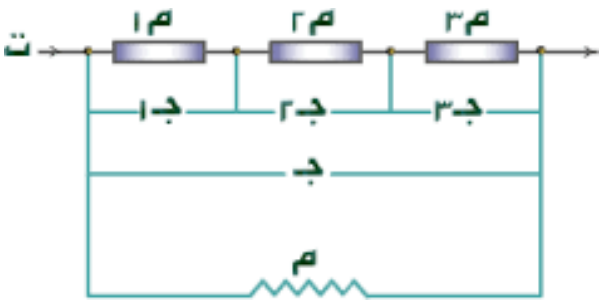
٢) ρ = $\frac{\text{أ م}}{\text{ل}}$ = $\frac{١ \times ٤٠}{٢}$ = ٢٠ (أوم.م)

٣) ع = $\frac{\text{ت}}{\text{نَ أ } e_v}$ = $\frac{٠,٣}{٢ \times ١٠^{٢٨} \times ١ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}}$

≈ ٩,٤×١٠$^{-١١}$ م/ث

توصيل المقاومات الكهربائية

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



$$جـ = جـ_{١} + جـ_{٢} + جـ_{٣}$$

$$ت م = ت_{١} م_{١} + ت_{٢} م_{٢} + ت_{٣} م_{٣}$$

$$م_{ك} = م_{١} + م_{٢} + م_{٣}$$

حيث : $م_{ك}$ المقاومة المكافئة .

لاحظ أن المقاومة تزداد عند التوصيل على التوالي .

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

$$ت = ت_{١} + ت_{٢} + ت_{٣}$$

$$\frac{جـ}{م} = \frac{جـ_{١}}{م_{١}} + \frac{جـ_{٢}}{م_{٢}} + \frac{جـ_{٣}}{م_{٣}}$$

$$\frac{١}{م_{ك}} = \frac{١}{م_{١}} + \frac{١}{م_{٢}} + \frac{١}{م_{٣}}$$

أو

$$م_{ك} = \frac{م_{١} \times م_{٢}}{م_{١} + م_{٢}}$$

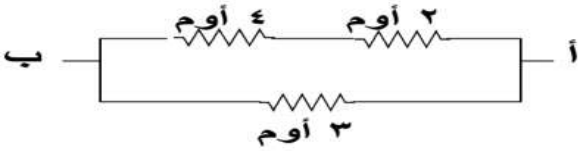
لاحظ أن المقاومة تقل عند التوصيل على التوازي .

سؤال : ما الفائدة من التوصيل على التوالي .
جواب : ١) تقليل التيار المار في الدارة . ٢) تجزئة الجهد .

سؤال : ما خصائص التوصيل على التوالي والتوصيل على التوازي .
جواب : التوالي : إذا قطع سلك إحدى المقاومات يتوقف التيار في الدارة كاملة .
التوازي : إذا قطع سلك إحدى المقاومات يتوقف التيار في تلك المقاومة فقط وليس في بقية المقاومات .

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

١)



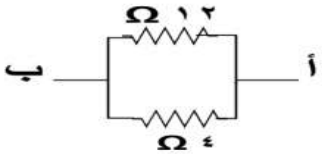
الحل : (٢ ، ٤) أوم على التوالي

م١ = ٢ + ٤ = ٦ أوم

(م١ ، ٣) أوم على التوازي

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

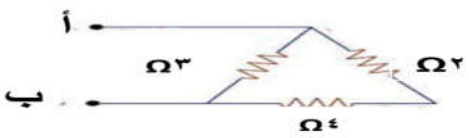
٢)



الحل : (١٢ ، ٤) أوم على التوازي

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

٣)



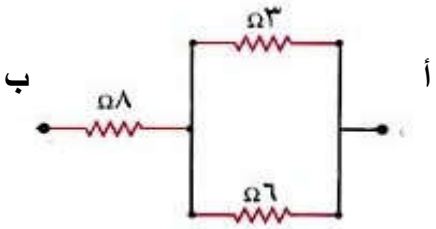
الحل : (٢ ، ٤) أوم على التوالي

م١ = ٢ + ٤ = ٦ أوم

(م١ ، ٣) أوم على التوازي

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

٤)



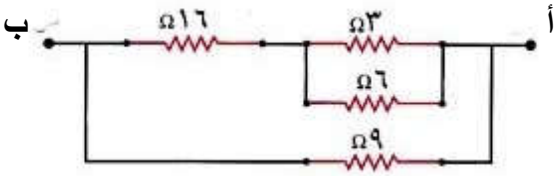
الحل : (٦ ، ٣) أوم على التوازي

$$\text{م}_{١} = \frac{٦ \times ٣}{٦ + ٣} = ٢\ \Omega$$

(م١ ، ٨) أوم على التوالي

مك = ٢ + ٨ = ١٠ أوم

٥)



الحل : (٦ ، ٣) أوم على التوازي

$$\text{م}_{١} = \frac{٦ \times ٣}{٦ + ٣} = ٢\ \Omega$$

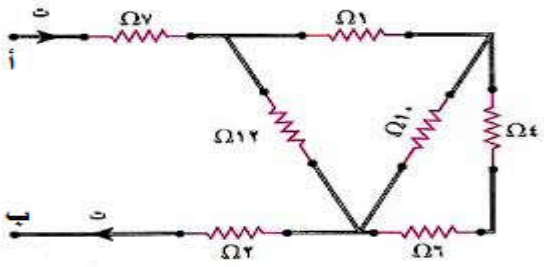
(٢ ، ١٦) أوم على التوالي

م٢ = ٢ + ١٦ = ١٨ أوم

(٩ ، ١٨) أوم على التوازي

$$\text{م}_{\text{ك}} = \frac{٩ \times ١٨}{٩ + ١٨} = ٦\ \Omega$$

٦)



الحل : (٤ ، ٦) أوم على التوالي

م١ = ٤ + ٦ = ١٠ أوم

(م١ ، ١٠) أوم على التوازي

م٢ = $\frac{١٠ \times ١٠}{١٠ + ١٠}$ = ٥ Ω

(٥ ، ١) أوم على التوالي

م٣ = ٥ + ١ = ٦ أوم

(م٣ ، ١٢) أوم على التوازي

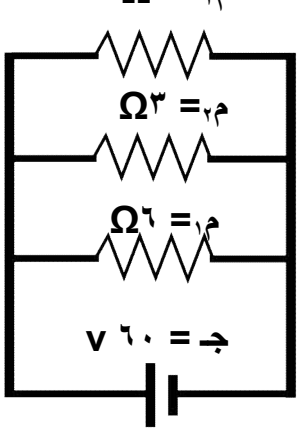
م٤ = $\frac{٦ \times ١٢}{٦ + ١٢}$ = ٤ Ω

(م٤ ، ٧ ، ٢) أوم على التوالي

مك = ٤ + ٧ + ٢ = ١٣ أوم

مثال (٢) : من الشكل المجاور جد :

١) المقاومة المكافئة . ٢) تيار كل مقاومة .



الحل :

١) (م١ ، م٢ ، م٣) أوم على التوازي

$\frac{١}{مك} = \frac{١}{٦} + \frac{١}{٣} + \frac{١}{٢}$ ⟸ مك = ١ Ω

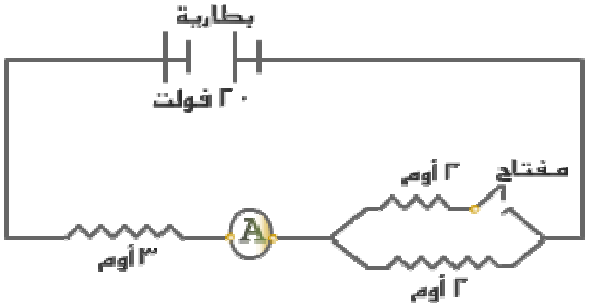
٢) ت١ = $\frac{جـ_{١}}{م_{١}}$ = $\frac{٦٠}{٦}$ = ١٠ أمبير

ت٢ = $\frac{جـ_{٢}}{م_{٢}}$ = $\frac{٦٠}{٣}$ = ٢٠ أمبير

ت٣ = $\frac{جـ_{٣}}{م_{٣}}$ = $\frac{٦٠}{٢}$ = ٣٠ أمبير

مثال (٣) : من الشكل المجاور جد قراءة الأميتر (A) في الحالتين :

١) المفتاح مفتوح . ٢) المفتاح مغلق .



الحل :

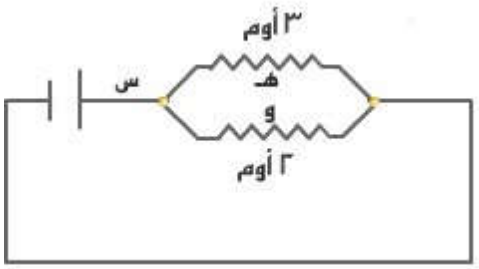
١) مك = ٢ + ٣ = ٥ أوم

قراءة الأميتر = ت = $\frac{جـ}{مك}$ = $\frac{٢٠}{٥}$ = ٤ أمبير

٢) مك = $\frac{٢ \times ٢}{٢ + ٢}$ + ٣ = ٤ أوم

قراءة الأميتر = ت = $\frac{جـ}{مك}$ = $\frac{٢٠}{٤}$ = ٥ أمبير

مثال (٤) : 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 :

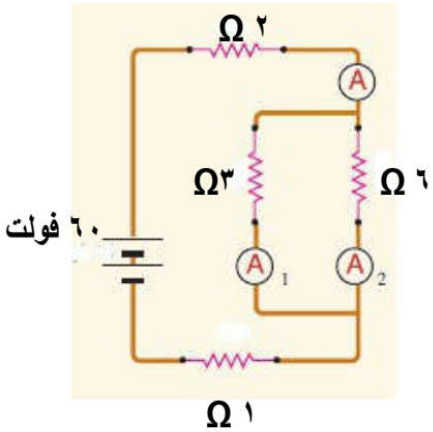
١) جـ هـ = تـ هـ × م هـ = ٤ × ٣ = ١٢ فولت

جـ هـ = جـ د = ١٢ فولت

ت د = $\frac{\text{جـ د}}{\text{م د}}$ = $\frac{١٢}{٢}$ = ٦ أمبير

٢) ت س = تـ هـ + تـ و = ٤ + ٦ = ١٠ أمبير

مثال (٥) : من الشكل جد :
١) المقاومة المكافئة . ٢) قراءة كل أميتر .



الحل :

١) (٦ ، ٣) أوم على التوازي

م١ = $\frac{٦ \times ٣}{٦ + ٣}$ = ٢ أوم

(٢ ، ١ ، م١) أوم على التوالي

مك = ٢ + ١ + ٢ = ٥ أوم

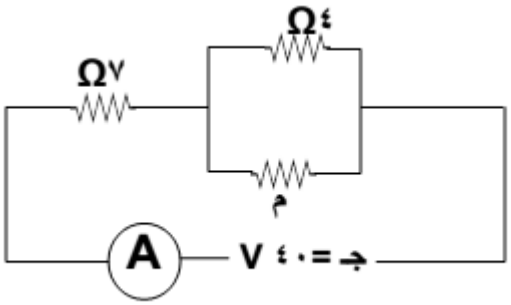
٢) قراءة الأميتر A = تـ كلي = $\frac{\text{جـ}}{\text{م ك}}$ = $\frac{٦٠}{٥}$ = ١٢ أمبير

جـ ١ = تـ × م١ = ١٢ × ٢ = ٢٤ فولت

قراءة الأميتر A_1 = $\frac{\text{جـ}}{\text{م}}$ = $\frac{٢٤}{٣}$ = ٨ أمبير

قراءة الأميتر A_2 = $\frac{\text{جـ}}{\text{م}}$ = $\frac{٢٤}{٦}$ = ٤ أمبير

مثال (٦) : من الشكل المجاور إذا كانت قراءة الأميتر (٤) أمبير جد قيمة المقاومة م .



الحل :

مك = $\frac{\text{جـ}}{\text{ت}}$ = $\frac{٤٠}{٤}$ = ١٠ أوم

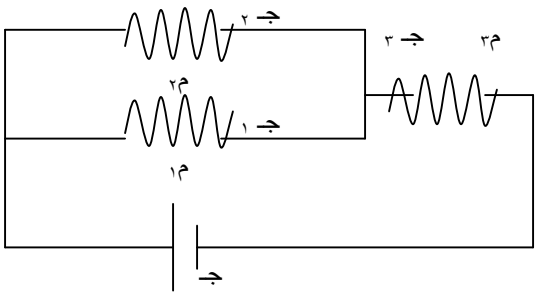
(٧ ، مَ) أوم على التوالي

مك = ٧ + مَ = ١٠ ومنها مَ = ٣ أوم

مَ = $\frac{٤ \times \text{م}}{٤ + \text{م}}$ = ٣ ومنها م = ١٢ أوم

مثال (٧) : في الشكل المجاور إذا علمت أن (م١ = ١٢Ω ، م٢ = ٤ Ω ، م٣ = ١ Ω) وأن التيار الكهربائي المار في الدارة يساوي (١٠) أمبير احسب :

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



الحل :

١) (م١ ، م٢) أوم على التوازي

مَ = (١٢ × ٤) / (١٢ + ٤) = ٣ Ω

(م٣ ، مَ) أوم على التوالي

مك = ١ + ٣ = ٤ أوم

٢) جـ مصدر = تكلي × مك = ١٠ × ٤ = ٤٠ فولت

٣) جـ ٣ = ت٣ × م٣ = ١٠ × ١ = ١٠ فولت

جـ ١ = جـ ٢ = ٤٠ - ١٠ = ٣٠ فولت

٤) ت٣ = ١٠ أمبير

ت١ = جـ١ / م١ = ٣٠ / ١٢ = ٢,٥ أمبير

ت٢ = جـ٢ / م٢ = ٣٠ / ٤ = ٧,٥ أمبير

مثال (٨) : مجموعة من المقاومات لها نفس المقدار وهو (٣) Ω ، وصلت معاً على التوالي ثم وصلت بفرق جهد مقداره (٢٤) فولت ، إذا كان التيار المار في الدارة (٢) أمبير ، جد عدد المقاومات .

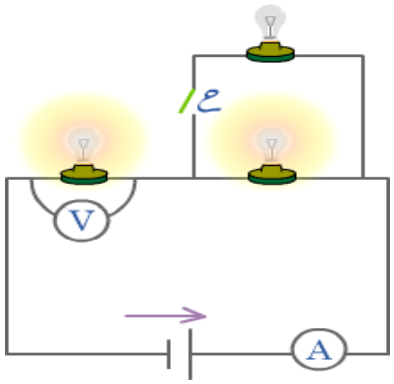
الحل :

مك = جـ / ت = ٢٤ / ٢ = ١٢ أوم

مك = ن × م ومنها ١٢ = ن ×٣

عدد المقاومات (ن) = ٤ مقاومات

مثال (٩) : في الشكل المجاور المصابيح الثلاثة متماثلة تماماً وصالحة بين مع التفسير ما يحدث لكل من قراءتي الأميتر والفولتميتر عند إغلاق المفتاح (ح) .

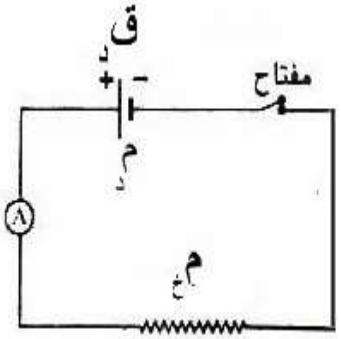


الحل :

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

سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤

القوة الدافعة الكهربائية



* مصادر القوة الدافعة الكهربائية : هي المصادر التي تمدنا بالطاقة الكهربائية مثل البطارية والمولد الكهربائي .
* تكمن أهمية مصادرالقوة الدافعة الكهربائية في أنها تعمل على تحريك الشحنات الحرة وإدامة 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 شغلا 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 المقاومات 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 " .

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

$$\text{ق}_د = \frac{\text{ش}}{\text{ش}}$$

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 .

سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤

القدرة الكهربائية

تعرف القدرة بأنها : الطاقة المنتجة من البطارية في وحدة الزمن .

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

ش = $ق_د$ × س (بقسمة الطرفين على الزمن)

$$\frac{\Delta \text{ش}}{\Delta \text{ز}} = ق_د \times \frac{\Delta \text{س}}{\Delta \text{ز}}$$

قدرة البطارية = $ق_د$ × ت

*** لحساب القدرة المستهلكة في المقاومة :**

ش = جـ × س (بقسمة الطرفين على الزمن)

$$\frac{\text{ش}}{\text{ز}} = \text{جـ} \times \frac{\text{س}}{\text{ز}}$$

القدرة = جـ × ت

= م $ت^2$

$$= \frac{\text{جـ}^2}{\text{م}}$$

مهم ← تسمى القدرة أيضاً بـ معدل الطاقة المستهلكة

*** ولحساب الطاقة الحرارية المتولدة :**

الطاقة الحرارية = القدرة × الزمن

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

$$ق_د \times ت = م \times ت^2 + م_د \times ت^2$$

سؤال : أذكر تحولات الطاقة في المصباح الكهربائي وفي ملفات التسخين .
جواب : المصباح الكهربائي : من طاقة كهربائية إلى طاقة ضوئية وطاقة حرارية .
ملفات التسخين : من طاقة كهربائية إلى طاقة حرارية .

سؤال (علل) : في مجموعة من المقاومات الموصولة على التوازي تكون المقاومة الأقل مقداراً هي الأكثراستهلاكاً للقدرة الكهربائية ؟

جواب : لأنه عند توصيل المقاومات على التوازي يكون فرق الجهد ثابت وبما أن (القدرة = $\frac{\text{جـ}^{٢}}{\text{م}}$) أي تتناسب عكسياً مع المقاومة فإن المقاومة الأقل مقداراً هي الأكثر استهلاكاً للقدرة الكهربائية .

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

جواب : عند توصيل المقاومات على التوالي يكون التيار ثابت وبما أن (القدرة = م ت^{٢}) فهذا يعني أنه كلما زادت المقاومة زادت القدرة ولذلك تكون المقاومة الأكبر هي الأكثر استهلاكاً للقدرة 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 ($١,٢ \times ١٠^{-٨}$) أوم.م ، احسب :
١) مقاومة الجهاز . ٢) مساحة مقطع السلك . ٣) أكبر تيار يمر فيه .

الحل :

١) القدرة = $\frac{جـ^{٢}}{م}$ ومنها م = $\frac{جـ^{٢}}{القدرة} = \frac{٣٦٠٠}{١٨٠٠} = ٢\ \Omega$

٢) $م = \rho \frac{ل}{أ}$ ومنها $أ = \frac{\rho\ ل}{م} = \frac{١,٢ \times ١٠^{-٨} \times ٢٠٠}{٢}$

$أ = ١٢ \times ١٠^{-٧}\ م^{٢}$

٣) $ت = \frac{جـ}{م} = \frac{٦٠}{٢} = ٣٠$ أمبير

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) $ت = \frac{القدرة}{جـ} = \frac{١٦٠٠}{٢٠٠} = ٨$ أمبير

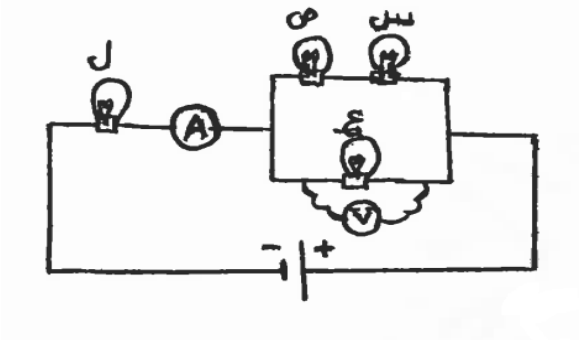
٢) $م = \frac{جـ}{ت} = \frac{٢٠٠}{٨} = ٢٥\ \Omega$

٣) ط = القدرة × الزمن = ١٦٠٠ × ٢ × ٣٦٠٠

$= ١١٥٢ \times ١٠^{٤}$ جول

أو ط = ١,٦ × ٢ = ٣,٢ 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 (١٨×١٠^{٦}) جول ، احسب :
١) مقاومة سلك المدفأة ٢) القدرة الكهربائية للمدفأة

الحل :

١) $م = \frac{جـ^{٢} \times ز}{ط} = \frac{٤ \times ١٠^{٤} \times ٥ \times ٣٦٠٠}{١٨ \times ١٠^{٦}} = ٤٠\ \Omega$

٢) القدرة = $\frac{جـ^{٢}}{م} = \frac{٤ \times ١٠^{٤}}{٤٠} = ١٠^{٣}$ 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) اذا وصلا معاً على التوازي مع مصدر للجهد يعطي (١٢٠) فولت .
٢) إذا وصلا معاً على التوالي مع مصدر للجهد يعطي (١٢٠) فولت .
الحل :

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

قدرة الأول = ٤٠ واط
قدرة الثاني = ٦٠ واط

٢) $م_{١} = \frac{جـ^{٢}_{١}}{قدرة_{١}} = \frac{١٢٠ \times ١٢٠}{٤٠} = ٣٦٠\ \Omega$

$م_{٢} = \frac{جـ^{٢}_{٢}}{قدرة_{٢}} = \frac{١٢٠ \times ١٢٠}{٦٠} = ٢٤٠\ \Omega$

$م_{ك} = م_{١} + م_{٢} = ٣٦٠ + ٢٤٠ = ٦٠٠\ \Omega$

$ت_{كلي} = \frac{جـ_{كلي}}{م_{ك}} = \frac{١٢٠}{٦٠٠} = ٠,٢$ أمبير

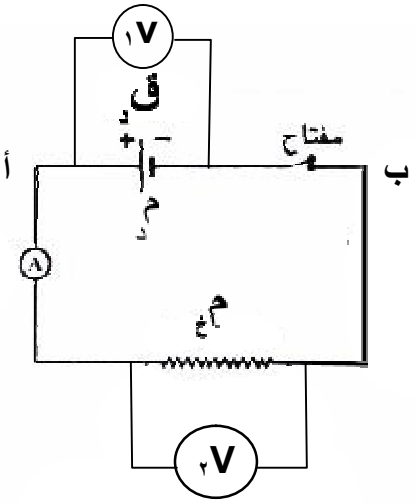
قدرة $_{١} = م_{١} \times ت_{١}^{٢} = ٣٦٠ \times (٠,٢)^{٢} = ١٤,٤$ واط

قدرة $_{٢} = م_{٢} \times ت_{٢}^{٢} = ٢٤٠ \times (٠,٢)^{٢} = ٩,٦$ واط

مثال (٦) : سخان كهربائي كتب عليه (٢٢٠٠) واط ، (٢٢٠) فولت ، صنعت مقاومته من سلك فلزي مساحة مقطعة العرضي (١٦) مم^{٢} ، ومقاوميته ($١,٦ \times ١٠^{-٨}$) Ω.م ، احسب :
١) طول السلك الفلزي الذي صنعت المقاومة منه . ٢) اكبر تيار يمر في مقاومة السخان .
٣) الطاقة المصروفة عند تشغيل السخان لمدة ساعتان .
الحل :

سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤

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 .

$ق_د = جـ_{خارجي} + جـ_{داخلي}$

$ق_د = ت \times م_خ + ت \times م_د$

$ق_د = ت(م_خ + م_د)$

$$ت = \frac{ق_د}{م_خ + م_د}$$

معادلة الدارة البسيطة لبطارية واحدة

$$ت = \frac{\sum ق_د}{\sum م}$$

معادلة الدارة البسيطة لأكثر من بطارية

حيث $\sum م = \sum م_خ + \sum م_د$

$جـ_{أب} = ق_د - ت \times م_د$

فرق الجهد عبر طرفي البطارية

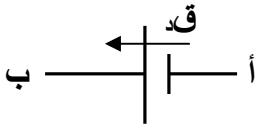
$جـ_{أب} = ت \times م_خ$

فرق الجهد عبر طرفي مقاومة خارجية

المقدار ($ت \times م_د = ق_د - ت \times م_خ$) جهداً مهدوراً يسمى **الهبوط في الجهد** لأنه يؤدي إلى انقاص فرق الجهد بين طرفي البطارية عن مقدار القوة الدافعة الكهربائية .

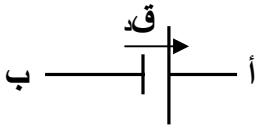
حالات توصيل البطارية :

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



(جـ أ + قـد = جـ ب)

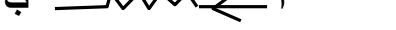
٢) إذا عبرنا البطارية من القطب الموجب إلى القطب السالب فإن الجهد يقل بمقدار القوة الدافعة الكهربائية :



(جـ أ - قـد = جـ ب)

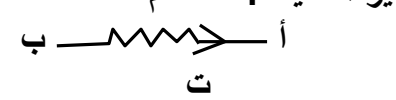
حالات توصيل المقاومة الخارجية :

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



جـ أ - ت×م = جـ ب

٢) إذا عبرنا مقاومة من أ إلى ب وكان التيار بعكس اتجاهنا فإن الجهد يزداد حيث : م



جـ أ + ت×م = جـ 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 (مـ = صفر) .

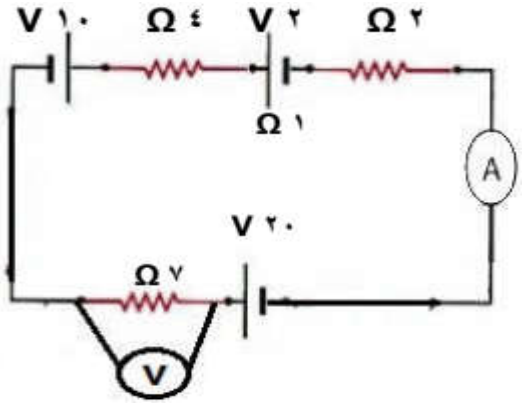
سؤال : هل ممكن أن يزيد فرق الجهد بين طرفي بطارية عن قوتها الدافعة الكهربائية ؟

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

جـ أ - قـد - ت×مـ = جـ ب .

مثال (١) : من الشكل المجاور جد :

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



الحل :

١) قراءة الأميتر = ت = $\frac{\sum ق_د}{\sum م}$ = $\frac{٢٠ + ١٠ - ٢}{٧+٤+١+٢}$

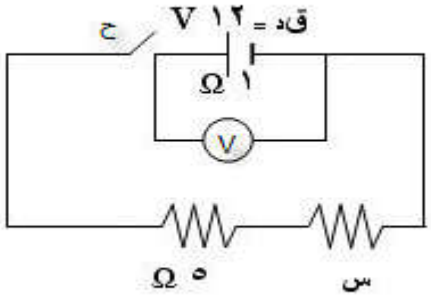
= $\frac{٢٨}{١٤}$ = ٢ أمبير

٢) قراءة الفولتميتر = جـ = 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

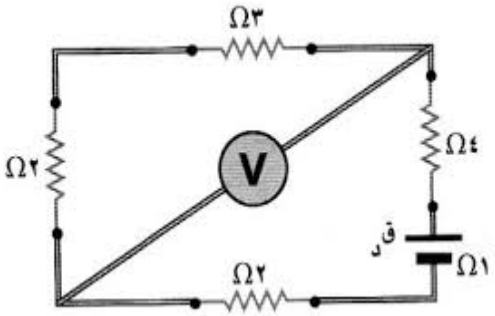
٢) الهبوط في الجهد = ت × $م_د$

١٢ - ١١ = ت × ١ ومنها ت = ١ أمبير

ت = $\frac{\sum ق_د}{\sum م}$

١ = $\frac{١٢}{س+١+٥}$ ومنها س = ١٢ - ٦ = ٦ Ω

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) جـ (المسار العلوي) = ت × م

١٥ = ت × (٣+٢) ومنها ت = ٣ أمبير

جـ (المسار السفلي) = $ق_د$ - ت × م ⬅ ١٥ = $ق_د$ - ٣ × (٢+١+٤) ومنها $ق_د$ = ٣٦ فولت

٢) قدرة البطارية = $ق_د$ × ت = ٣٦ × ٣ = ١٠٨ واط

٣) القدرة المستهلكة داخل البطارية = $م_د$ × $ت^٢$ = ١× ٩ = ٩ واط

٤) الهبوط في الجهد = ت × $م_د$ = ٣ × ١ = ٣ فولت

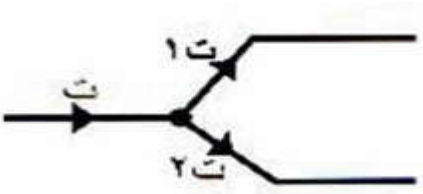
٥) ط = م $ت^٢$ ز = ٤ × ٩ × ٦٠ = ٢١٦٠ جول

قانونا كيرشوف

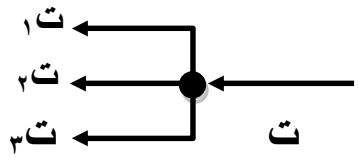
قانون كيرشوف الأول : ويعتمد على مبدأ حفظ الشحنة .

وينص على " مجموع التيارات الداخلة إلى نقطة ما يساوي مجموع التيارات الخارجة من نفس النقطة "

مثل :



ت = ت١ + ت٢



ت = ت١ + ت٢ + ت٣

قانون كيرشوف الثاني : ويعتمد على مبدأ حفظ الطاقة .

وينص على " المجموع الجبري للتغير في فروق الجهد حول أي مسار مغلق يساوي صفراً "

$$\sum جـ_{أ} = \text{صفراً}$$

$$\sum ق_{د} = \sum ت \times م$$

(تطبق على المسار المغلق)

ملاحظة : لإيجاد فرق الجهد بين نقطتين مثل (أ ، ب) نستخدم الطريقة التالية :

$$جـ_{أ} + \sum ق_{د} + \sum ت \times م = جـ_{ب}$$

*** في المسار من أ إلى ب تكون :**

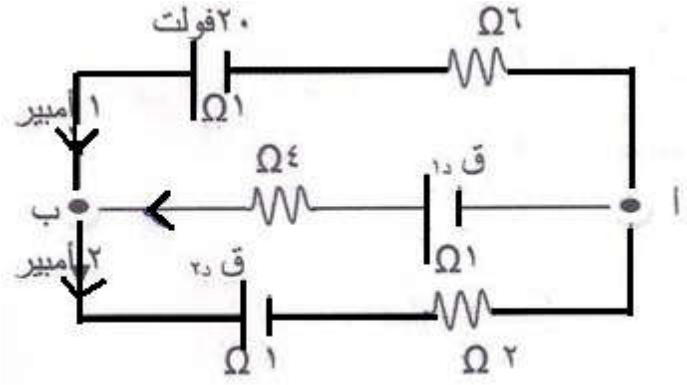
١) ق د موجبة إذا كانت بنفس اتجاه المسار وسالبة إذا كانت عكس اتجاه المسار .

٢) ت سالب إذا كانت بنفس اتجاه المسار وموجب إذا كانت عكس اتجاه المسار .

مثال (١) : استعن بالقيم المثبتة على الشكل واحسب ما يلي :

١) القوة الدافعة لكل من البطارتين ١ و ٢ .

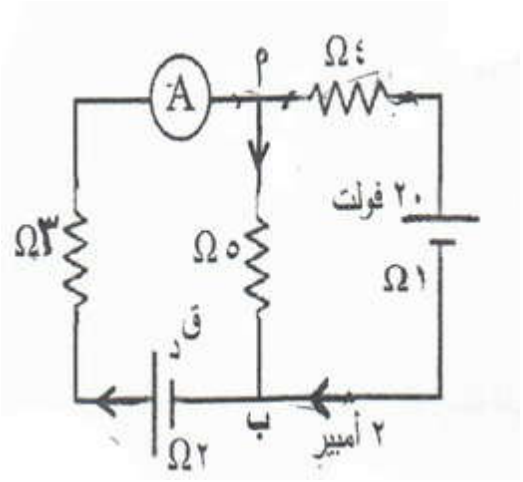
٢) فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة .



الحل :

مثال (٢) : من الشكل وبياناته إذا كان (جـ أ ب = ٣٠ فولت) جد :

١) قراءة الأميتر . ٢) مقدار القوة الدافعة الكهربائية (ق د)



الحل :

١) جـ أ ب (المسار الأوسط) = ت×م

٣٠ = ت × ٥ ومنها ت = ٦ أمبير

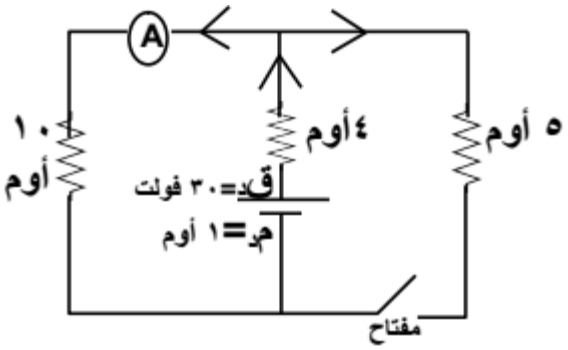
قراءة الأميتر = ٦ + ٢ = ٨ أمبير

٢) بتطبيق قاعدة كيرشوف على الحلقة اليسرى

Σ ق د = Σ ت×م

ق د = ٨ × (٢+٣) + ٦×٥ = ٤٠ + ٣٠ = ٧٠ فولت

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 :

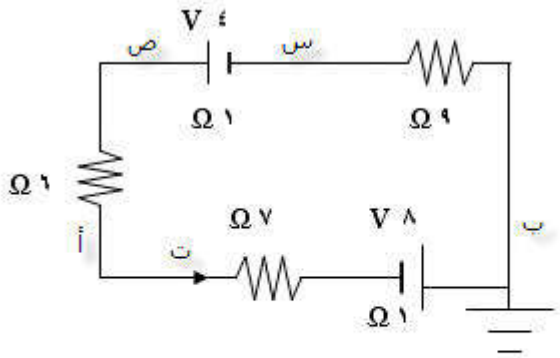
١) قراءة الأميتر = ت = $\frac{\sum ق_د}{\sum م}$ = $\frac{٣٠}{١+١٠+٤}$ = ٢ أمبير

٢) بتطبيق قاعدة كيرشوف على الحلقة اليسرى

$\sum ق_د = \sum ت \times م$

٣٠ = ١٠ ت + ٣,٦ × (١ + ٤) ⟵ ٣٠ = ١٠ ت + ١٨ ⟵ ت = ١,٢ أمبير (قراءة الأميتر)

مثال (٤) : من البيانات المبينة على الشكل المجاور احسب :



١) جهد النقطة (أ) . ٢) فرق الجهد بين النقطتين ص س .

الحل :

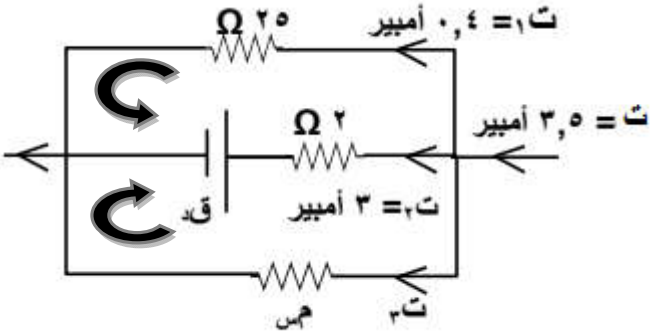
١) ت = $\frac{\sum ق_د}{\sum م}$ = $\frac{٨+٤}{٢+٢٢}$ = $\frac{١٢}{٢٤}$ = ٠,٥ أمبير

جـ أ + $\sum ق_د$ + $\sum ت م$ = جـ ب

جـ أ + ٨ - ٠,٥ × (١+٧) = صفر ومنها جـ أ = - ٤ فولت

٢) جـ ص س = $ق_د$ - ت × م = ٤ - ٠,٥ × ١ = ٣,٥ فولت

مثال (٥) : من الشكل المجاور جد :



١) قيمة التيار $ت_٣$. ٢) قيمة القوة الدافعة $ق_د$.
٣) قيمة المقاومة $م_س$.

الحل :

١) ت = $ت_١$ + $ت_٢$ + $ت_٣$

٣,٥ = ٠,٤ + ٣ + $ت_٣$ ومنها $ت_٣$ = ٠,١ أمبير

٢) بتطبيق قاعدة كيرشوف على المسار العلوي

$\sum ق_د = \sum ت \times م$

$ق_د$ = ٠,٤ × ٢٥ - ٣ × ٢ = ٤ فولت

٣) بتطبيق قاعدة كيرشوف على المسار السفلي

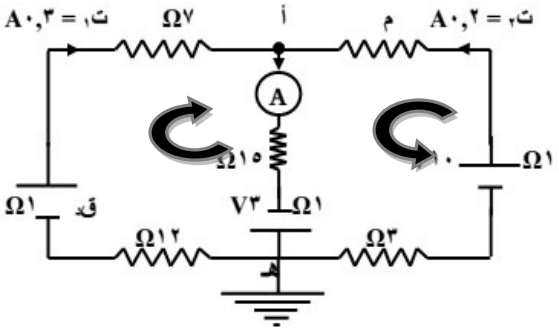
$\sum ق_د = \sum ت \times م$

٤ = ٠,١ × $م_س$ - ٣ × ٢ ⟵ $م_س$ = ١٠٠ Ω

مثال (٦) : في الشكل المجاور احسب :

١) قراءة الأميتر . ٢) قيمة المقاومة م .

٣) قيمة القوة الدافعة (ق$_د$) . ٤) جهد النقطة (أ) .



الحل :

١) قراءة الأميتر = ت$_١$ + ت$_٢$ = ٠,٣ + ٠,٢ = ٠,٥ أمبير

٢) بتطبيق قاعدة كيرشوف على المسار الأيمن

$\sum$ ق$_د$ = $\sum$ ت×م

١٠ + ٣ = ٠,٥ × (١٥+١) + ٠,٢ × (٣ +١+م) ⟵ ١٣ = ٨ + ٠,٨ + ٠,٢ م ⟵ م = ٢١ Ω

٣) بتطبيق قاعدة كيرشوف على المسار الأيسر

$\sum$ ق$_د$ = $\sum$ ت×م

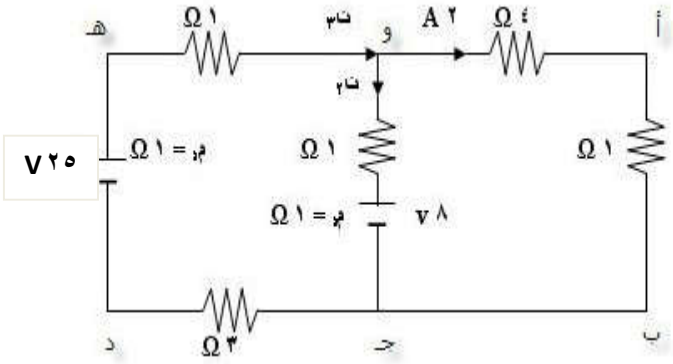
ق$_د$ + ٣ = ٠,٥ × (١٥+١) + ٠,٣ × (١٢+١+٧) ⟵ ق$_د$ + ٣ = ٨ + ٦ ⟵ ق$_د$ = ١١ فولت

٤) جـ$_أ$ - ٠,٥ × (١٥+١) + ٣ = جـ$_ب$ ⟵ جـ$_أ$ - ٥ = صفر ⟵ جـ$_أ$ = ٥ فولت

مثال (٧) : في الدارة الكهربائية المجاورة احسب :

١) القدرة الكهربائية المستنفذة في المقاومة (٤) Ω .

٢) مقدار كل من التيارين (ت$_٢$ ، ت$_٣$) .



الحل :

١) القدرة = م ت^٢ = ٤ × (٢)^٢ = ١٦ واط

٢) بتطبيق قاعدة كيرشوف على المسار الأيمن

$\sum$ ق$_د$ = $\sum$ ت×م

٨ = ٢× (٤+١) - ت$_٢$ × (١+١) ⟵ ت$_٢$ = ١ أمبير

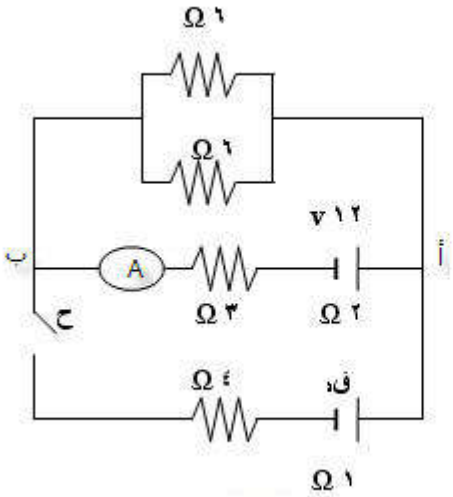
ت$_٣$ = ٢ + ت$_٢$ = ٢ + ١ = ٣ أمبير

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 ق$_د$.



الحل :

أولاً) م$_ك$ = $\frac{٦ \times ٦}{٦+٦}$ = ٣ أوم

قراءة الأميتر = ت = $\frac{\sum ق_د}{\sum م}$ = $\frac{١٢}{٣+٢+٣}$ = $\frac{١٢}{٨}$ = ١,٥ أمبير

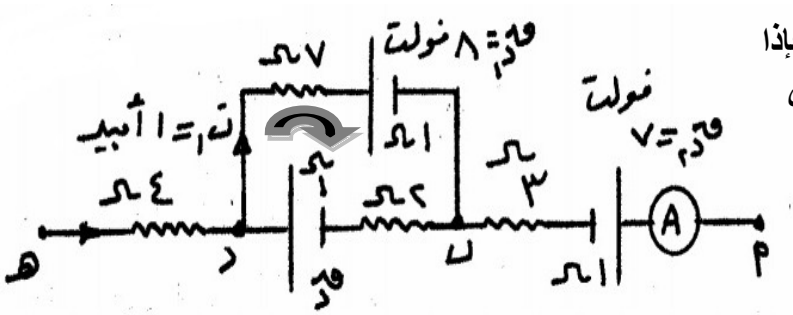
ثانياً) ١) جـ$_{أ ب (الوسط)}$ = ق$_د$ - ت×م ⟵ ٦ = ١٢ - ت × ٥ ⟵ ت = ١,٢ أمبير

٢) جـ$_{أ ب (العلوي)}$ = ت × م ⟵ ٦ = ٣ ت$_١$ ⟵ ت$_١$ = ٢ أمبير

ت$_٢$ = ٢ - ١,٢ = ٠,٨ أمبير

جـ$_{أ ب (السفلي)}$ = ق$_د$ - ت×م ⟵ ٦ = ق$_د$ - ٠,٨ × (٤+١) ⟵ ق$_د$ = ١٠ فولت

مثال (٩) : يمثل الرسم المجاور جزءاً من دارة كهربائية فإذا علمت أن (جـهـد = ١٢ فولت) . واعتماداً على القيم المثبتة على الرسم احسب :



١) قراءة الأميتر (A) .
٢) القوة الدافعة الكهربائية . ٣) جـ أ ب .

الحل :

١) جـهـد = ت × م ⟸ ١٢ = ت × ٤ ⟸ ت = ٣ أمبير (قراءة الأميتر)

٢) نطبق قاعدة كيرشوف على الحلقة

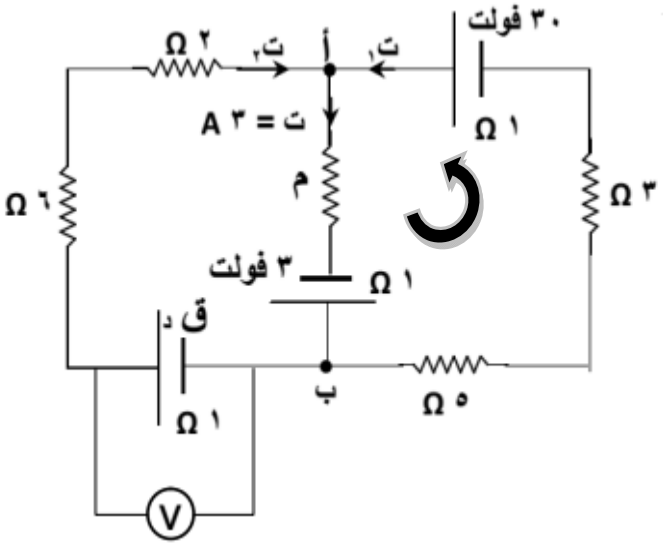
$\sum$ ق = $\sum$ ت×م

ق د - ٨ = ١ × (١+٧) - ٢ × (٢+١) ⟸ ق د = ١٠ فولت

٣) جـ أ ب = ق د - ت × م = ٧ - ٣ ×(١+٣) = ٧ - ١٢ = - 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 د) . ٤) قراءة الفولتميتر .



الحل :

١) القدرة = ق د × ت ⟸ ٦٠ = ٣٠× ت ⟸ ت = ٢ أمبير

قدرة المقاومة = م $(ت_1)^2$ = ٥ × $(2)^2$ = ٢٠ واط

٢) بتطبيق قاعدة كيرشوف على المسار الأيمن

$\sum$ ق = $\sum$ ت×م

٣٠+٣ = ٢× (٥+٣+١) + ٣ × (م+١)

٣٣ = ١٨ + ٣م + ٣ ⟸ م = ٤ Ω

٣) $ت_2$ = ٣ - ٢ = ١ أمبير

بتطبيق قاعدة كيرشوف على المسار الأيسر

$\sum$ ق = $\sum$ ت×م

ق د + ٣ = ١× (١+٦+٢) + ٣ × (٤+١) ⟸ ق د = ٢٤ - ٣ = ٢١ فولت

٤) قراءة الفولتميتر = ق د - ت ×م = ٢١ - ١×١ = ٢٠ فولت

سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤

ورقة عمل

سؤال ١ : موصل فلزي منتظم المقطع عدد الالكترونات الحرة فيه لكل وحدة حجم تساوي ($١٠^{٣٠}$) الكترون/م^{٣} ، ومساحة مقطعه العرضي (٢) ملم^{٢} يمر به تيار كهربائي مقداره (٣,٢) مايكرو أمبير لمدة (١٠) ثواني احسب :
١) مقدار الشحنه الكهربائية التي عبرته . ٢) السرعة الانسياقية . ٣) عدد الكترونات المتحركه خلال تلك الفترة .
جواب : (٣٢×١٠^{-٦} 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 : (٢×١٠^{-٢} 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 الالكترونات الحرة فيه (٢×١٠^{-٣}) م/ث . ، احسب :
١) عدد الكترونات الحرة في وحدة الحجم من الموصل . ٢) احسب مقاومية 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 مقاومية الفضة اكبر من مقاومية النحاس ب (١٣) مرة احسب طول سلك النحاس .
الجواب : (١,٣ م)

سؤال ٥ : مقاومتان مجهولتان وصلتا على التوالي فكانت مقاومتها المكافئة تساوي (١٠) Ω ، ثم وصلتا على التوازي فأصبحت مقاومتها المكافئة تساوي (٢,٤) Ω احسب مقدار المقاومتان .
الجواب : (٤ Ω ، ٦Ω)

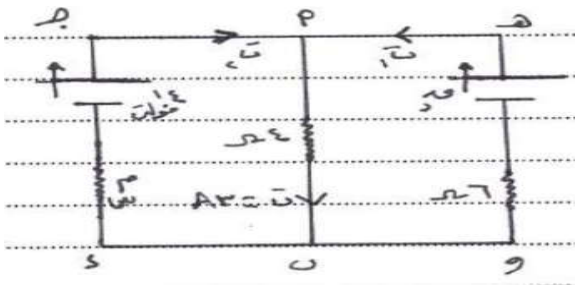
سؤال ٦ : سلك من النحاس مقاوميته ($١,٦ \times ١٠^{-٨}$) أوم.م ومساحته مقطعه (٠,١) مم^{٢} ، وصل مع فرق جهد قدره (٢٠٠) فولت فكانت القدره الكهربائية (٢) كيلو واط احسب طول السلك .
الجواب : (١٢٥ متر)

سؤال ٧ : دارة بسيطة تتكون من مقاومتان (٤ Ω و٦ Ω) موصولتان على التوالي يمر فيهما تيار مقداره (ت) ماهي قيمة المقاومة م$_{٣}$ الواجب توصيلها حتى يتضاعف قيمة التيار مع بقاء الجهد ثابت .
الجواب : (١٠ Ω)

سؤال ٨ : موصل فلزي طوله (٢π) م ونصف قطر مقطعه العرضي ($١٠^{-٣}$) م ، ومقاوميته (٢×١٠^{-٨}) أوم.م وعدد الالكترونات 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 الانسياقية .
الجواب : (٤×١٠^{-٢} أوم ، $١,٢٥ \times ١٠^{-٣}$ م/ث)

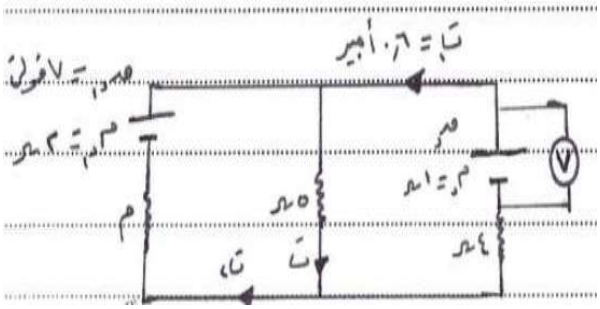
سؤال ٩ : سلك طوله (٤٠) م ومساحة مقطعة (٠,١) مم^{٢} ومقاومته النوعية ($١٠^{-٨}$) أوم.م احسب :
١) المقاومة الكهربائية للسلك . ٢) القدرة الكهربائية المستنفذة فيه إذا وصل طرفاه بمصدر جهد (٥٠) فولت .
٣) الطاقة الحرارية المستنفذه خلال (١٠) دقائق .
الجواب : (٤ أوم ، ٦٢٥ واط ، ٣٧٥×١٠^{٣} جول)

سؤال ١٠ : من الشكل المجاور وإذا كانت القدرة المستهلكة في المقاومة (٦) أوم تساوي (٢٤) واط ، احسب :
١) التياران $ت_1$ ، $ت_2$. ٢) المقاومة $م_س$.
٣) القوة الدافعة الكهربائية $ق_د$.



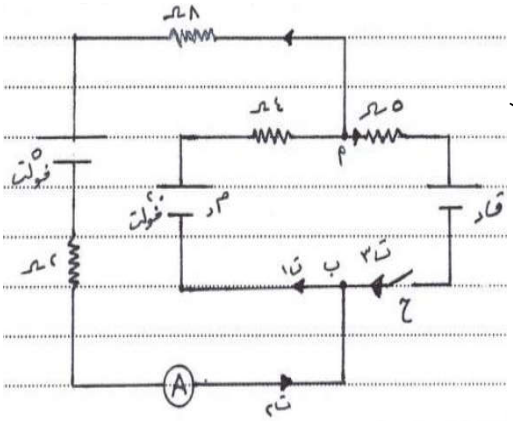
الجواب : ($ت_1$= ٢ أمبير ، $ت_2$ = ١ أمبير ، $م_س$ = ٢ Ω ، $ق_د$ = ٢٤ فولت)

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 ($م_د$) .
ثانياً : بعد اغلاق المفتاح (ح) إذا كان ($جـ_{أب}$ = ١١ فولت) احسب :
١) قراءة الأميتر (A) . ٢) القوة الدافعة ($ق_د$) .



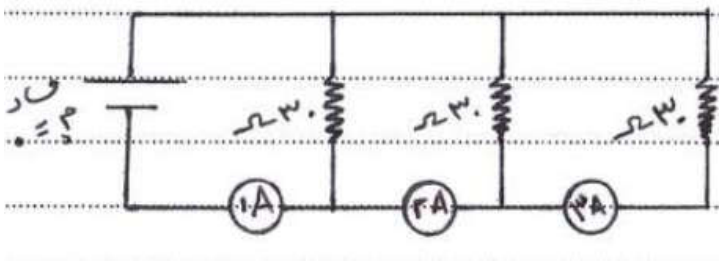
الجواب : (١ Ω ، ٠,٦ أمبير ، ٥ فولت)

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 مثالاً على الموصلات الأومية واللاأومية .

جـ (فولت)	٣	٥	١٠
$ت_أ$ (أمبير)	٠,٦	١	٢
$ت_ب$ (أمبير)	٠,٦	٠,٩	١,٢

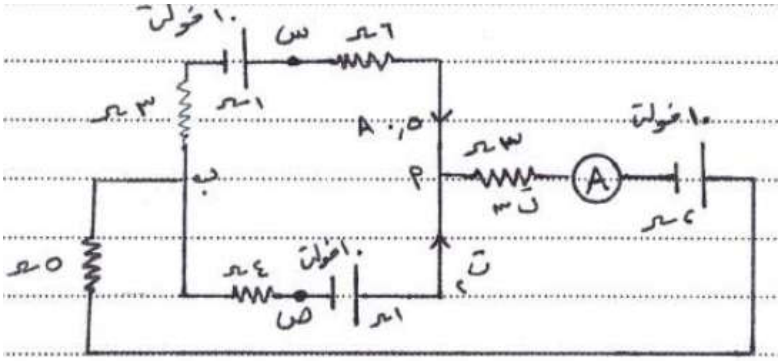
الجواب : (الموصل (أ) لأن التيار يتغير على نحو ثابت مع الجهد ، النحاس أومي ، المحاليل الكهرلية وأشباه الموصلات لا أومية)

سؤال ١٤ : معتمداً على الشكل وبياناته إذا كانت قراءة الأميتر (A_1) تساوي (١,٢) أمبير أجب عما يأتي :
١) احسب القوة الدافعة (ق.د) . ٢) احسب قراءة الأميترين (A_2 ، A_3)



الجواب : (ق.د = ١٢ فولت ، A_2 = ٠,٨ أمبير ، A_3 = ٠,٤ أمبير)

سؤال ١٥ : معتمداً على الشكل وبياناته جد :
١) قراءة الأميتر (A) . ٢) فرق الجهد الكهربائي (جـس ص) ، وأي النقطتين (س ، ص) جهدها أعلى ؟ ولماذا ؟



الجواب : (١,٥ أمبير ، جـس ص = ١٢ فولت ، جهد س أعلى لأنه قطب موجب وص قطب سالب)