مراجعة بعض قوانين المحصلة

أولاً :

١) إذا كان المتجهان متعاكسان فإن المحصلة مقداراً هي :

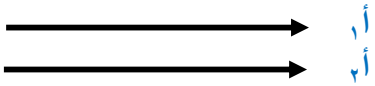
ح = أ كبرى – أ صغرى

ويكون اتجاهها باتجاه المتجه الأكبر .

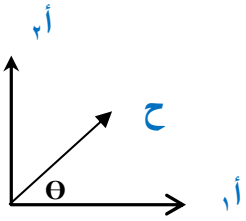
٢) إذا كان المتجهان بنفس الاتجاه فإن محصلتهما مقداراً هي :

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

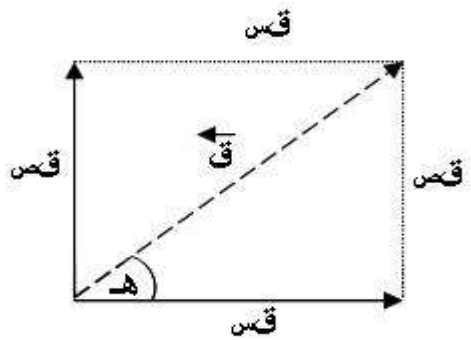
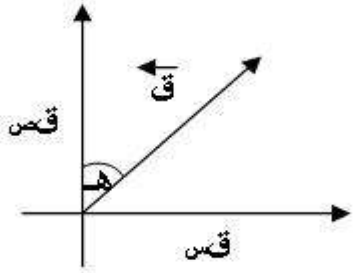
ظا θ = $\frac{أ_2}{أ_1}$ حيث (θ) الزاوية المحصورة بين ح و أ١ .

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 θ = $\frac{أ_2}{أ_1}$

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 $ط_ح = \frac{١}{٢} ك ع^{٢}$

* التغير في الطاقة الحركية $\Delta ط_ح = \frac{١}{٢} ك (ع_{٢}^{٢} - ع_{١}^{٢})$

* عند الاتزان يكون :
$ق_س$ = صفر ، $ق_ص$ = صفر

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

* عندما يتحرك الجسيم بتسارع ثابت تكون :

$ق_ح = ك \times ت$ حيث ك : كتلة الجسيم ، ت : تسارع الجسيم .

* الشغل (ش) = ق . ف جتاθ حيث ق : القوة بالنيوتن ، ف : الإزاحة بالمتر
θ : الزاوية بين اتجاه القوة واتجاه الإزاحة

الفصل الأول / المجال الكهربائي

تكميم (تكمية) الشحنة : شحنة أي جسم يجب أن تكون من مضاعفات شحنة الإلكترون .

$$q_{جسم} = ن \times q_e$$

حيث ن : عدد صحيح يمثل عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة (١،٢،٣،-----) .
q_e : 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 :

$$q_{جسم} = ن \times q_e$$

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

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

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

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

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

مثال(٣): هل يمكن أن تكون شحنة جسم مقدارها ($٤,٢ \times ١٠^{-١٩}$) كولوم ؟ وضح اجابتك .
الحل :

مثال(٤): أي القيم التالية يستحيل وجودها كشحنة لجسيم بوحدة الكولوم ؟
أ) ١٦×١٠^{-١٩} ب) $٤,٨ \times ١٠^{-١٩}$ جـ) $٣,٢ \times ١٠^{-١٩}$ د) ١×١٠^{-١٩}
الحل :

قانون كولوم

تمكن العالم كولوم من التوصل إلى العوامل التي تعتمد عليها القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين كهربائيتين . وهي :
١) مقدار كل من الشحنتين (ــ١ ، ــ٢) والعلاقة طردية .
٢) مربع المسافة بين الشحنتين (ف^{٢}) والعلاقة عكسية .
٣) طبيعة الوسط الذي توجد فيه الشحنات الكهربائية .

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 "

$$ق_{ك} = أ \frac{ــ_{١} \times ــ_{٢}}{ف^{٢}}$$

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

$$ق_{ك} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ــ_{١} \times ــ_{٢}}{ف^{٢}}$$

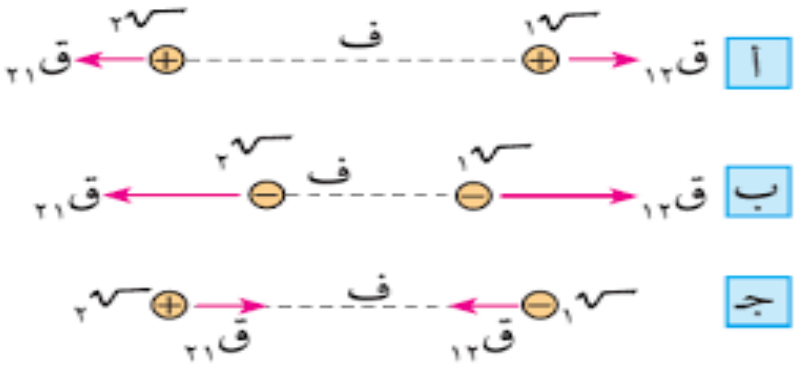
ــ١ : الشحنة الأولى بالكولوم . ــ٢ : الشحنة الثانية بالكولوم . ف : المسافة بين الشحنتين بالمتر .

الشحنة النقطية : شحنة جسم أبعاده صغيرة جداً بالمقارنة مع المسافة بينه وبين جسم آخر .

سؤال : يعد الكولوم وحدة قياس كبيرة نسبياً عملياً ، وضح ذلك من خلال حساب عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة .
الحل :
ن = $\frac{ــ_{جسم}}{ev}$ = $\frac{١}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}}$ = ٦٢٥ × ١٠^{١٦} إلكترون ، وهذا عدد كبير على جسم ليفقده أو يكتسبه

سؤال : توصل لوحدة قياس ثابت كولوم (أ) .
جواب :
$ق_{ك} = أ \frac{ــ_{١} \times ــ_{٢}}{ف^{٢}}$ ⟵ (أ) = $\frac{[ق].[ف^{٢}]}{[ــ_{١}].[ــ_{٢}]}$ = $\frac{\text{نيوتن . م}^{٢}}{\text{كولوم}^{٢}}$ ، حيث [ ] يدل على وحدة قياس

ملاحظة : القوة التي تؤثر بها الشحنة الأولى على الشحنة الثانية تساوي مقداراً القوة التي تؤثر بها الشحنة الثانية على الشحنة الأولى وتعاكسها بالإتجاه حسب قانون نيوتن الثالث .



سؤال : اختر الإجابة الصحيحة :

١) شحنتان كهربائيتان إحداهما (- ـــ١) ، والأخرى (+٢ـــ١) المسافة بينهما (ف) ، إذا تأثرت الشحنة السالبة بقوة كهربائية قدرها (ق) نحو (+ص) فإن القوة المؤثرة في الشحنة الموجبة :

أ) (ق) نحو +ص ب) (٢ق) نحو +ص جـ) (ق) نحو - ص د) (٢ق) نحو - ص .

٢) شحنتان نقطيتان تفصل بينهما مسافة ، إذا كانت (ـــ١ = ٥ ـــ٢) فإن :

أ) ق٢١ = ٥ ق١٢ ب) ق٢١ = ق١٢ جـ) ق١٢ = ٥ ق٢١ د) ق١٢ = ٠,٢ ق٢١

٣) شحنتان بينهما مسافة (ف) والقوة المتبادلة بينهما (ق) ، إذا ضاعفنا المسافة بين الشحنتين فإن القوة المتبادلة بينهما تصبح :

أ) (٢ق) ب) ٤ق جـ) $\frac{١}{٢}$ ق د) $\frac{١}{٤}$ ق

٤) شحنتان كهربائيتان الأولى ثلاثة أضعاف الثانية والمسافة بينهما (ف) فإن نسبة القوة التي تؤثر بها الشحنة الأولى في الشحنة الثانية إلى القوة التي تؤثر بها الشحنة الثانية في الشحنة الأولى كنسبة :

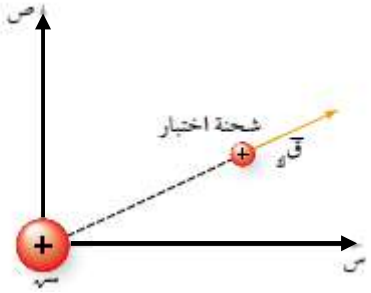
أ) (٣ : ١) ب) (١ : ١) جـ) (١ : ٣) د) (١ : ٩)

٥) شحنتان بينهما مسافة (ف) والقوة المتبادلة بينهما (ق) ، إذا ضاعفنا مقدار كل من الشحنتين والمسافة بين الشحنتين فإن القوة المتبادلة بينهما تصبح :

أ) (ق) ب) ٤ق جـ) $\frac{١}{٢}$ ق د) $\frac{١}{٤}$ ق

المجال الكهربائي الناشئ عن شحنات نقطية

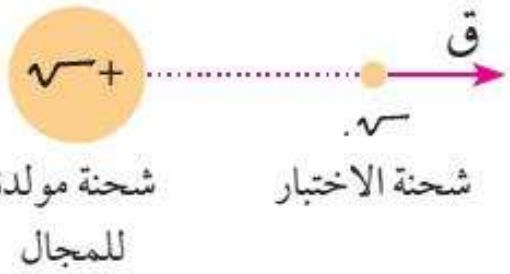
تعد القوة الكهربائية ذات تأثير عن بعد ، وقد تمكن العالم فارادي من تفسير تأثيرها بافتراض مفهوم المجال الكهربائي ، بأنه الحيز الذي يحيط بالشحنة الكهربائية ($ش_{و}$) ويظهر تأثيره بشكل قوة كهربائية في شحنة أخرى ($ش_{ك}$) توضع في هذا الحيز . لذا تصنف القوة الكهربائية بأنها قوة مجال مثل الجاذبية الأرضية والقوة المغناطيسية .



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

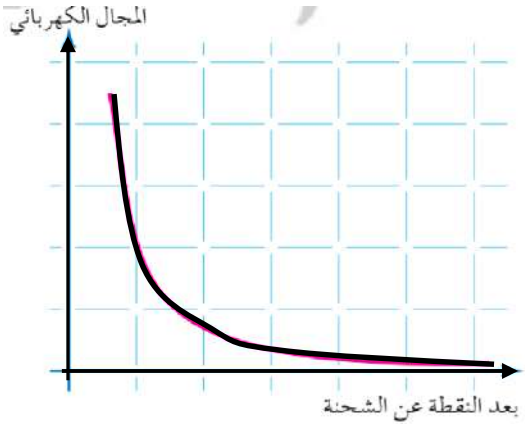
$$\overleftarrow{م} = \frac{\overleftarrow{ق}_{ك}}{ش_{و}}$$

$$\overleftarrow{م} = \frac{٩ \times ١٠^{٩}}{ف^{٢}} \times ش_{مولدة}$$



يقاس المجال الكهربائي بوحدة نيوتن / كولوم .

العلاقة البيانية بين المجال الكهربائي وبعد النقطة عن الشحنة :



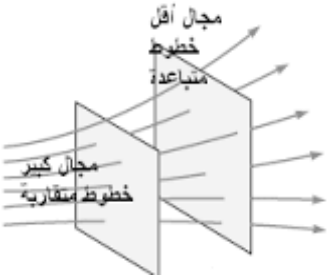
ملاحظات :

١) المجال الكهربائي ($\overleftarrow{م}$) كمية متجهة أي لها مقدار ولها اتجاه .
٢) شحنة الإختبار ($ش_{و}$) : شحنة موجبة صغيرة افتراضية تستخدم للكشف عن المجالات الكهربائية .
٣) النقطة المطلوب إيجاد المجال عندها لا يوجد فيها شحنة ونحن نفرض فيها شحنة اختبار لتحديد اتجاه المجال عندها .
٤) لحساب المجال من عدة شحنات نقطية عند نقطة نجد مجال كل شحنة مقداراً واتجاهاً ثم نجد المحصلة للمجالات .
٥) دائما نعوض قيمة الشحنة موجبة لحساب المجال الكهربائي في النقطة .
٦) الشحنة الموجبة تتحرك باتجاه المجال الكهربائي ، والشحنة السالبة تتحرك عكس اتجاه المجال الكهربائي .
٧) يتناسب المجال الكهربائي طردياً مع مقدار الشحنة المولدة للمجال وعكسياً مع مربع المسافة بين الشحنة المؤثرة والنقطة المراد حساب المجال عندها .

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

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

خطوط المجال الكهربائي

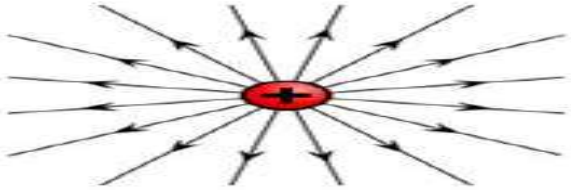


ويعرف خط المجال الكهربائي بأنه : خط وهمي يمثل المسار الذي تسلكه شحنة الاختبار (صغيرة موجبة) حرة الحركة في المجال الكهربائي .

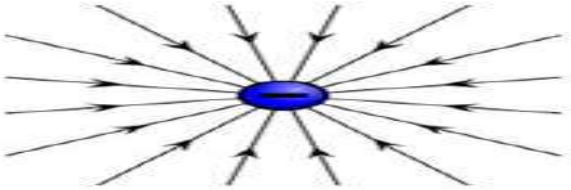
وهذه الخطوط لها عدة خصائص وهي :

١) خطوط المجال الكهربائي خطوط وهمية .
٢) يدل اتجاه المماس لخط المجال عند أي نقطة على اتجاه القوة الكهربائية التي تؤثر في الشحنة الموجبة عند وضعها في تلك النقطة (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 .

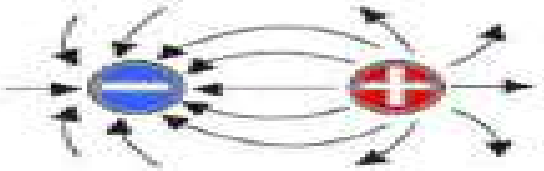
بعض اشكال خطوط المجال الكهربائي :



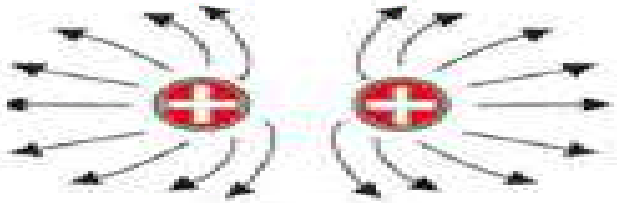
خطوط المجال الكهربائي لشحنة موجبة مفردة



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 ؟

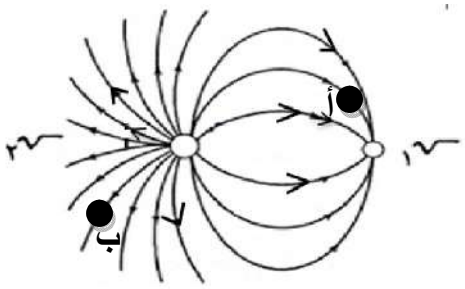
جواب : حتى يكون المجال الناشيء عنها صغير جداً (يقترب من الصفر) ولا تؤدي لإحداث أي تغيير في المجال الكهربائي المراد قياسه .

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

جواب : لتوحيد اتجاه المجال الكهربائي باتجاه القوة الكهربائية .

سؤال : من الشكل المجاور أجب عن الأسئلة التالية :

١) عند أي النقطتين (أ ، ب) تكون قيمة المجال أكبر ؟ ولماذا ؟
٢) ما نوع كل من الشحنتين ـ١٧ ، ـ٢٧ ؟
٣) جد النسبة بين الشحنتين (ـ١٧ : ـ٢٧) .



جواب :

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

١) المجال الكهربائي المحصل في نقطة منتصف المسافة بينهما .

٢) القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة قدرها (-٢) بيكوكولوم وضعت في نقطة منتصف المسافة بينهما .

الحل :

١) $مـ = \frac{ثـ \times ٩ \times ١٠^{٩}}{ف^{٢}}$

$مـ_{١} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٥ \times ١٠^{-٦}}{١ \times ١٠^{-٦}}$

$= ٤٥ \times ١٠^{٩}$ نيوتن/كولوم

(نحو س+)

$مـ_{٢} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٤ \times ١٠^{-٦}}{١ \times ١٠^{-٦}}$

$= ٣٦ \times ١٠^{٩}$ نيوتن/كولوم

(نحو س-)

$مـ_{ح} = مـ_{١} - مـ_{٢}$

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

$= ٩ \times ١٠^{٩}$ نيوتن/كولوم

(نحو س+)

$ثـ_{١}$ $مـ_{١}$ ← + → $مـ_{٢}$ $ثـ_{٢}$

٢) $ق_{ك} = مـ \times ثـ_{٧} = ٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-١٢}$

$= ١٨ \times ١٠^{-٣}$ نيوتن (نحو س-)

مثال (٢) : شحنتان نقطيتان $ثـ_{١}$ = ٣٦µc ، $ثـ_{٢}$ = -٦٤µc ، المسافة بينهما (١٠) سم أوجد المجال الكهربائي عند نقطة تبعد مسافة (٦) سم عن الشحنة الأولى و (٨) سم عن الشحنة الثانية .

الحل :

$مـ = \frac{ثـ \times ٩ \times ١٠^{٩}}{ف^{٢}}$

$مـ_{١} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٣٦ \times ١٠^{-٦}}{٣٦ \times ١٠^{-٤}}$

$= ٩ \times ١٠^{٧}$ نيوتن/كولوم

$مـ_{٢} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٦٤ \times ١٠^{-٦}}{٦٤ \times ١٠^{-٤}}$

$= ٩ \times ١٠^{٧}$ نيوتن/كولوم

$مـ_{ح} = \sqrt{مـ_{١}^{٢} + مـ_{٢}^{٢}}$

$= \sqrt{٨١ + ٨١} \times ١٠^{٧}$ 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 .

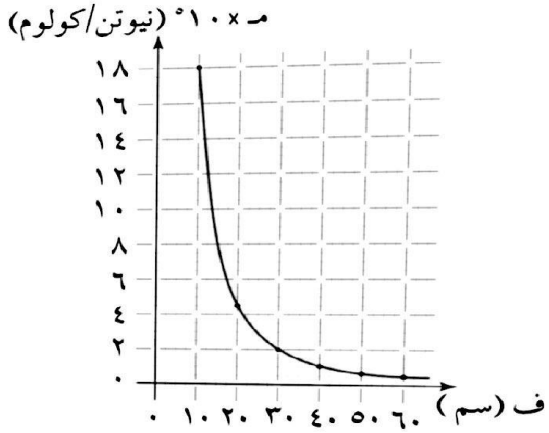
الحل :

$\frac{مـ_{١}}{مـ_{٢}} = \frac{(ف_{٢})^{٢}}{(ف_{١})^{٢}}$

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

$مـ_{٢} = \frac{١}{٩} \times ١٠^{٥}$ 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) $ق_{ك} = مـ \times ـــ_{٧} = ٤,٥\times١٠^{٥} \times ١\times١٠^{-٩} = ٤,٥\times١٠^{-٤}$ نيوتن
٣) $مـ = \frac{٩\times١٠^{٩} \times ـــ_{٧}}{ف^{٢}}$

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

$ـــ_{٧} = ٢\times١٠^{-٦}$ 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) $مـ = \frac{٩\times١٠^{٩} \times ـــ_{٧}}{ف^{٢}}$

$مـ_{١} = \frac{٩\times١٠^{٩} \times ٢\times١٠^{-٩}}{٠,٠٤\times١٠^{-٤}}$

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

$مـ_{٢} = \frac{٩\times١٠^{٩} \times ٥٠\times١٠^{-٩}}{٠,٠٩\times١٠^{-٤}}$

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

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

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

٢) أ) $مـ_{١} = مـ_{٢}$

$\frac{ـــ_{١٧}}{(ص)^{٢}} = \frac{ـــ_{٢٧}}{(ف - ص)^{٢}}$

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

بالقسمة على ٢ ثم أخذ جذر الطرفين

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

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

ب) $مـ_{١} = مـ_{٢}$

$\frac{ـــ_{١٧}}{(ص)^{٢}} = \frac{ـــ_{٢٧}}{(ف + ص)^{٢}}$

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

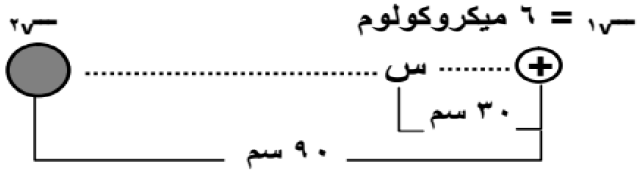
بالقسمة على ٢ ثم أخذ جذر الطرفين

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

$٥ ص = ٠,٥ + ص$

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

مثال (٦) : 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 ($ش_٢$) ، وما نوعها ؟



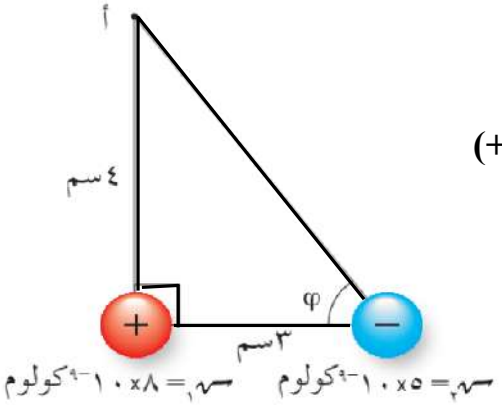
الحل : نحسب أولاً المجال عند النقطة س من الشحنة الأولى

$م_١ = \frac{ش_١}{ف^٢} ٩×١٠^٩ = \frac{٩×١٠^٩ × ٦×١٠^{-٦}}{٩×١٠^{-٢}} = ٦×١٠^٦$ نيوتن/كولوم نحو س-

حتى يكون المجال المحصل عند س صفراً يجب أن تكون ($ش_٢$) موجبة حتى تؤثر على س بمجال قدره ($٦×١٠^٦$) نحو س+

$م_٢ = \frac{ش_٢}{ف^٢} ٩×١٠^٩$ ومنها $٦×١٠^٦ = \frac{ش_٢ × ٩×١٠^٩}{٣٦×١٠^{-٢}}$ فتكون $ش_٢ = ٢٤×١٠^{-٦}$ كولوم = ٢٤ ميكروكولوم

مثال (٧) : شحنتان نقطيتان موضوعتان في الهواء $ش_١$ = ٨ نانوكولوم ، $ش_٢$ = -٥ نانوكولوم ، كما في الشكل ، أوجد المجال الكهربائي عند النقطة (أ) مقداراً واتجاهاً .



الحل :

$م = \frac{ش}{ف^٢} ٩×١٠^٩ ×$

$م_١ = \frac{٩×١٠^٩ × ٨×١٠^{-٩}}{١٦×١٠^{-٤}} = ٤,٥×١٠^٤$ نيوتن/كولوم باتجاه (ص+)

$م_٢ = \frac{٩×١٠^٩ × ٥×١٠^{-٩}}{٢٥ ×١٠^{-٤}} = ١,٨×١٠^٤$ نيوتن/كولوم

وباتجاه يصنع زاوية (β) مع محور (س+)

ولايجاد المحصلة نقوم بتحليل ($م_٢$) إلى مركبتين

$م_{٢س} = م_٢ جتا\beta = ١,٨×١٠^٤ × \frac{٣}{٥} = ١,٠٨×١٠^٤$ نيوتن/كولوم

$م_{٢ص} = م_٢ جا\beta = ١,٨×١٠^٤ × \frac{٤}{٥} = ١,٤٤×١٠^٤$ نيوتن/كولوم

$\sum م_س = ١,٠٨×١٠^٤ \approx ١×١٠^٤$ نيوتن/كولوم

$\sum م_ص = م_١ - م_{٢ص} = ٤,٥×١٠^٤ - ١,٤٤×١٠^٤ = ٣,٠٦×١٠^٤$

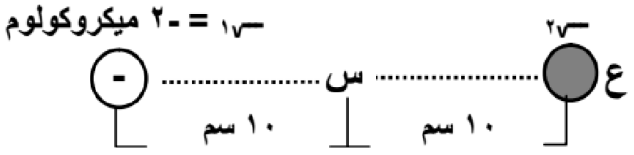
$\approx ٣×١٠^٤$ نيوتن/كولوم

$م_أ = \sqrt{(٣×١٠^٤)^٢ + (١×١٠^٤)^٢} = \sqrt{١٠}×١٠^٤$ نيوتن/كولوم

وباتجاه يصنع زاوية (θ) مع محور السينات الموجب وتكون

$ظا\theta = \frac{م_ص}{م_س} = \frac{٣}{١} = ٣$

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

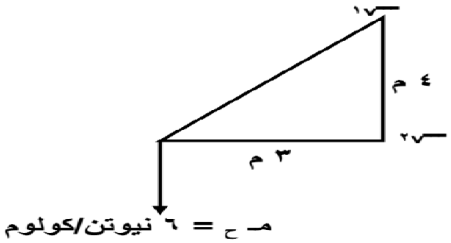
$م_{١} = \frac{ـــ_{١}}{ف^{٢}} = \frac{٩\times١٠^{٩}\times٢\times١٠^{-٦}\times٩\times١٠^{٩}}{١\times١٠^{-٢}} = ١٨\times١٠^{٥}$ نيوتن/كولوم نحو س-

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

$م_{٢} = \frac{ـــ_{٢}}{ف^{٢}}$ ومنها $ـــ_{٢} = \frac{م_{٢}\times ف^{٢}}{٩\times١٠^{٩}} = \frac{٧٢\times١٠^{٥}\times١\times١٠^{-٢}}{٩\times١٠^{٩}} = ٨\times١٠^{-٦}$ كولوم $= -٨$ ميكروكولوم فتكون

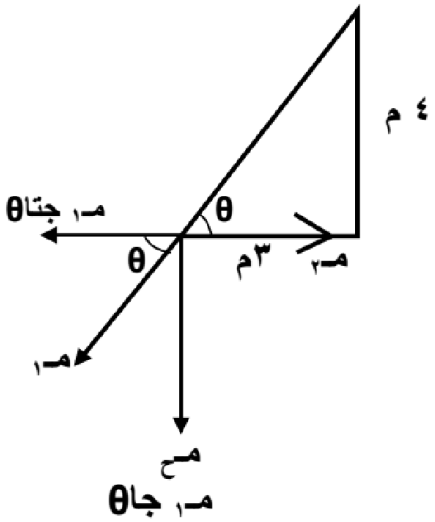
مثال (٩) : بناءاً على الشكل احسب مقدار ونوع الشحنتين ـــ١ ، ـــ٢ .



الحل :

$\sum م_{ص} = م_{١} جا\theta = م_{ح}$

$م_{١} \times \frac{٤}{٥} = ٦$ ومنها $م_{١} = ٧,٥$ نيوتن/كولوم



$م_{١} = \frac{ـــ_{١}}{ف^{٢}}$ ومنها $٧,٥ = \frac{ـــ_{١}\times٩\times١٠^{٩}}{٢٥}$

$ـــ_{١} \approx ٢٠,٩\times١٠^{-٩}$ كولوم (موجبة)

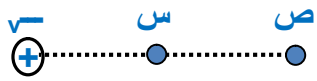
$\sum م_{س} =$ صفر ومنها $م_{٢} = م_{١} جتا\theta$

$م_{٢} = ٧,٥ \times \frac{٣}{٥} = ٤,٥$ نيوتن/كولوم

$م_{٢} = \frac{ـــ_{٢}}{ف^{٢}}$ ومنها $٤,٥ = \frac{ـــ_{٢}\times٩\times١٠^{٩}}{٩}$

$ـــ_{٢} = ٤,٥\times١٠^{-٩}$ كولوم (سالبة)

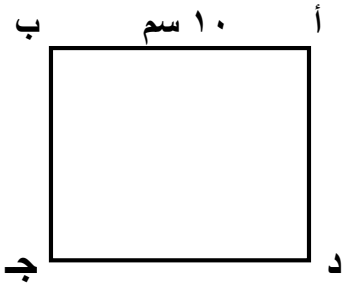
مثال (١٠) : في الشكل المجاور تبعد النقطة (ص) عن الشحنة النقطية (ـــ) مثلي المسافة التي تبعدها النقطة (س) عن الشحنة نفسها ، جد النسبة بين مقداري المجالين الكهربائيين عند النقطتين ($م_{ص} : م_{س}$) .



الحل :

مثال (١١) : أ ب جـ د مربع طول ضلعه (١٠) سم وضعت الشحنات (١٠٠µc ، -٥٠ µc ، ٢٥µc ، ٢٥µc) عند رؤوسه أ ب جـ د على التوالي احسب المجال الكهربائي في المركز .

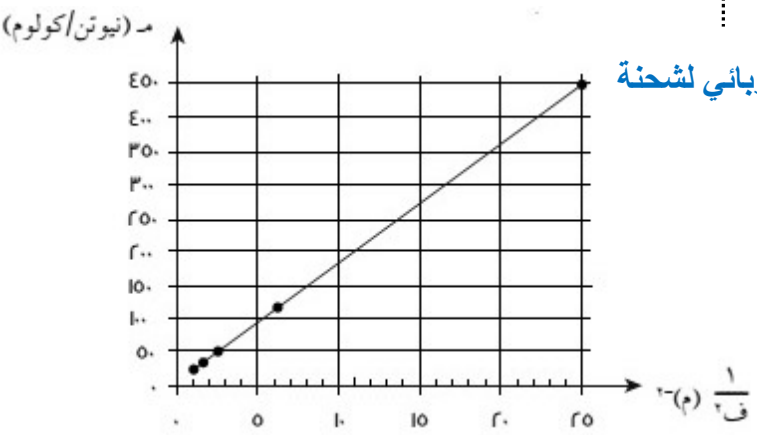
الحل :



مثال (١٢) : يمثل الشكل المجاور العلاقة بين المجال الكهربائي لشحنة نقطية ومقلوب مربع المسافة ، احسب :

١) ميل الخط المستقيم ، وماذا يمثل ؟

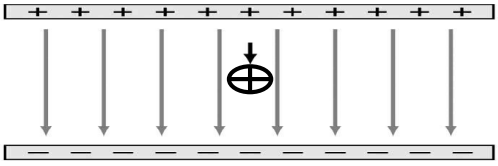
٢) مقدار الشحنة المولدة للمجال .



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 ($ش_{ص}$) لكل وحدة مساحة (أ) .**

$$\sigma = \frac{ش_{صفيحة}}{أ}$$

وتقاس σ بوحدة كولوم/م^{٢}

ويتناسب المجال الكهربائي طردياً مع الكثافة السطحية للشحنة حيث :

$$م = \frac{\sigma}{\epsilon .}$$

*** 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 :**

$$(ق_{ح} = م \times ش_{ص جسيم} = ك \times ت)$$

وبذلك فإن

$$ت = \frac{م \times ش_{ص}}{ك}$$

سؤال : أذكر العوامل التي يعتمد عليها تسارع جسيم داخل مجال كهربائي منتظم .

جواب : ١) مقدارالمجال الكهربائي . ٢) مقدار شحنة الجسيم . ٣) مقدار كتلة الجسيم .

*** إن المجال الكهربائي المنتظم المتولد بين الصفيحتين لا يعتمد على البعد بين الصفيحتين ، كما أن المجال الكهربائي خارج الصفيحتين يساوي صفراً تقريباً ، ما عدا عند الأطراف .**

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

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

$$ع_{٢} = ع_{١} + ت ز$$

$$ف = ع_{١} ز + \frac{١}{٢} ت ز^{٢}$$

$$(ع_{٢})^{٢} = (ع_{١})^{٢} + ٢ ت ف$$

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 .

علل: يمكن وصف حركة جسم في مجال كهربائي منتظم باستخدام معادلات الحركة بتسارع ثابت ؟

جواب : لأن يتحرك في مجال كهربائي منتظم فتكون القوة الكهربائية المحصلة عليه ثابتة .

مثال (١) : 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 يوازي اتجاه الحركة . احسب :
١) القوةالكهربائية التي يؤثر بها المجال على الجسيم . ٢) تسارع الجسيم أثناء حركته في المجال .
٣) سرعة الجسيم النهائية .

الحل :

١) $ق_ك = مـ \times ـــ_{ر} = ٢ \times ١٠^{٢} \times ١٠ \times ١٠^{-٦}$

$= ٢٠ \times ١٠^{-٤}$ 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 (٢) : 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) $ق_ك = مـ \times ـــ_{ر} = ١٠^{٤} \times ٢ \times ١٠^{-٩} = ٢ \times ١٠^{-٥}$ نيوتن

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

$(ع_{٢})^{٢} = (ع_{١})^{٢} + ٢ت ف$ ومنها صفر $= ١٠ \times ٤^{٤} + ٢ \times -٢ \times ١٠^{-٣} \times ف$ ومنها $ف = ١ \times ١٠^{٧}$ م

مثال (٣) : صفيحتان متوازيتان مساحة كل منهما (١×١٠^{-٢}) م^{٢} ، شحنت إحداهما بشحنة موجبة والأخرى بشحنة سالبة وكانت الشحنة الكهربائية على الصفيحة ($١,٧٧ \times ١٠^{-٩}$) كولوم ، احسب :
١) مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين . (علماً أن $\epsilon_{.} = ٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢}$ كولوم^{٢}/نيوتن.م^{٢})
٢) مقدار القوة الكهربائية 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) $\sigma = ـــ_{صفيحة} = \frac{أ}{١ \times ١٠^{-٢}} = \frac{١,٧٧ \times ١٠^{-٩}}{١ \times ١٠^{-٢}} = ١,٧٧ \times ١٠^{-٧}$ كولوم/م^{٢}

$مـ = \frac{\sigma}{\epsilon_{.}} = \frac{١,٧٧ \times ١٠^{-٧}}{٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢}} = ٢ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/كولوم

٢) $ق_ك = مـ \times ـــ_{ر} = ٢ \times ١٠^{٤} \times ١ \times ١٠^{-٩} = ٢ \times ١٠^{-٥}$ 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 $مـ = ٤ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/كولوم

مثال (٤) : ابتدأ إلكترون حركته من السكون من الصفيحة السالبة إلى الصفيحة الموجبة في مجال كهربائي منتظم بين صفيحتين متوازيتين ووصل إلى الصفيحة الموجبة خلال ($١,٥ \times ١٠^{-٨}$) 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 $= ٩,١ \times ١٠^{-٣١}$ كغم ، شحنة الإلكترون $= ١,٦ \times ١٠^{-١٩}$ كولوم)

الحل :

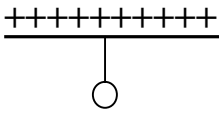
١) $ف = ع_{١} \times ز + \frac{١}{٢} ت ز^{٢}$ ⟵ $٢ \times ١٠^{-٢} = صفر + \frac{١}{٢} \times ت \times ٢,٢٥ \times ١٠^{-١٦}$ ⟵ $ت \approx ١,٧ \times ١٠^{١٤}$ م/ث^{٢}

$ت = \frac{مـ \times ــ_{ص}}{ك}$ ⟵ $مـ = \frac{ك \times ت}{ــ_{ص}} = \frac{٩,١ \times ١٠^{-٣١} \times ١,٧ \times ١٠^{١٤}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}} = ١ \times ١٠^{٣}$ نيوتن/كولوم

٢) $(ع_{٢})^{٢} = (ع_{١})^{٢} + ٢ت ف = صفر + ٢ \times ١,٧ \times ١٠^{١٤} \times ٢ \times ١٠^{-٢} = ٦,٨ \times ١٠^{١٢}$

$ع_{٢} \approx ٢,٦ \times ١٠^{٦}$ م/ث

مثال (٥) : لوحان معدنيان متوازيين بشكل أفقي ، 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 :

$ق_{محصلة} = صفر$

$ق_{شد} - (ق_{ك} + و) = صفر$

$ق_{شد} = ق_{ك} + و$

$= مـ \times ــ_{ص} + ك \times جـ$

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

$= ١٨ \times ١٠^{-٤}$ نيوتن

مثال (٦) : 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) $ق_{ك} = و$

$مـ ــ_{ص} = ك جـ$

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

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

٣) $ق_{ك} + و = ك ت$

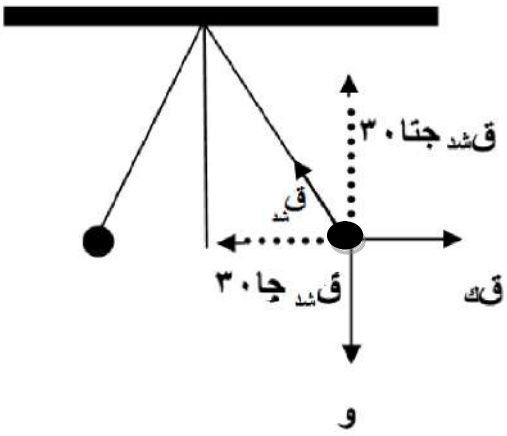
$مـ ــ_{ص} + ك جـ = ك ت$

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

$ت = ٢٠$ م/ث^{٢}

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)

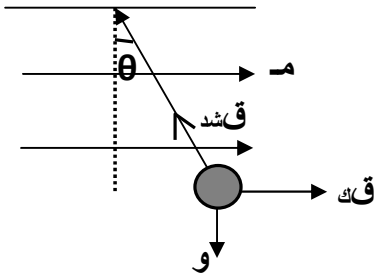
بقسمة المعادلة (١) على المعادلة (٢) ينتج :

$\frac{\text{ق ك}}{\text{و}}$ = ظا٣٠

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

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

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



الحل :

$\sum$ ق س = صفر

ق ك - ق شد جاθ = صفر

ق ك = ق شد جاθ ---------- (١)

$\sum$ ق ص = صفر

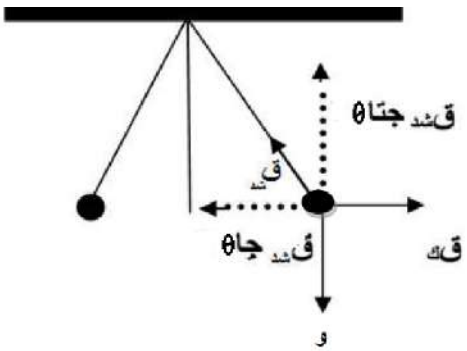
و - ق شد جتاθ = صفر

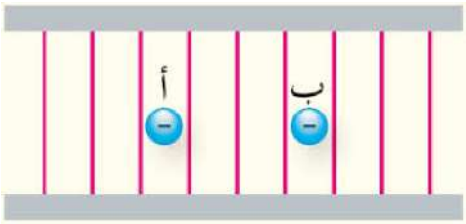
و = ق شد جتاθ ---------- (٢)

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

$\frac{\text{ق ك}}{\text{و}}$ = ظاθ

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

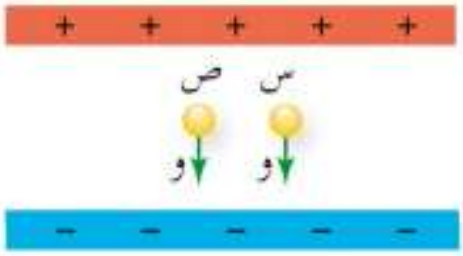




مثال(٩) : اتزن جسيم (أ) شحنته (- ـــ٧) وكتلته (ك) في مجال كهربائي منتظم رأسي كما في الشكل ، ادرس الشكل وأجب عما يلي :
١) حدد نوع الشحنة على كل صفيحة .
٢) إذا ادخل جسيم (ب) شحنته (- ـــ٧) وكتلته (٢ك) في المجال نفسه فهل يتزن ؟ فسر اجابتك .
٣) إذا زادت الشحنة على الكهربائية على الصفيحتين فهل يبقى الجسيم (أ) محافظاً على اتزانه ؟ فسر ذلك .

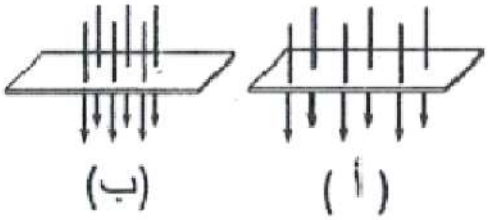
الحل :

١) بما أن الجسيم (أ) متزن واتجاه الوزن نحو محور الصادات السالب فإن اتجاه القوة الكهربائية نحو محور الصادات الموجب ولأن شحنة الجسيم سالبة فإن القوة الكهربائية المؤثرة فيه تكون بعكس اتجاه المجال وعليه يكون اتجاه المجال نحو الصادات السالب ، فتكون الصفيحة العليا موجبة الشحنة والسفلى سالبة الشحنة .
٢) لأن الجسيم (ب) كتلته (٢ك) سيكون وزنه ضعفي وزن الجسيم (أ) ، ويتأثر الجسيم (ب) بالقوة الكهربائية نفسها المؤثرة في الجسيم (أ) لأن شحنتهما متساوية وعليه (وب > قك) لذلك لن يتزن .
٣) زيادة الشحنة على الصفيحتين تعني زيادة المجال الكهربائي ولأن (قك = مـ × ـــ٧) فإن القوة الكهربائية المؤثرة في الجسيم (أ) ستزداد وتصبح أكبر من وزنه فيصبح الجسيم (أ) غير متزن .



مثال(١٠) : جسيمان (س ، ص) مشحونان ومتساويان في الوزن وضعا ساكنين في مجال كهربائي منتظم كما في الشكل ، ولوحظ أن الجسيم (س) بقي ساكناً ، بينما تحرك الجسيم (ص) باتجاه محور الصادات الموجب
أجب عما يأتي :
أ) ما نوع شحنة كل من الجسيمين ؟
ب) كيف تفسر اختلاف الحالة الحركية للجسيمين (س) و (ص) بالرغم من أنهما متساويان في الوزن ؟

الحل :

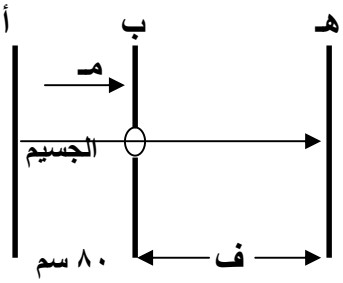


مثال(١١) : يمثل الشكلان المجاوران خطوط مجال كهربائي تخترق السطحين عمودياً على كل منهما ، عند مقارنة المجال الكهربائي في كل منهما ماذا نستنتج ؟ فسر اجابتك .

(للأذكياء): ثلاث ألواح فلزية مشحونة ، إذا علمت أن المجال الكهربائي بين اللوحين (أ ، ب) يساوي (٢×١٠^{٢}) نيوتن/كولوم نحو الشرق ، تحرك جسيم كتلته (١) غم وشحنته (٢) ميكروكولوم ، من السكون من اللوح (أ) ومر عبر ثقب في اللوح (ب) ، وتوقف عندما وصل اللوح (هـ) ، فإذا استغرق الجسم (٦) ثواني لقطع المسافة من اللوح (أ) إلى اللوح (هـ) ، وبإهمال تأثير الجاذبية . احسب :

١) مقدار واتجاه المجال الكهربائي بين اللوحين (هـ ب) .

٢) مقدار المسافة بين اللوحين (هـ ب) .

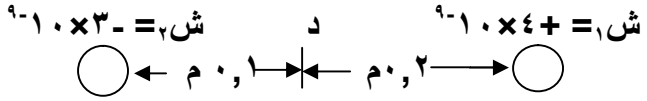


الحل :

ورقة عمل (١) 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 .

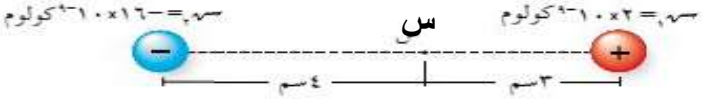


الجواب:(١٢×١٠^-٧ نيوتن ، ٣٦٠٠نيوتن/ كولوم نحو اليسار)

السؤال الثاني : يبين الشكل شحنتين نقطيتين موضوعتين في الهواء بالإعتماد على البيانات جد :

١) المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (س) .

٢) القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة (٣) بيكوكولوم توضع عند النقطة (س) مقداراً واتجاهاً .

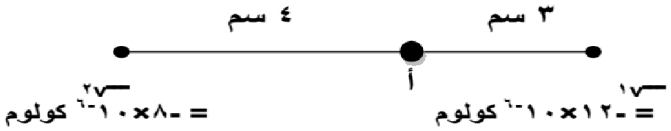


الجواب:(١١×١٠^٤ نيوتن/كولوم (- س) ، ٣٣×١٠^-٨ نيوتن - س)

السؤال الثالث : 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 .

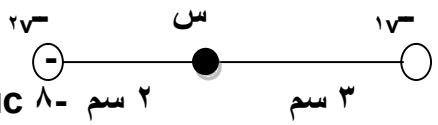
الجواب:(١٠,٨ نيوتن/كولوم ، وباتجاه ينصف الزاوية)

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



الجواب:(٢,٤٥×١٠^-٢ م)

السؤال الخامس : من الشكل جد مقدار ونوع الشحنة الأولى حتى تصبح قيمة المجال المحصل عند النقطة (س) قدره (٥٨×١٠^٧) نيوتن/كولوم واتجاهه نحو اليسار .



الجواب : (ـــ١= ٤٠×١٠^-٦ كولوم ، نوعها : موجبة) .

السؤال السادس : شحنتان كهربائيتان نقطيتان ش١ ، ش٢ =١٦×١٠^-٩ كولوم ، تفصلها عن بعضها مسافة (١) م ، إذا كانت نقطة انعدام المجال تبعد عن يمين الشحنة الأولى (٣) م للخارج على امتداد الخط الواصل بينهما ، احسب مقدار (ـــ١) وحدد نوعها .

الجواب : (ـــ١= ٩×١٠^-٩ كولوم ، نوعها : سالبة) .

السؤال السابع : مجال كهربائي منتظم قدره (١٠^٣) 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/ث^٢ ، ١٠^٣ ث ، ٥×١٠^٣ م) .

السؤال الثامن : جسيم كتلته (١) غم يحمل شحنة سالبة قدرها (-١٠) µc ، تحرك من السكون بتأثير مجال كهربائي منتظم مقداره (١×١٠^{٥}) نيوتن / كولوم مسافة (٢٠) سم احسب :

١) القوة الكهربائية التي يؤثر بها المجال في الجسيم .

٢) سرعة الجسيم النهائية .

الجواب : (١ نيوتن ، ٢٠ م/ث) .

السؤال التاسع : ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة :

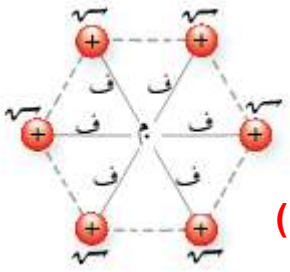
١) أي الشحنات التالية أنسب لتكون شحنة اختبار :

أ) ٨×١٠$^{-٩}$ كولوم ب) -٨×١٠$^{-٩}$ كولوم جـ) ٨ كولوم د) -٨ كولوم

٢) يبين الشكل الكتروناً وبروتوناً موضوعين على المحور السيني يكون اتجاه المجال الكهربائي المحصل عند النقطتين م ، ك على الترتيب :

أ) س- ، س+ ب) ص+ ، ص- جـ) س- ، س- د) س+ ، س-

* وزعت شحنات نقطية مقدار كل منها (ـ) على رؤوس مضلع سداسي كما في الشكل المجاور ، استعن بالشكل وأجب عن الفرعين (٢) و (٣) :



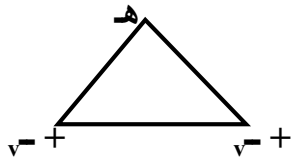
٣) قيمة المجال المحصل عند النقطة (م) هو :

أ) صفراً ب) ٥ × (أ ـ / ف^{٢}) جـ) ٦ × (أ ـ / ف^{٢}) د) (أ ـ / ف^{٢})

٤) لو أزلنا شحنة نقطية من الشكل فإن قيمة المجال المحصل عند النقطة (م) هو :

أ) صفراً ب) ٥ × (أ ـ / ف^{٢}) جـ) ٦ × (أ ـ / ف^{٢}) د) (أ ـ / ف^{٢})

٥) اتجاه المجال المحصل عند النقطة (هـ) من الشكل باتجاه :

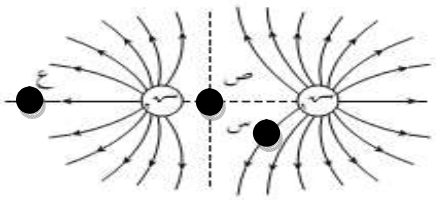


أ) + س ب) - ص جـ) + ص د) - س

٦) إذا علمت أن جسيم فقد (٢,٥×١٠^{١١}) الكترون فإن شحنة الجسم بالكولوم تكون :

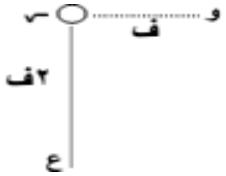
أ) ٤×١٠$^{-٨}$ ب) ٤٠٠×١٠$^{-٨}$ جـ) ٤×١٠$^{-١٩}$ د) ٤×١٠$^{-٢٠}$

٧) يبين الشكل خطوط المجال الكهربائي لشحنتين نقطيتين موجبتين ترتيب النقاط من الأعلى مجالاً إلى الأقل هو :



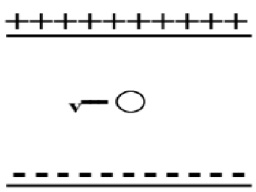
أ) ع ، س ، ص ب) س ، ع ، ص جـ) ص ، ع ، س د) س ، ص ، ع

٨) من الشكل إذا كان مقدار واتجاه المجال الكهربائي عند النقطة (و) هو (مـ ، +س) فإن مقدار واتجاه المجال الكهربائي عند النقطة (ع) هو :



أ) (١/٤ مـ ، - ص) ب) (٤ مـ ، + ص) جـ) (١/٤ مـ ، + ص) د) (٤ مـ ، - ص)

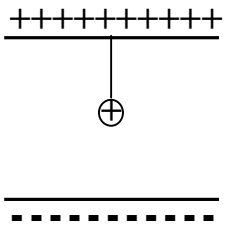
٩) اتزن جسيم مشحون في الحيز بين لوحين متوازيين كما في الشكل ، إذا قمنا بإنقاص شحنة كل صفيحة إلى نصف ما كانت عليه ، فإن نوع شحنة الجسيم وحالة الجسيم الحركية على الترتيب هي :



أ) سالبة ويبقى متزن ب) موجبة ويتحرك نحو (ص سالب)

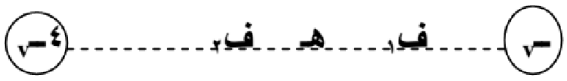
جـ) موجبة ويتحرك نحو (ص موجب) د) سالبة ويتحرك نحو (ص سالب)

١٠) لوحان معدنيان متوازيين بشكل أفقي ، علقت كتلة مقدارها (٢) غم ، إذا كانت قوة الشد في الخيط تساوي (٢٥×١٠^{-٣}) نيوتن ، إذا عكس اتجاه المجال بين اللوحين فإن قوة الشد بوحدة نيوتن تصبح :



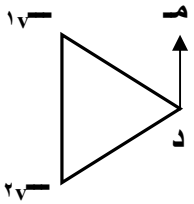
أ) ٢٥×١٠^{-٣} ب) ٢٠×١٠^{-٣} جـ) ١٥×١٠^{-٣} د) ٤٥×١٠^{-٣}

١١) إذا انعدم المجال عند النقطة (هـ) فإن النسبة (ف١ : ف٢) تساوي :



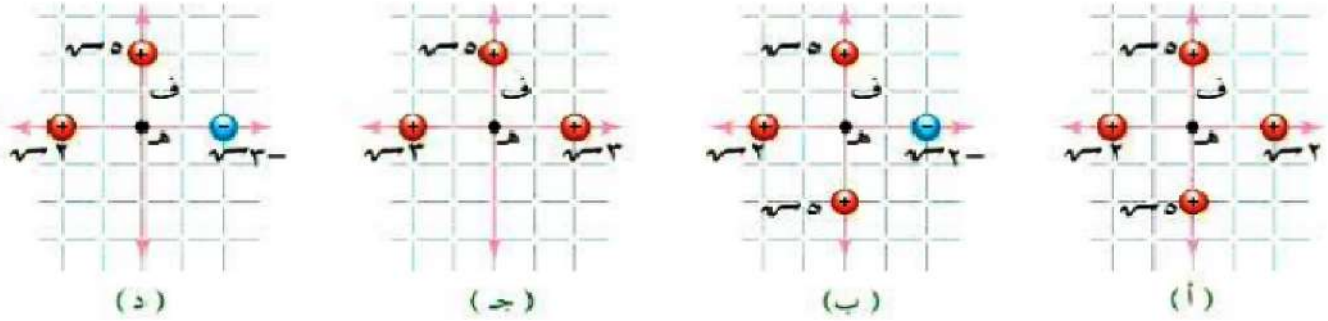
أ) ١:٢ ب) ٤:١ جـ) ٢:١ د) ١:٤

١٢) إذا كان اتجاه المجال المحصل عند النقطة (د) كما في الشكل فإن نوع الشحنتين (ـ١٧ ، ـ٢٧) على الترتيب :



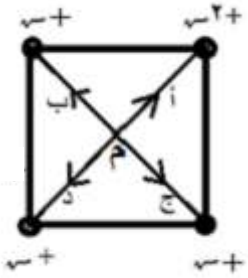
أ) (+ ، +) ب) (- ، +) جـ) (+ ، -) د) (- ، -)

١٣) الشكل الذي تكون فيه محصلة المجالات هند النقطة (هـ) صفراً هو :



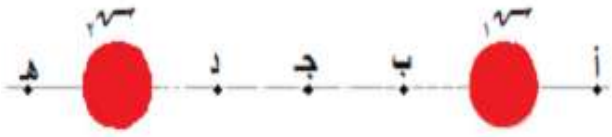
أ) أ ب) ب جـ) جـ د) د

١٤) من الشكل وضعت أربع شحنات على رؤوس مربع ، يكون اتجاه المجال الكهربائي المحصل عند النقطة م :



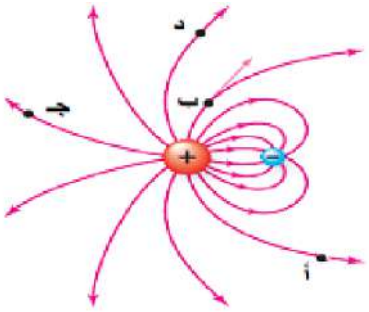
أ) أ ب) ب جـ) جـ د) د

١٥) شحنتان نقطيتان موضوعتان في الهواء ، وتفصلهما مسافة (ف) ، إذا علمت أن (ـ١٧ < ـ٢٧) فإن النقاط المحتمل أن تكون محصلة المجال الكهربائي عندهما تساوي صفراً :



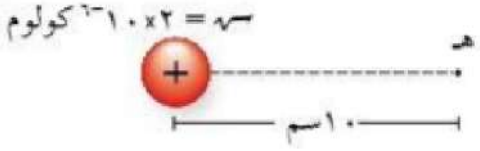
أ) (د ، هـ) ب) (أ ، ب)
جـ) (ب ، هـ) د) (جـ ، د)

١٦) يمثل الشكل خطوط مجال كهربائي لشحنتين نقطيتين مختلفتين ، النقاط التي تكون عندها قيمة المجال الكهربائي أكبر هي :



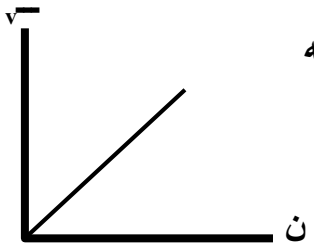
أ) أ　　ب) ب　　جـ) جـ　　د) د

١٧) من الشكل يكون مقدار واتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في إلكترون وضع عند النقطة (هـ) يساوي :



أ) ١,٦×١٠^-١٤ ، +س　　ب) ٢٨,٨×١٠^-١٤ ، - س
جـ) ٣,٢×١٠^-١٤ ، +س　　د) ٤,٨×١٠^-١٤ ، - س

١٨) يمثل الشكل العلاقة بين عدد الإلكترونات التي يكتسبها أو يفقدها جسيم ومقدار شحنته بالكولوم ، فإن مقدار ميل الخط المستقيم يمثل :

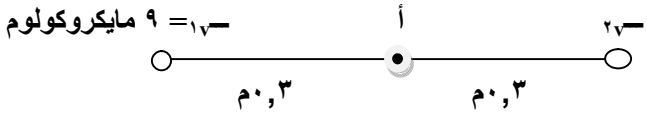


أ) مقلوب شحنة الإلكترون　　ب) ثابت كولوم
جـ) شحنة الإلكترون　　د) السماحية الكهربائية

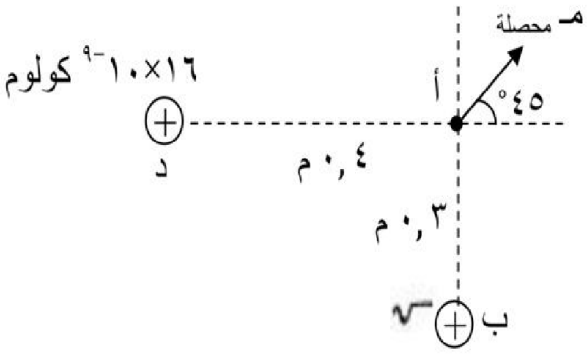
١	أ
٢	أ
٣	أ
٤	د
٥	د
٦	أ
٧	ب
٨	أ
٩	د
١٠	جـ
١١	جـ
١٢	جـ
١٣	أ
١٤	د
١٥	أ
١٦	ب
١٧	ب
١٨	جـ

ورقة عمل (٢) على المجال الكهربائي

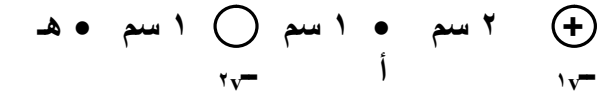
١) من الشكل إذا كان المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (أ) يساوي (٢٧×١٠^{٥}) نيوتن/كولوم باتجاه (ـ$_{١٧}$) جد مقدار ونوع (ـ$_{٢٧}$) .



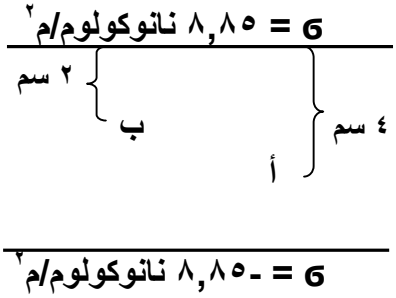
٢) بناءاً على الشكل وبياناته إذا كان المجال المحصل عند النقطة (أ) بالإتجاه الموضح بالشكل احسب مقدار الشحنة عند النقطة (ب) .



٣) من الشكل إذا كان المجال المحصل في (هـ) يساوي (٤٥×١٠^{٤}) نيوتن/كولوم ، - س . وكان المجال المحصل في النقطة (أ) يساوي صفراً ، جد مقدار الشحنتين .



٤) من الشكل إذا كان (ع = ٨,٨٥ × ١٠$^{-١٢}$ كولوم^{٢}/نيوتن.م^{٢}) جد :
١) قيمة المجال عند النقطة (أ) .
٢) إذا وضع جسيم مشحون كتلته (٤ × ١٠$^{-٤}$ كغم) عند النقطة (ب) حدد نوع ومقدار شحنته حتى يتزن .



٥) يبين الشكل المجاور مجالاً كهربائياً منتظماً ، دخل جسيم مشحون بشحنة مقدارها (-٢) ميكروكولوم إلى المجال الكهربائي بسرعة (٢٠٠) م/ث ، فتوقف بعد (١ × ١٠$^{-٣}$) ث عند النقطة (ب) . احسب المجال الكهربائي المنتظم
(علماً أن كتلة الجسيم المشحون = ٢ × ١٠$^{-٨}$ كغ)

٦) اختر الإجابة الصحيحة

١) جسم شحنته ($٣,٢ \times ١٠^{-١٩}$) كولوم فان هذا الجسم :
أ) فقد ٢ الكترون ب) كسب ٢ الكترون جـ) فقد ٣,٢ الكترون د) كسب ٣,٢ الكترون

٢) إحدى الشحنات التالية غير مكماة :
أ) $٣,٢ \times ١٠^{-١٩}$ ب) $١,٦ \times ١٠^{-١٩}$ جـ) ١×١٠^{-١٩} د) $٤,٨ \times ١٠^{-١٩}$

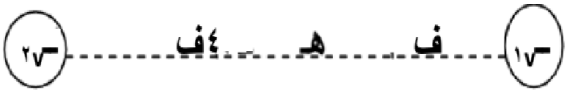
٣) الشحنة التي يمكن إهمال أبعادها إذا ما قورنت بشحنات أخرى :
أ) المكماة ب) المحفوظة جـ) النقطية د) السالبة

٤) مقدار القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين يعتمد على :
أ) مربع المسافة بين الشحنتين ب) مقدار الشحنتين جـ) الوسط الفاصل بينهما د) جميع ما ذكر

٥) يقاس ثابت السماحية بوحدة :
أ) نيوتن.م^{٢}/كولوم^{٢} ب) كولوم^{٢}.م/نيوتن جـ) كولوم^{٢}.نيوتن/م^{٢} د) كولوم^{٢}/نيوتن.م^{٢}

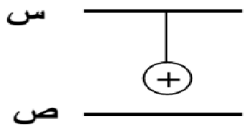
٦) يقاس ثابت كولوم (أ) بوحدة :
أ) نيوتن.م^{٢}/كولوم^{٢} ب) كولوم^{٢}.م/نيوتن جـ) كولوم^{٢}.نيوتن/م^{٢} د) كولوم^{٢}/نيوتن^{٢}.م^{٢}

٧) في الشكل المرفق إذا كانت (هـ) نقطة انعدام مجال فإن النسبة (ـــ١ : ـــ٢) تساوي :
أ) ١:٢ ب) ١:١٦ جـ) ٢:١ د) ١٦:١



٨) اذا تحرك بروتون والكترون بشكل حر في مجال كهربائي منتظم لنفس الفترة الزمنية فإنهما يتساويان في :
أ) المسافة التي يقطعانها ب) تسارعهما جـ) القوة الكهربائية المؤثرة عليهما د) سرعتهما النهائية

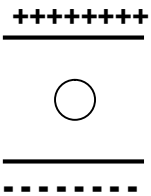
٩) في الشكل المجاور لزيادة قوة الشد في الخيط يجب أن تشحن الصفيحتان :
أ) بشحنتين موجبتين ب) بشحنتين سالبة
جـ) س موجبة وص سالبة د) ص موجبة وس سالبة



١٠) شحنتان احداهما (٤) أضعاف الأخرى ومتشابهتان المسافة بينهما (٩٠) سم ، يكون موقع نقطة انعدام المجال المحصل :
أ) (٣٠) سم عن الشحنة الصغرى ب) في منتصف المسافة
جـ) (٦٠) سم عن الشحنة الصغرى د) (٣٠) سم عن الشحنة الكبرى

١١) إذا كان المجال الناتج عن شحنة مقدارها (٢٠٠) نيوتن \كولوم ، فعندما تصبح الشحنة مثلي ما كانت عليه تصبح قيمة المجال الكهربائي :
أ) ١٠٠ نيوتن/كولوم ب) ٢٠٠ نيوتن/كولوم جـ) ٤٠٠ نيوتن/كولوم د) ٥٠ نيوتن/كولوم

١٢) اتزنت الكرة في مجال كهربائي منتظم كما في الشكل وعند تقليل مساحة الصفيحتين فإن شحنة الكرة واتجاه حركتها على التوالي :
أ) سالبة ، +ص ب) سالبة ، ـ ص جـ) موجبة ، +ص د) موجبة ، ـص

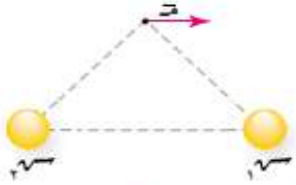


١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢
أ	جـ	جـ	د	د	أ	د	جـ	جـ	أ	جـ	أ

أسئلة الفصل الأول

١ ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

١ يبين الشكل (١-٢٢) اتجاه المجال الكهربائي المحصل عند نقطة تبعد عن الشحنتين (ش١، ش٢) المسافة نفسها. إذا علمت أن الشحنتين متساويتان في المقدار فإن:


الشكل (١-٢٢): سؤال (١) فقرة (١).

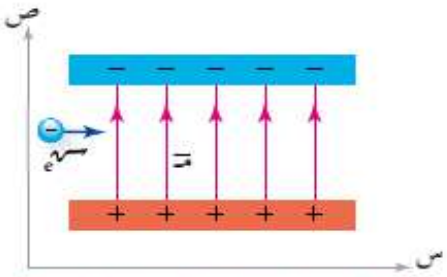
أ ش١ موجبة، ش٢ موجبة.
ب ش١ موجبة، ش٢ سالبة.
جـ ش١ سالبة، ش٢ موجبة.
د ش١ سالبة، ش٢ سالبة.

٢ يبين الشكل (١-٢٣) شحنة نقطية (ش) عند النقطة (أ) تولد حولها مجالًا كهربائيًا. عندما وضعت شحنة (-ش٠) عند النقطة (ب) تأثرت بقوة كهربائية باتجاه المحور السيني الموجب. يكون (اتجاه المجال الكهربائي عند النقطة (ب)، ونوع الشحنة الكهربائية (ش)) على الترتيب:

الشكل (١-٢٣): سؤال (١) فقرة (٢).

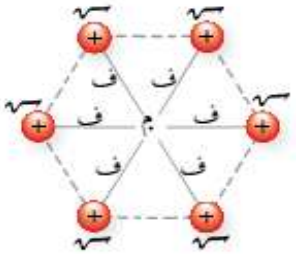
أ (+س، سالبة)
ب (+س، موجبة)
جـ (-س، سالبة)
د (-س، موجبة)

٣ عندما يدخل إلكترون متحركٌ بالاتجاه السيني الموجب إلى منطقة مجال كهربائي منتظم، كما يبين الشكل (١-٢٤)، فإن هذا الإلكترون يكتسب تسارعًا بالاتجاه:


الشكل (١-٢٤): سؤال (١) فقرة (٣).

أ الصادي الموجب
ب الصادي السالب
جـ السيني الموجب
د السيني السالب.

٤ وزعت شحنات نقطية مقدار كل منها (+ش) على رؤوس مضلع سداسي كما في الشكل (١-٢٥). إذا أزيلت شحنة نقطية واحدة فإن مقدار المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (م) يساوي:

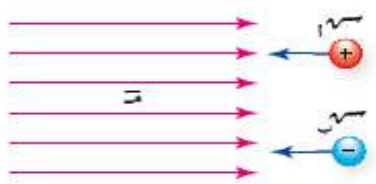

الشكل (١-٢٥): سؤال (١) فقرة (٤).

أ صفرًا
ب ٥×(أ ش/ف٢)
جـ ٦×(أ ش/ف٢)
د (أ ش/ف٢)

٥ ينشأ مجال كهربائي منتظم في الحيز بين صفيحتين موصلتين متوازيتين مشحونتين بشحنتين متساويتين في المقدار ومختلفتين في النوع. فإذا أصبحت مساحة الصفيحتين ضعفي ما كانت عليه وقلت الشحنة الكهربائية إلى النصف فإن المجال الكهربائي:

أ يقل إلى النصف
ب يتضاعف مرتين
جـ يقل إلى الربع
د يتضاعف أربع مرات.

٢ عند دخول الجسيمات المشحونة إلى مجال كهربائي فإنها تتأثر بقوة كهربائية، ويبين الشكل (١-٢٦) اتجاه الحركة لجسيمين (أ) موجب الشحنة و(ب) سالب الشحنة قبل دخولهما إلى مجال كهربائي منتظم. وضح لكل جسيم:

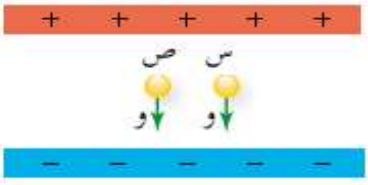


الشكل (١-٢٦): سؤال (٢).

أ اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة فيه في أثناء حركته في المجال الكهربائي.

ب أثر القوة الكهربائية في مقدار سرعة الجسيم.

٣ جسيمان (س)، و(ص) مشحونان ومتساويان في الوزن، وُضِعا ساكنين في مجال كهربائي منتظم كما يبين الشكل (١-٢٧)، ولوحظ أن الجسيم (س) بقي ساكنًا، بينما تحرك الجسيم (ص) باتجاه محور الصادات الموجب. أجب عما يأتي:

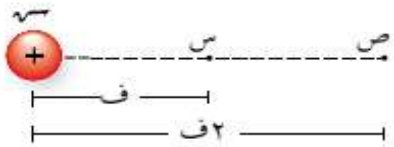


الشكل (١-٢٧): سؤال (٣).

أ ما نوع شحنة كل من الجسيمين؟

ب كيف تفسر اختلاف الحالة الحركية للجسمين (س) و (ص) بالرغم من أنهما متساويان في الوزن؟

٤ نقطتان (س، ص) تقعان في المجال الكهربائي لشحنة نقطية موجبة، كما يبين الشكل (١-٢٨)، وضعت شحنة مقدارها (١×١٠^{-٦}) كولوم عند النقطة (س) فتأثرت بقوة كهربائية مقدارها (٨×١٠^{-٣}) نيوتن. جد:

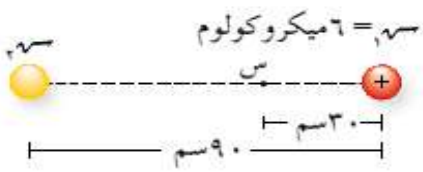


الشكل (١-٢٨): سؤال (٤).

أ المجال الكهربائي عند النقطة (س) مقدارًا واتجاهًا.

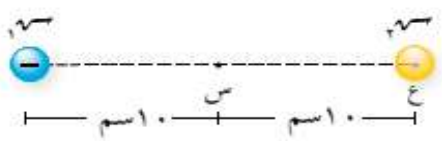
ب القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة نقطية مقدارها (-١×١٠^{-٦}) كولوم توضع عند النقطة (ص)، مقدارًا واتجاهًا.

٥ شحنتان نقطيتان (ش١، ش٢) موضوعتان في الهواء، والبعد بينهما (٩٠) سم، إذا علمت أن المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (س) يساوي صفرًا، ومعتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل (١-٢٩) فجد مقدار الشحنة (ش٢) ونوعها.



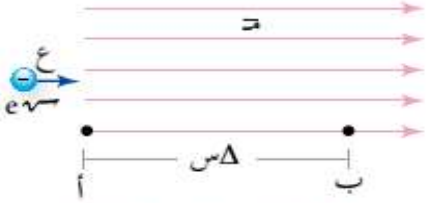
الشكل (١-٢٩): سؤال (٥).

٦ وضعت شحنة (ش١ = -٢×١٠^-٦) كولوم على بعد (١٠) سم من النقطة (س) كما في الشكل (١-٣٠). احسب مقدار الشحنة الكهربائية الواجب وضعها عند النقطة (ع)، وحدد نوعها، ليكون مقدار المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (س) مساويًا (٤٥×١٠^٥) نيوتن/ كولوم ويكون اتجاهه نحو النقطة (ع).



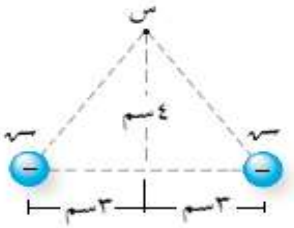
الشكل (١-٣٠): سؤال (٦).

٧ إلكترون يتحرك باتجاه المحور السيني الموجب بسرعة ($\frac{٨}{٣}$×١٠^٦) م/ث، أُدخل هذا الإلكترون مجالًا كهربائيًا منتظمًا مقداره (١×١٠^٣) نيوتن/كولوم، وبالاتجاه المبين في الشكل (١-٣١). إذا بدأ الإلكترون الحركة تحت تأثير المجال الكهربائي من النقطة (أ) وتوقف عند النقطة (ب) فاحسب الإزاحة التي قطعها.



الشكل (١-٣١): سؤال (٧).

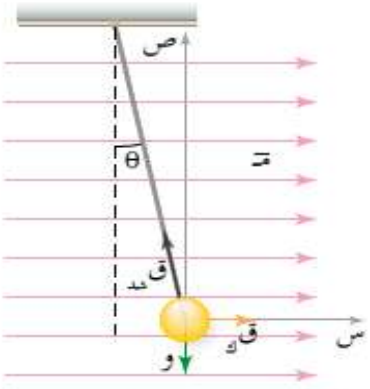
٨ شحنتان نقطيتان متماثلتان (ش = -٥×١٠^-٦) كولوم، موضوعتان في الهواء. معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل (١-٣٢)، احسب المجال الكهربائي عند النقطة (س) مقدارًا واتجاهًا.



الشكل (١-٣٢): سؤال (٨).

٩ كرة صغيرة مشحونة شحنتها (ش.)، ووزنها (و) علقت بخيط داخل مجال كهربائي منتظم، فاتزنت كما هو مبين في الشكل (١-٣٣)، أثبت أن مقدار المجال الكهربائي يعطى بالعلاقة:

$$م = \frac{و \ ظا\ \theta}{ش_{.}}$$



الشكل (١-٣٣): سؤال (٩).

الفصل الثاني / الجهد الكهربائي

في المجال الكهربائي أصطلح على أن اللانهاية (∞) هي النقطة المرجعية التي تكون عندها طاقة الوضع صفراً ، لاحظ من الشكل أننا نفترض أن الشحنة الكهربائية (ـــ٧.) في اللانهاية ، ولنقلها إلى نقطة ضمن المجال الكهربائي بسرعة ثابتة نؤثر فيها بقوة خارجية تساوي في المقدار وتعاكس في الإتجاه القوة الكهربائية ، وعندئذ تبذل القوة الخارجية شغلاً يختزن في الشحنة الكهربائية على شكل طاقة وضع كهربائية (ط$_{و}$) ، حيث تبقى طاقتها الحركية ثابتة (Δ ط$_{ح}$ = صفر) .

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

رياضياً

$$جـ = \frac{ط_{و}}{ـــ٧.}$$

* يقاس الجهد الكهربائي بوحدة **جول/كولوم وتسمى فولت** .

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

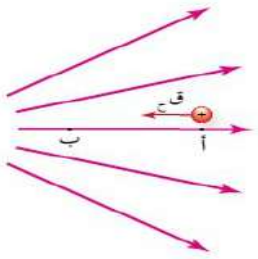
* ويتخذ الجهد الكهربائي عند نقطة ما قيمة محددة ، ولا يعتمد على (ـــ٧.) . فإذا تغيرت (ـــ٧.) فإن طاقة الوضع تتغير بحيث تبقى النسبة $\left(\frac{ط_{و}}{ـــ٧.}\right)$ ثابتة .

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

رياضياً

$$\Delta جـ = \frac{\Delta ط_{و}}{ـــ٧.}$$

* وشغل القوة الخارجية المبذول لنقل الشحنة (ـــ٧.) من النقط (أ) إلى النقطة (ب) ضمن مجال كهربائي بسرعة ثابتة يظهر على شكل زيادة في طاقة الوضع الكهربائية للشحنة أي أن :



$$ش_{خ\ أ\leftarrow ب} = \Delta ط_{و\ أ\ ب} = ـــ٧. \times (جـ_{نهائية} - جـ_{ابتدائية})$$

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

$$\Delta ط_{م} = \Delta ط_{و} + \Delta ط_{ح} = صفر$$
$$ش_{ك\ أ\leftarrow ب} = + \Delta ط_{ح} = - \Delta ط_{و} = - ـــ٧. \times (جـ_{نهائية} - جـ_{ابتدائية})$$

لاحظ أن :

١) فرق الجهد بين أ ، ب = جـ أ ب = جـ أ - جـ ب ، فرق الجهد بين ب ، أ = جـ ب أ = جـ ب - جـ أ

٢) التغير في فرق الجهد بين النقطتين أ ، ب هو : Δ جـ أ ب = جـ نهائية - جـ ابتدائية = جـ ب - جـ أ

٣) يمكن حساب الشغل بالعلاقة : ش = ق ك ف جتا θ = مـ ـر ف جتا θ .

٤) عندما تكون الإزاحة بنفس اتجاه القوة يكون الشغل موجب وعندما تكون الإزاحة عكس اتجاه القوة يكون الشغل سالب .

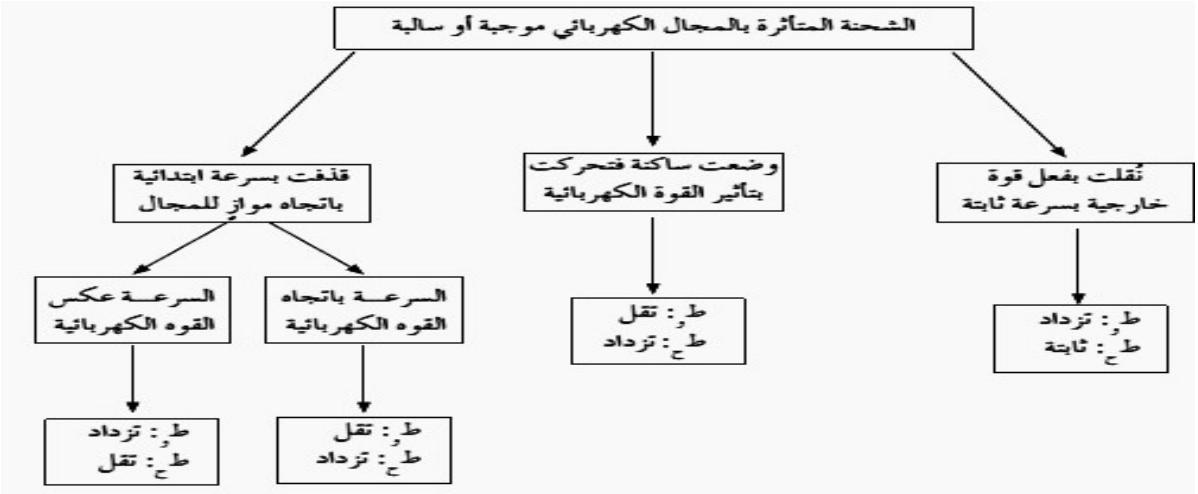
٥) يجوز تعويض الشحنات السالبة في قانون الشغل .

٦) عند حركة جسيم مشحون في مجال كهربائي بشكل حر فإنه يتحرك تحت تأثير القوة الكهربائية .

٧) إذا كان فرق الجهد بين نقطتين موجب هذا يعني أن جهد النقطة الأولى أعلى من جهد النقطة الثانية .

٨) إذا كان فرق الجهد بين نقطتين سالب هذا يعني أن جهد النقطة الأولى أقل من جهد النقطة الثانية .

٩) إذا كان فرق الجهد بين نقطتين صفراً هذا يعني أن جهد النقطة الأولى يساوي جهد النقطة الثانية .



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 (Δ ط ح = صفراً) .

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 و \ ـر) ثابتة . أما إذا تغيرت (ط و) للشحنة عند انتقالها من نقطة إلى أخرى ضمن المجال فهذا يعني أنه يوجد فرق في الجهد الكهربائي بين النقطتين .

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

جواب : عند وضع شحنة كهربائية قدرها (١) كولوم عند تلك النقطة ستختزن طاقة وضع كهربائية قدرها (٢) جول .

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

جواب : هذا يعني أنه عند زوال القوة الخارجية المؤثرة على الشحنة فإن هذه الشحنة ستخسر طاقة وضع مقدارها (٢) جول متحولة الى طاقة حركية .

سؤال : ماذا نعني بقولنا أن فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين يساوي (٢) فولت ؟

جواب : عند نقل شحنة كهربائية قدرها (١) كولوم بين النقطتين يلزمنا تغير في طاقة الوضع الكهربائية قدره (٢) جول .

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

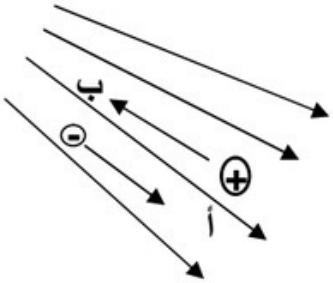
الحل :

١) (ط و)$_{أ}$ = ـــ$_{أ}$ × جـ$_{أ}$ = ٢×١٠$^{-٨}$ × ٥ = ١٠×١٠$^{-٨}$ جول .

٢) ش$_{خ\ أ \leftarrow ب}$ = ـــ$_{ق}$ (جـ$_{ب}$ – جـ$_{أ}$) = ٢×١٠$^{-٨}$ (١٢ - ٥) = ١٤×١٠$^{-٨}$ جول .

٣) Δط و$_{أ ب}$ = ش$_{خ\ أ \leftarrow ب}$ = +١٤×١٠$^{-٨}$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 :



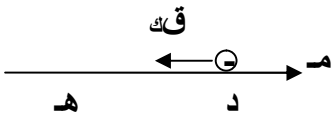
١) فرق الجهد بين النقطتين ب و أ .
٢) الشغل الذي تبذله قوة خارجية لنقل شحنة (-٢×١٠$^{-٩}$) كولوم من (ب) إلى (أ) بسرعة ثابتة .

الحل :

١) ش$_{خ\ أ \leftarrow ب}$ = ـــ$_{ق}$ (جـ$_{ب}$ - جـ$_{أ}$) ⟸ ١٤×١٠$^{-٩}$ = ٢×١٠$^{-٩}$ جـ$_{ب\ أ}$ ⟸ جـ$_{ب\ أ}$ = ٧ فولت

٢) ش$_{خ\ ب \leftarrow أ}$ = ـــ$_{ق}$ جـ$_{أ\ ب}$ = -٢×١٠$^{-٩}$× -٧ = ١٤×١٠$^{-٩}$ جول

مثال (٣) : 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$_{دهـ}$ = جـ$_{د}$ - جـ$_{هـ}$ ⟸ -٤ = جـ$_{د}$ - ٨ ⟸ جـ$_{د}$ = ٤ فولت

ش$_{خ\ ∞ \leftarrow د}$ = ـــ$_{ق}$ (جـ$_{د}$ - جـ$_{∞}$) = ١٠×١,٦$^{-١٩}$×(٤ - ٠) = ١٠×٦,٤$^{-١٩}$ جول

٢) ش$_{ك\ د \leftarrow هـ}$ = - ـــ$_{ق}$ × جـ$_{هـ د}$ = - -١٠×١,٦$^{-١٩}$ × ٤ = ١٠×٦,٤$^{-١٩}$ جول

٣) Δط$_{بروتون}$ = ش$_{∞ \leftarrow د}$ = ١٠×٦,٤$^{-١٩}$ جول

Δط$_{الكترون}$ = - ش$_{د \leftarrow هـ}$ = - ١٠×٦,٤$^{-١٩}$ جول

مثال (٤) : تحرك بروتون في مجال كهربائي تحت تأثير القوة الكهربائية من النقطة (س) إلى النقطة (ص) فإذا بذلت القوة الكهربائية شغلاً (٨×١٠$^{-١٩}$) جول ، فاحسب فرق الجهد (جـ$_{ص\ س}$) .

الحل :

ش$_{ك\ س \leftarrow ص}$ = - ـــ$_{ق}$ × جـ$_{ص\ س}$

٨×١٠$^{-١٩}$ = - ١٠×١,٦$^{-١٩}$ × جـ$_{ص\ س}$

$$جـ_{ص\ س} = \frac{٨\times١٠^{-١٩}}{-١٠\times١,٦^{-١٩}} = -٥ \text{ فولت}$$

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

مثال (٥) : انتقلت شحنة كهربائية موجبة مقدارها (١) ميكروكولوم بين نقطتين في مجال كهربائي مما أدى إلى زيادة في الطاقة الحركية للشحنة بين النقطتين قدرها (٥٠×١٠^{-٦}) جول ، فإذا كان جهد النقطة الأولى (٨٠) فولت احسب جهد النقطة الثانية .

الحل :

$\Delta ط_ح = -\Delta ط_و = - ش$ (جـ$_{نهائية}$ - جـ$_{ابتدائية}$)

$٥٠ \times ١٠^{-٦} = - ١ \times ١٠^{-٦}$ (جـ$_ب$ - ٨٠)

- ٥٠ = جـ$_ب$ - ٨٠ ومنها جـ$_ب$ = ٣٠ فولت

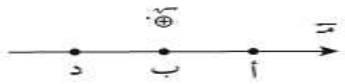
مثال (٦) : وضع بروتون في مجال كهربائي فبذلت القوة الكهربائية شغلاً عليه مقداره (١٢٨×١٠^{-١٩}) جول ، لينتقل من النقطة (أ) التي جهدها يساوي (٥٠) فولت ، إلى النقطة (ب) ، احسب :

١) جهد النقطة (ب) .

٢) التغير في طاقة وضع البروتون عند انتقاله من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) .

الحل :

مثال (٧) : ثلاث نقاط (أ ، ب ، د) تقع في مجال كهربائي اتجاهه كما في الشكل. حدّد القوى المؤثرة في الشحنة ($ش$)، وإشارة الشغل لكل قوة في الحالات الآتية:



١) نقل الشحنة من (ب) إلى (د) بسرعة ثابتة.

٢) انتقال الشحنة من السكون من (ب) إلى (أ) بتأثير القوة الكهربائية فقط.

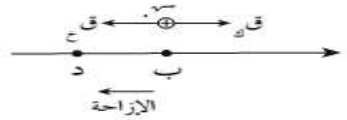
٣) نقل الشحنة من (ب) إلى (أ) بسرعة ثابتة.

الحل

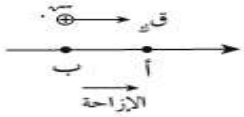
١) تتأثّر الشحنة بقوتين:

($ق_ع$) مع اتجاه الإزاحة، شغلها موجب.

($ق_و$) عكس اتجاه الإزاحة، شغلها سالب.

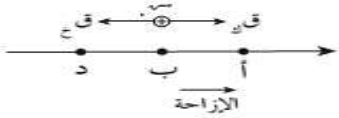


٢) تتأثّر الشحنة فقط بقوة كهربائية مع اتجاه الإزاحة، شغلها موجب.



٣) شغل($ق_و$) موجب ⟸ لأنه مع اتجاه الإزاحة.

شغل($ق_ع$) سالب ⟸ لأنه عكس اتجاه الإزاحة.



الجهد الكهربائي الناشيء عن شحنة نقطية

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

١) مقدار الشحنه المولدة (التناسب طردي) .
٢) نوع الشحنة المولدة .
٣) بعد النقطة عن الشحنة المولدة (التناسب عكسي) .
٤) السماحية الكهربائية (والتناسب عكسي) .

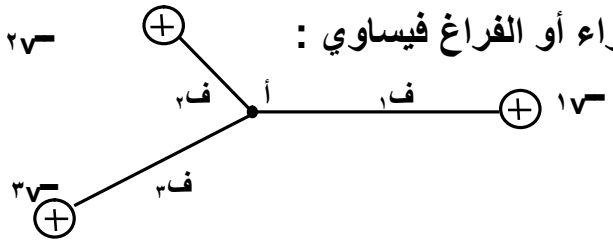
* وعليه يعطى الجهد الناشيء عن شحنة نقطية عند نقطة تبعد مسافة (ف) عنها يعطى بالعلاقة :

$$جـ = أ \frac{ـــ ـــ}{ف}$$

وعندما يكون الوسط هو الهواء أو الفراغ فإن :

$$جـ = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ـــ ـــ}{ف}$$

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



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

* 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 .
* النقطة التي تكون محصلة الجهود عندها صفراً تكون بين و خارج الشحنتين المختلفتين وأقرب للشحنة الأصغر .
* الشحنات المتشابهة ليس لها نقطة تكون محصلة الجهود عندها صفراً .

مثال (١) : شحنتان نقطيتان $-_{١٧}$ = ١٥ µc ، $-_{٢٧}$ = - ٥ µc 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) $جـ = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{-_{١٧}}{ف_{١}} + \frac{-_{٢٧}}{ف_{٢}} \right)$

$= ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{١٥ \times ١٠^{-٦}}{٥ \times ١٠^{-٢}} + \frac{-٥ \times ١٠^{-٦}}{٥ \times ١٠^{-٢}} \right)$

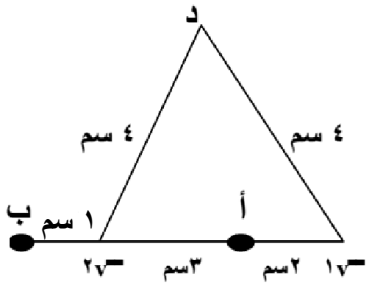
$= ١٨ \times ١٠^{٥}$ فولت

٢) $جـ = ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{-_{١٧}}{ف_{١}} + \frac{-_{٢٧}}{ف_{٢}} \right)$

$= ٩ \times ١٠^{٩} \left(\frac{١٥ \times ١٠^{-٦}}{٩ \times ١٠^{-٢}} + \frac{-٥ \times ١٠^{-٦}}{٦ \times ١٠^{-٢}} \right)$

$= ٧,٥ \times ١٠^{٥}$ فولت

مثال (٢) : شحنتان نقطيتان الأولى (١٢) µc ، والثانية (-٨) µc موضوعتان في الهواء وتبعدان عن بعضهما مسافة (٥) سم ، احسب :
١) فرق الجهد الكهربائي بين النقاط أ و ب المبينة في الشكل .
٢) شغل (قخ) اللازم لنقل شحنة (٣) ميكروكولوم من النقطة (د) إلى النقطة (أ) .

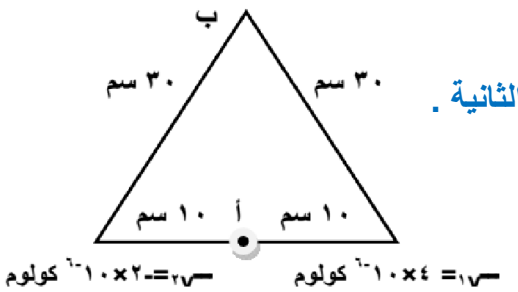


الحل :

مثال (٣) : 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) $جـ_{أ} = ٩×١٠^{٩} \left(\frac{ش_{١}}{ف_{١}} + \frac{ش_{٢}}{ف_{٢}}\right)$

$= ٩×١٠^{٩} \left(\frac{٤×١٠^{-٦} - ٢×١٠^{-٦}}{١٠×١٠^{-٢}}\right)$

$= ١٨×١٠^{٤}$ فولت

٢) $جـ_{ب} = ٩×١٠^{٩} \left(\frac{ش_{١}}{ف_{١}} + \frac{ش_{٢}}{ف_{٢}}\right)$

$= ٩×١٠^{٩} \left(\frac{٤×١٠^{-٦} - ٢×١٠^{-٦}}{٣٠×١٠^{-٢}}\right) = ٦×١٠^{٤}$ فولت

٣) $ط_{و_{١}} = ٩×١٠^{٩} \frac{ش_{١} × ش_{٢}}{ف}$

$= \frac{٩×١٠^{٩} × ٤×١٠^{-٦} × -٢×١٠^{-٦}}{٢٠×١٠^{-٢}}$

$= -٣٦×١٠^{-٢}$ جول

٤) $ط_{و_{١}} = ط_{و_{٢}} = -٣٦×١٠^{-٢}$ جول

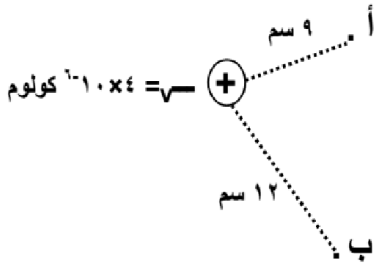
مثال (٤) : بالاعتماد على البيانات المثبتة على الشكل احسب :

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

٤) $جـ_{أ}$ ٥) $\Delta جـ_{أ}$ 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) $جـ_{أ} = ٩×١٠^{٩} \frac{ش}{ف}$

$= \frac{٩×١٠^{٩} × ٤×١٠^{-٦}}{٩×١٠^{-٢}} = ٤×١٠^{٥}$ فولت

٢) $جـ_{ب} = ٩×١٠^{٩} \frac{ش}{ف}$

$= \frac{٩×١٠^{٩} × ٤×١٠^{-٦}}{١٢×١٠^{-٢}} = ٣×١٠^{٥}$ فولت

٣) $جـ_{أب} = جـ_{أ} - جـ_{ب} = ٤×١٠^{٥} - ٣×١٠^{٥}$

$= ١×١٠^{٥}$ فولت

٤) $جـ_{ب أ} = - جـ_{أب} = -١×١٠^{٥}$ فولت

٥) $\Delta جـ_{ب أ} = جـ_{أب} = ١×١٠^{٥}$ فولت

٦) $(ط_{و})_{أ} = ش_{أ} × جـ_{أ} = -١,٦×١٠^{-١٩} × ٤×١٠^{٥}$

$= -٦,٤×١٠^{-١٤}$ جول

٧) $\Delta ط_{و_{أب}} = ش_{ب} × \Delta جـ_{أ}$

$= -١,٦×١٠^{-١٩} × -١×١٠^{٥}$

$= ١,٦×١٠^{-١٤}$ جول

٨) $ش_{خ أ \leftarrow ب} = \Delta ط_{و_{أب}} = ١,٦×١٠^{-١٤}$ جول

مثال (٥) : بالاعتماد على الشكل وإذا كان الجهد الكهربائي في النقطة (هـ) يساوي صفراً ، احسب :
١) مقدار ونوع الشحنة ($-_{٢}$).
٢) المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) .

$-_{١}$ = -١,٢×١٠$^{-٩}$ كولوم — هـ — $-_{٢}$ = ؟
٠,٢ م — ٠,٣ م

الحل :

١) $جـ_{١} + جـ_{٢}$ = صفر

$\frac{٩×١٠ \; -_{١٧}}{ف_{١}} + \frac{٩×١٠ \; -_{٢٧}}{ف_{٢}}$ = صفر

$\frac{-١,٢×١٠^{-٩}}{٠,٢} + \frac{-_{٢٧}}{٠,٣}$ = صفر

$-_{٢٧}$ = ١,٨×١٠$^{-٩}$ كولوم

٢) $مـ_{هـ} = مـ_{١} + مـ_{٢}$

$= ٩×١٠^{٩} \left(\frac{-_{١٧}}{ف_{١}^{٢}} + \frac{-_{٢٧}}{ف_{٢}^{٢}}\right)$

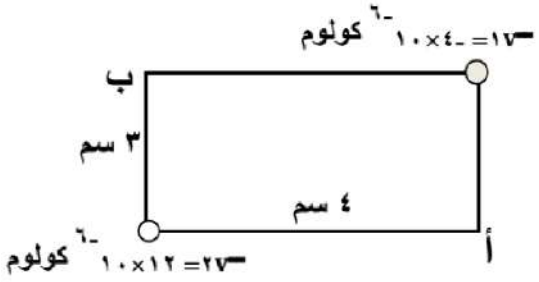
$= ٩×١٠^{٩} \left(\frac{١,٢×١٠^{-٩}}{٠,٠٤} + \frac{١,٨×١٠^{-٩}}{٠,٠٩}\right)$

$= ٩×١٠^{٩} \left(٣٠×١٠^{-٩} + ٢٠×١٠^{-٩}\right)$

= ٤٥٠ نيوتن/كولوم (نحو اليمين)

لاحظ أن النقطة التي تكون محصلة الجهود عندها صفراً ليس بالضرورة أن تكون نقطة انعدام المجال الكهربائي .

مثال (٦) : 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) $جـ_{أ} = ٩×١٠^{٩} \left(\frac{-_{١٧}}{ف_{١}} + \frac{-_{٢٧}}{ف_{٢}}\right)$

$= ٩×١٠^{٩} \left(\frac{-٤×١٠^{-٦}}{٣×١٠^{-٢}} + \frac{١٢×١٠^{-٦}}{٤×١٠^{-٢}}\right)$

= ١٥×١٠^{٥} فولت

$جـ_{ب} = ٩×١٠^{٩} \left(\frac{-٤×١٠^{-٦}}{٤×١٠^{-٢}} + \frac{١٢×١٠^{-٦}}{٣×١٠^{-٢}}\right)$

= ٢٧×١٠^{٥} فولت

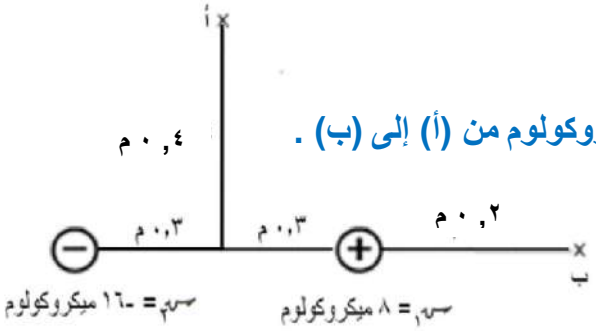
$ش_{أب} = -_{ب} \times \Delta جـ_{أب}$

$= ١×١٠^{-٦} (-٢٧ ١٥)×١٠^{٥}$ = ١,٢ جول

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

مثال (٧) : اعتماداً على الشكل ، احسب :

١) فرق الجهد بين النقطتين أ، ب .
٢) شغل القوة الخارجية المبذول لنقل شحنة ثالثة مقدارها (١٠) ميكروكولوم من (أ) إلى (ب) .



الحل :

١) ف = $\sqrt{٠,٠٩ + ٠,١٦}$ = ٠,٥ م

جـ أ = ٩×١٠٩ ($\frac{س_{١}}{ف_{١}}$ + $\frac{س_{٢}}{ف_{٢}}$)

= ٩×١٠٩ ($\frac{٨ \times ١٠^{-٦} - ١٦ \times ١٠^{-٦}}{٠,٥}$)

= -١٤٤×١٠٣ فولت

جـ ب = ٩×١٠٩ ($\frac{س_{١}}{ف_{١}}$ + $\frac{س_{٢}}{ف_{٢}}$)

= ٩×١٠٩ ($\frac{٨ \times ١٠^{-٦}}{٠,٢}$ - $\frac{١٦ \times ١٠^{-٦}}{٠,٨}$)

= ١٨٠×١٠٣ فولت

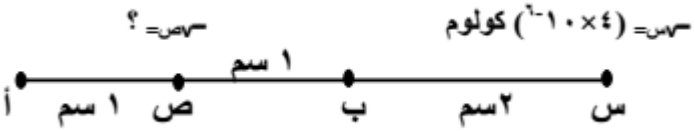
جـ أب = جـ أ - جـ ب = -١٤٤×١٠٣ - ١٨٠×١٠٣ = -٣٢٤×١٠٣ فولت

٢) ش أب = س × Δ جـ أب

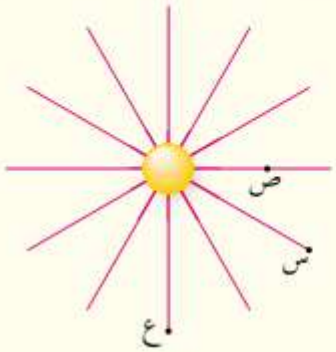
= ١٠×١٠-٦ × ٣٢٤×١٠٣ = ٣٢٤×١٠-٢ جول

مثال (٨) : في الرسم المبين على فرض أن الشحنتين هما شحنتان نقطيتان في الهواء والجهد الكهربائي المحصل عند النقطة (أ) يساوي (-٩×١٠٩) فولت ، احسب المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (ب) مقداراً واتجاهاً .

الحل :



مثال (٩) : يبين الشكل (٢-١١) ثلاث نقاط (س، ص، ع) تقع ضمن المجال الكهربائي لشحنة نقطية، بُعد النقطة (س) عن الشحنة يساوي بُعد النقطة (ع). و(جـ$_{س ص}$ = ٣ فولت). أجب عما يأتي:



أ) أي النقطتين (س، ص) يكون الجهد عندها أعلى؟

ب) ما نوع الشحنة المولدة للمجال الكهربائي؟

جـ) حدد اتجاه المجال الكهربائي.

د) قارن بين (جـ$_{س ص}$) و(جـ$_{ص ع}$).

الحل :

مثال (١٠) : يبين الشكل المجاور نقطة (س) تقع على الخط الواصل بين شحنتين نقطيتين، إذا كانت (ـــ$_{هـ١}$) موجبة و(جـ$_{س}$ = صفر). فأجب عما يأتي:

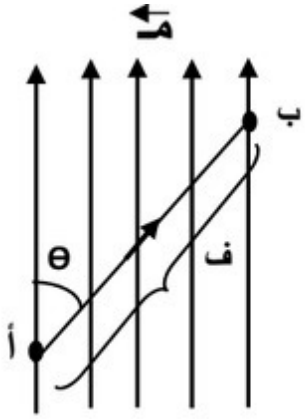
أ) ما نوع الشحنة (ـــ$_{هـ٢}$)؟

ب) أيهما أكبر مقدارًا (ـــ$_{هـ١}$) أم (ـــ$_{هـ٢}$)؟

الحل :

فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم

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



ش ك أ ← ب = ق . ف أ ب جتا θ = مـ ـــ ر . ف أ ب جتا θ

ش ك أ ← ب = - ـــ ر (جـ ب - جـ أ) = ـــ ر (جـ أ - جـ ب)

ـــ ر (جـ أ - جـ ب) = مـ ـــ ر . ف أ ب جتا θ

$$جـ_{أ ب} = مـ \, ف_{أ ب} \, جتا\theta$$

حيث :

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

ف : البعد بين النقطتين أ ، ب

(θ) : الزاوية بين خطوط المجال والمسافة .

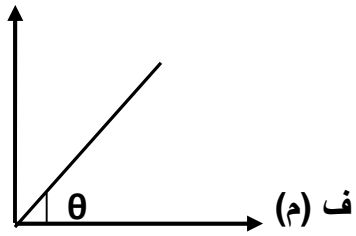
$$جـ_{لوحين} = مـ \, ف$$

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) فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم لا يعتمد على المسار لأن القوة الكهربائية قوة محافظة وشغلها لا يعتمد على المسار .

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



$$مـ = \text{ميل الخط المستقيم} = ظا\theta = \frac{جـ}{ف}$$

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

جواب :

Δ جـ = مـ ف

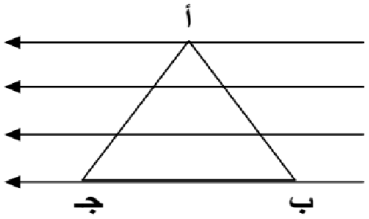
$$مـ = \frac{\Delta جـ}{ف} = \text{فولت/م}$$

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

$$\text{فولت} = \frac{\text{جول}}{\text{كولوم}}$$

جول = نيوتن . م

مثال (١) : 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 :

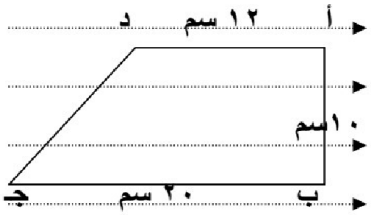


١) شغل القوة الخارجية اللازم لنقل الشحنة من (أ) إلى (ب) .
٢) شغل القوة الكهربائية اللازم لنقل الشحنة من (ب) إلى (جـ) .
٣) شغل القوة الكهربائية اللازم لنقل الشحنة من (أ) إلى (جـ) .

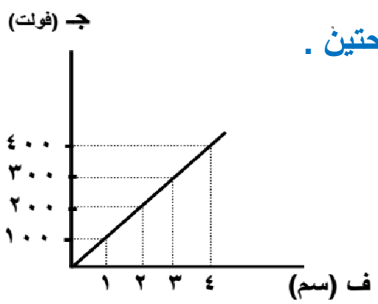
الحل :

مثال (٢) : في الشكل مجال منتظم شدته (١٠٠) فولت/م احسب شغل القوة الخارجية المبذول في نقل شحنة كهربائية قدرها (٢) ميكروكولوم عبر المسار (أ ← د ← جـ) بسرعة ثابتة .

الحل :



مثال (٣) : 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) المجال الكهربائي .
٢) فرق الجهد بين الصفيحتين .

الحل :

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

٢) جـ = مـ ف جتا$\theta = ١ \times ١٠^{٤} \times ٥ \times ١٠^{-٢} \times$ جتا٠ = ٥٠٠ فولت

مثال (٤) : تحرك بروتون شحنته ($-ش$) ، 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 :

$$ع = \sqrt{\frac{٢ - ش جـ}{ك}}$$

الحل :

$ش_{ك\ أ \leftarrow ب} = - - ش (جـ_ب - جـ_أ)$

ولأن النظام محافظ فإن $ش_ك = \Delta$ طح $_{أ ب}$ = طح $_ب$ - طح $_أ$

$- - ش (جـ_ب - جـ_أ) =$ طح $_ب - ٠$

وبتعويض طح $= \frac{١}{٢} ك ع^٢$

$ش (جـ_أ - جـ_ب) = \frac{١}{٢} ك ع^٢$

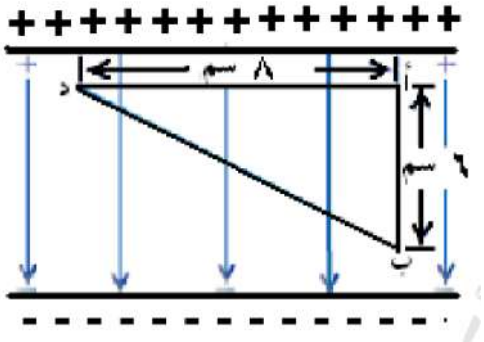
$$ع^٢ = \frac{٢ - ش جـ_{أ ب}}{ك}$$

$$ع = \sqrt{\frac{٢ - ش جـ}{ك}}$$ وهو المطلوب

مثال (٥) : 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) شغل القوة الكهربائية اللازم لنقل الشحنة من النقطة (ب) إلى النقطة (د) .



الحل :

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

$ق = م \times ش = ١١ \times ١٠^٢ \times ٢ \times ١٠^{-٦} = ٢٢ \times ١٠^{-٤}$ نيوتن

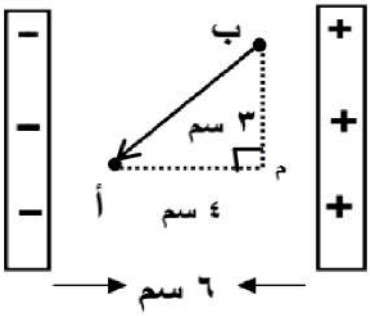
٢) $جـ_{د ب} = جـ_د + جـ_{أ ب}$

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

$ش_{ك\ ب \leftarrow د} = - - ش \times جـ_{د ب} = ٢ \times ١٠^{-٦} \times ٦٦ = ١٣٢ \times ١٠^{-٦}$ جول

مثال (٦) : يوضح الشكل لوحان متوازيان مشحونان بشحنتين مختلفتين إذا كان شغل القوة الخارجية اللازم لنقل شحنة مقدارها (٢) ميكروكولوم من (أ) إلى (ب) يساوي (٢٤٠×١٠^{-٦}) جول ، احسب :

١) المجال الكهربائي المنتظم بين اللوحين . ٢) فرق الجهد بين اللوحين .



الحل :

١) $ش_{أ ب} = - - ش \times جـ_{ب أ}$

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

$جـ_{ب أ} = ١٢٠$ فولت

$جـ_{ب أ} = جـ_{ب م} + جـ_{م أ}$

$١٢٠ =$ صفر $+ م ف$ جتاθ

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

$م = ٣ \times ١٠^٣$ نيوتن/كولوم

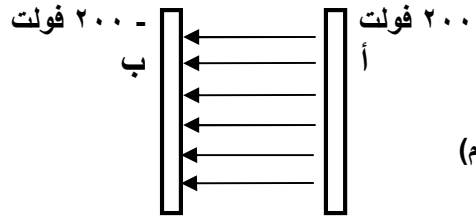
٢) $جـ = م ف$ جتا$\theta = ٣ \times ١٠^٣ \times ٦ \times ١٠^{-٢} \times$ جتا٠

$= ١٨٠$ فولت

مثال (٧) : 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 في منتصف المسافة 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 = جـ / ف = (٢٠٠ - - ٢٠٠) / ٤ × ١٠^-٢ = ١ × ١٠^٤ نيوتن/كولوم

٢) Δطـ و أب = - شـ × جـ أ = - ١,٦ × ١٠^-١٩ × - ٤٠٠
= ٦٤ × ١٠^-١٨ جول

٣) Δطـ ح = ١/٢ ك Δع^٢

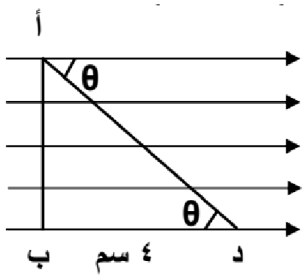
١/٢ × ١,٦٧ × ١٠^-٢٧ × (ع^٢ ٢ - ٠) = ٦٤ × ١٠^-١٨

ع ٢ ≈ ٢٧,٧ × ١٠^٤ م/ث

مثال (٨) : 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) شغل القوة الكهربائية اللازم لنقل شحنة (٢ × ١٠^-٦) كولوم من (أ) إلى (د) .
٢) عند أي نقطتين يكون الجهد متساوي .



الحل :

١) جـ دأ = جـ د ب + جـ ب أ = مـ ف جتا θ + صفر
= ١٠٠٠ × ٤ × ١٠^-٢ × جتا ١٨٠ = - ٤٠ فولت

ش أ د = - شـ و × جـ دأ = - ٢ × ١٠^-٦ × - ٤٠
= ٨ × ١٠^-٥ جول

٢) النقطتين أ ، ب

مثال (٩) : تحرك جسيم شحنته (٢ × ١٠^-٤) كولوم ، وكتلته (٤ × ١٠^-١٢) كغم من السكون ، من اللوح الموجب (أ) إلى اللوح السالب (ب) 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) جـ ب أ .
٢) القوة الكهربائية المؤثرة في الجسيم أثناء حركته .

الحل :

١) Δطـ ح = ١/٢ ك Δع^٢

Δطـ ح = ١/٢ × ٤ × ١٠^-١٢ × (١٦ × ١٠^٨ - ٠)

Δطـ ح = ٣٢ × ١٠^-٤ جول

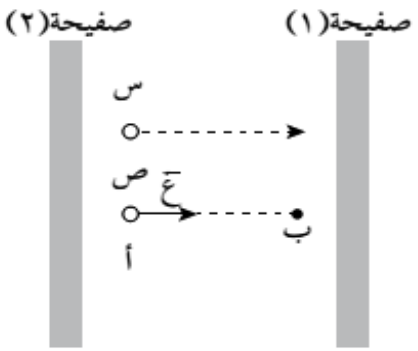
Δطـ و = شـ و × جـ ب أ ⟸ - ٣٢ × ١٠^-٤ = ٢ × ١٠^-٤ × جـ ب أ

جـ ب أ = - ١٦ فولت

٢) مـ = جـ أب / ف = ١٦ / ١ × ١٠^-٢ = ١٦ × ١٠^٢ فولت/م

قك = مـ × شـ = ١٦ × ١٠^٢ × ٢ × ١٠^-٤
= ٣٢ × ١٠^-٢ نيوتن

مثال (١٠) : يبيّن الشكل صفيحتين فلزيتين مشحونتين بشحنتين متساويتين في المقدار ومختلفتين في النوع. لتحديد اتجاه المجال الكهربائي في الحيز بين الصفيحتين، أدخل إلى المجال جسيم (س) كتلته (ك) وشحنته (− ش) فتحرك من السكون بالاتجاه المبيّن في الشكل. ثم أُدخل إلى المجال جسيم (ص) مساوٍ للجسيم (س) في الكتلة ومقدار الشحنة، وبسرعة ابتدائية (ع) فأكمل حركته بالاتجاه المبيّن في الشكل وتوقف عند النقطة (ب).



١- حدّد اتجاه المجال ونوع الشحنة على كل صفيحة

٢- أيهما أعلى جهدًا النقطة (أ)، أم النقطة (ب)؟

٣- ما نوع شحنة الجسيم (ص)؟

٤- قارن بين تسارع كل من الجسيمين (س، ص) من حيث: المقدار والاتجاه.

٥- إذا تضاعفت مساحة الصفيحتين مع بقاء البعد بينهما ثابتًا، وكذلك مقدار ونوع الشحنة على كل من الصفيحتين، بيّن أثر ذلك في كل من:

أ) فرق الجهد بين الصفيحتين

ب) الإزاحة التي يقطعها الجسيم (ص) قبل أن يتوقف.

الحل :

١- اتجاه المجال (−س)، الصفيحة (١) موجبة، الصفيحة (٢) سالبة.

٢- جـ ب > جـ أ لأن (ب) أقرب إلى الصفيحة الموجبة.

٣- بما أن الجسيم (ص) توقف عند (ب)، إذن ($ق_ص$) عكس اتجاه (ع) أي باتجاه (−س) أي مع اتجاه المجال ⟵ شحنة (ص) : موجبة.

٤- $ت = \frac{م_س ش}{ك}$ الجسيمان لهما الكتلة والشحنة نفسها فلهما مقدار التسارع نفسه. واتجاه ($ت_ص$) عكس اتجاه ($ت_س$)؛ لأن اتجاه التسارع مع اتجاه القوه الكهربائية.

٥-

أ) $جـ = م_ف = \frac{\sigma_ف}{\varepsilon_0} = \frac{ش}{٤\pi\varepsilon_0}$ ف ⟵ بثبوت الشحنة والبعد بين الصفيحتين؛ فإن فرق الجهد يقل إلى النصف، عند مضاعفة المساحة.

ب) الإزاحة تُحسب من العلاقة:

$ع_٢^٢ = ع_١^٢ + ٢ ت \Delta س$

صفر $= ع_١^٢ - ٢ ت \Delta س$ (التسارع إشارته سالبة لأنه عكس اتجاه الحركة).

$\Delta س = \frac{ع_١^٢}{٢ ت} = \frac{ع_١^٢}{٢ \frac{م_س ش}{ك}}$

$\Delta س = \frac{ع_١^٢ ك}{٢ م_س ش}$

∴ المجال قل إلى النصف؛ فتزداد الإزاحة.

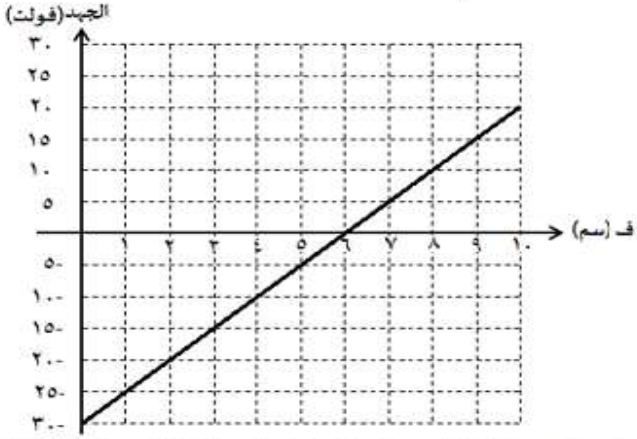
مثال (١١) : الشكل البياني المجاور يمثل تغير الجهد مع المسافة عند الحركة في مجال منتظم من الصفيحة السالبة إلى الصفيحة الموجبة

أدرس الشكل وأجب عن الأسئلة التي تليه :

١ ما هو مقدار فرق الجهد بين الصفيحتين

٢ أحسب مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين

٣ إذا قمنا بنقل شحنة مقدارها (٥ ميكروكولوم) من نقطة تبعد (٣سم) من الصفيحة السالبة إلى نقطة أخرى تبعد (٩ سم) عن الصفيحة السالبة أحسب مقدار الشغل المبذول في نقل الشحنة



العلاقة بين الجهد والمسافة بين صفيحتين مشحونتين المسافة بينهما (١٠ سم)

الحـــــل:

١) مقدار فرق الجهد بين الصفيحتين = (٢٠-) - (٣٠-) = ٥٠ فولت

٢) مقدار المجال = $\frac{\text{جـ}}{\text{ف}} = \frac{٥٠}{٠,١} = ٥٠٠$ نيوتن/كولوم

٣) ش = مـ ف سـ

$= ٥٠٠ \times ٦ \times ١٠^{-٢} \times ٥ \times ١٠^{-٦}$

$= ١٥٠ \times ١٠^{-٦}$ جول

أو:

ش = سـ (جـنهائي - جـابتدائي)

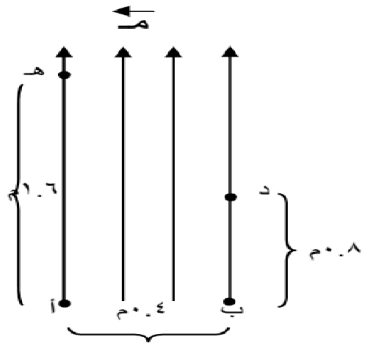
$= ٥ \times ١٠^{-٦} (١٥ - (١٥-)) = ١٥٠ \times ١٠^{-٦}$ جول

مثال (١٢) : يوضح الشكل مجال كهربائي منتظم مقداره (٨٠٠) فولت / م ، عينت علية النقاط أ ، ب ، د ، هـ . احسب :

١) فرق الجهد جـ هـ ب ، جـ ب هـ .

٢) شغل القوة الخارجية اللازم لنقل الكترون من أ إلى د .

٣) التغير في طاقة وضع شحنة مقدارها (١) نانوكولوم عند نقلها من هـ إلى د .

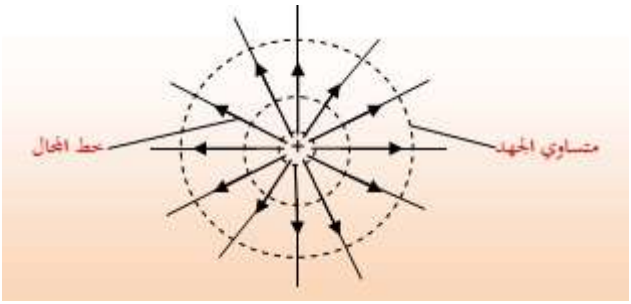


الحل :

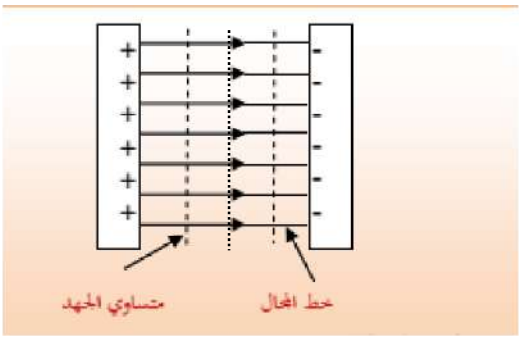
السطوح متساوية الجهد

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

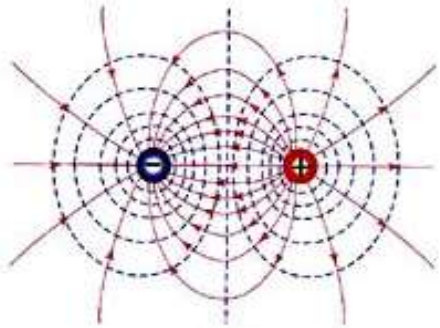
بعض السطوح متساوية الجهد :



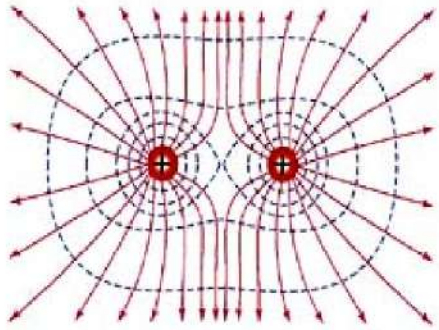
سطوح تساوي الجهد لشحنة نقطية موجبة



سطوح تساوي الجهد لصفيحتين متوازيتين



(ب) شحنتان نقطيتان مختلفتان في الشحنة.



جـ - شحنتان نقطيتان متساويتان متشابهتان في الشحنة.

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 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 = صفراً) وعليه يكون :

ش = ق ف جتاθ = صفر ⟸ $\theta = ٩٠^{\circ}$ أي تكون خطوط المجال عمودية على السطح

سؤال (علل) : كيف تبدو سطوح تساوي الجهد لشحنة نقطية ؟

جواب : عبارة عن سطوح كروية متحدة المركز تزداد كثافتها بالقرب من الشحنة .

سؤال (علل) : كيف تبدو سطوح تساوي الجهد لمجال منتظم ؟

جواب : خطوط عمودية على خطوط المجال الكهربائي وكثافتها ثابتة والمسافات بينها متساوية .

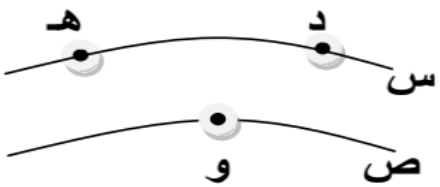
سؤال (علل) : ماذا نستفيد من سطوح تساوي الجهد ؟

جواب : معرفة الجهد عند نقطة بدلالة الجهد عند نقاط أخرى .

مثال (١) : (س ، ص) سطحان من سطوح تساوي الجهد (د ، هـ ، و) نقاط موجودة على السطحين فإذا كان جـ د = ٢٥ فولت ، جـ و = ٣٥ فولت ، فاحسب :

١) فرق الجهد بين النقطتين و،هـ . ٢) شغل القوة الخارجية لنقل شحنة (٥) ميكروكولوم من (هـ) إلى (و) .

٣) شغل القوة الكهربائية اللازم لنقل شحنة مقدارها (-٢) ميكروكولوم من (هـ) إلى (د) .



الحل :

١) جـ و هـ = جـ و - جـ هـ = ٣٥ - ٢٥ = ١٠ فولت

٢) ش خ هـ و = ـــ ر × جـ و هـ = ٥ × ١٠^-٦ × ١٠ = ٥ × ١٠^-٥ جول

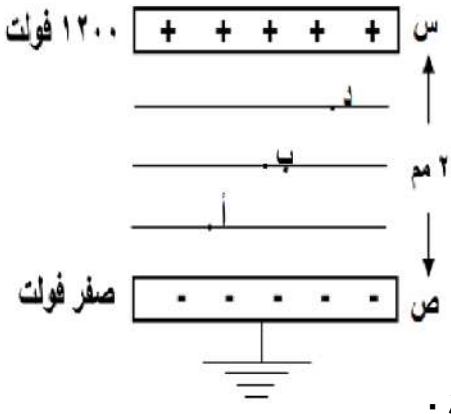
٣) ش ك هـ د = - ـــ ر × جـ د هـ = ٢ × ١٠^-٦ × ٠ = ٠

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) شغل القوة الخارجية اللازم لنقل شحنة (٢) ميكروكولوم من أ إلى ب .



الحل :

١) فرق الجهد بين الصفيحتين هو

جـ = ١٢٠٠ - ٠ = ١٢٠٠ فولت

مـ = $\frac{\text{جـ}}{\text{ف}}$ = $\frac{١٢٠٠}{٢٠ \times ١٠^{-٣}}$ = ٦ × ١٠^٤ فولت/م (نحو ص-)

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

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

جـ$_{أ ص}$ = مـ × ف$_{أ ص}$

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$_{ب ص}$ = مـ × ف$_{ب ص}$

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$_{د ص}$ = مـ × ف$_{د ص}$

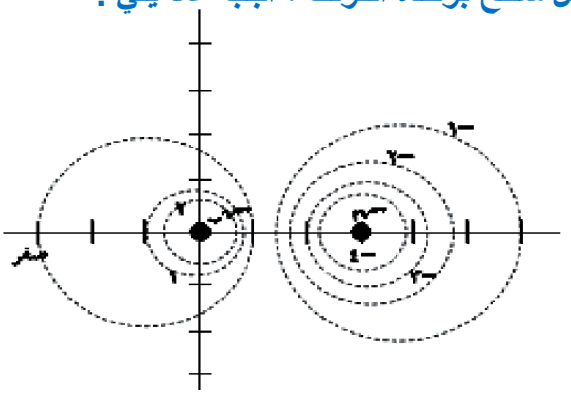
جـ$_{د}$ - ٠ = ٦ × ١٠^٤ × (١٥ - ٠) × ١٠^-٣ ومنها جـ$_{د}$ = ٩٠٠ فولت

٣) ش خ $_{أ \leftarrow ب}$ = ـــ ر × جـ $_{ب أ}$ = ٢ × ١٠^-٦ × (٦٠٠ - ٣٠٠) = ٦ × ١٠^-٤ جول

مثال (٣) : يبين الشكل بعضاً من سطوح تساوي الجهد لشحنتين نقطيتين ($ـــ_{أ}$ ، $ـــ_{ب}$) ، اعتبر كل وحدة على المحاور (١) م ، ومستعيناً بقيم الجهد الكهربائي المثبتة على كل سطح بوحدة الفولت ، أجب عما يلي :

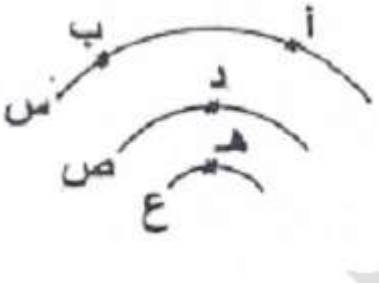
١) أثبت أن $ـــ_{أ} = -٢ـــ_{ب}$.

٢) جد مقدار كل من الشحنتين .



الحل :

مثال (٤) : يمثل الشكل سطوح تساوي الجهد (س ، ص ، ع) لشحنة نقطية والنقاط (أ،ب،د،هـ) واقعة على هذه السطوح إذا علمت أن ($جـ_{أهـ}$ =٨ فولت) ، وأن شغل القوة الكهربائية اللازم لنقل شحنة (-٢×١٠^{-٦}) كولوم من النقطة (د) إلى النقطة (ب) يساوي (٤×١٠^{-٦}) جول احسب ($جـ_{هـد}$) .

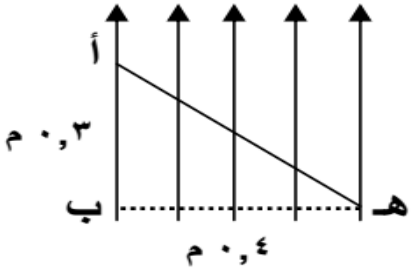


الحل :

ورقة عمل على الجهد الكهربائي

السؤال الأول : شحنتان نقطيتان في الهواء المسافة بينهما (١٠٠) سم ، 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 : (-٩×١٠^{٤} فولت ، -٩×١٠^{٤} فولت ، $-٠,٤٥$ جول)

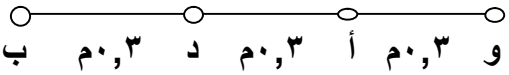
السؤال الثاني : يمثل الشكل المجاور مجالاً كهربائياً منتظماً مقداره ($١٠^{٣}$) فولت/م ، اعتماداً على القيم احسب :
١) فرق الجهد بين النقطتين أ،هـ .
٢) شغل القوة الخارجية اللازم لنقل شحنة (-١) ميكروكولوم من النقطة (هـ) إلى (أ) بسرعة ثابتة .



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

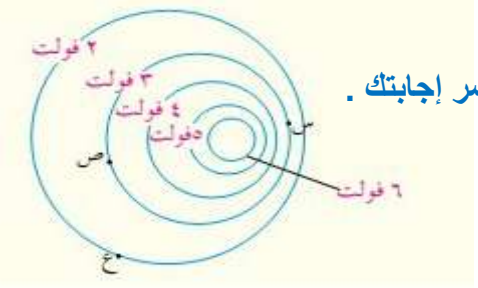
السؤال الثالث : شحنتان كهربائيتان (أ) ، (ب) موضوعتين في الهواء ، بالإعتماد على البيانات المثبتة على الشكل ، جد :
١) المجال الكهربائي عند النقطة (د) .
٢) فرق الجهد بين النقطتين (و) ،(د) .

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



الجواب : (٤×١٠^{٣} نيوتن / كولوم (نحو اليسار) ، ٤٠٠ فولت) .

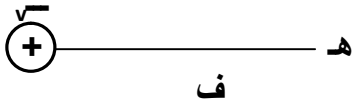
السؤال الرابع : الشكل المجاور يبين سطوح تساوي جهد ، أجب عما يلي :
١) هل الجهد عند النقطة (س) يساوي الجهد عند النقطة (ص) ، فسر إجابتك .
٢) قارن بين المجال عند النقطتين (س ، ص) . فسر إجابتك .
٣) احسب شغل القوة الخارجية لنقل بروتون من النقطة (ع) إلى النقطة (ص) بسرعة ثابتة .



الجواب : (نعم ، لأنهما على نفس سطح تساوي الجهد /مجال س أكبر من مجال ص لأن سطوح تساوي الجهد تتقارب عند س /$١,٦\times١٠^{-١٩}$ جول)

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

السؤال السادس : يبين الشكل شحنة نقطية موضوعة في الهواء ، إذا كان مقدار المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) يساوي (٥٠) نيوتن/كولوم ، ومقدار الجهد الكهربائي عند النقطة (هـ) يساوي (٣٠) فولت ، احسب :
١) مقدار الشحنة (ـــ) .
٢) شغل القوة الخارجية المبذول لنقل شحنة (٤) بيكوكولوم من اللانهاية إلى النقطة (هـ) بسرعة ثابتة .



الجواب : (٢×١٠^{-٩} كولوم ، ١٢×١٠^{-١١} جول) .

ورقة عمل دليل المعلم

المجال والجهد الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية

١- معتمدًا على البيانات المثبتة على الشكل الآتي، أجب عمّا يأتي:

أ) قارن بين مقدار الجهد عند النقطة (س) ومقداره عند النقطة (ص).

ب) قارن بين مقدار المجال عند النقطة (س) ومقداره عند النقطة (ص).

٢- شحنتان نقطيتان (+ سهـ ، − ٩ سهـ) وضعتا على بعد (ف) من بعضهما، كما يبيّن الشكل.

(س) نقطة تقع على بعد ($\frac{ف}{٢}$) من الشحنة الموجبة.

أ) أثبت أن المجال الكهربائي عند النقطة (س) يساوي صفرًا.

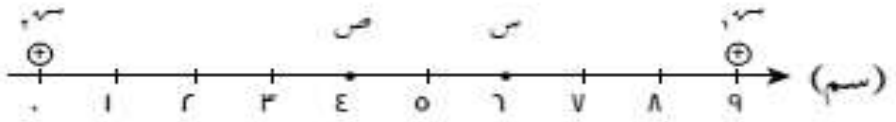
ب) بيّن صحة أو خطأ العبارة الآتية: «الجهد الكهربائي عند النقطة (س) أيضًا يساوي صفرًا».

٣- شحنة نقطية موضوعة في الهواء. إذا كان مقدار المجال الكهربائي عند نقطة تقع ضمن المجال الكهربائي للشحنة (٥٠٠) نيوتن/ كولوم، والجهد الكهربائي عند النقطة نفسها (-٣×١٠^{٣}) فولت. احسب:

أ) بُعد النقطة عن الشحنة.

ب) مقدار الشحنة، ونوعها.

٤- يبيّن الشكل الآتي شحنتين نقطيتين موجبتين وضعتا في الهواء بحيث كانت المسافة بينهما (٩) سم. إذا كان المجال الكهربائي عند النقطة (س) يساوي صفرًا، وإذا كان الجهد الكهربائي عند النقطة (ص) يساوي (١٠٨) فولت. فاحسب مقدار كل من الشحنتين .



إجابة ورقة عمل (٢-٢)

١- أ) جـ$_{س}$ = جـ$_{ص}$

ب) م$_{س}$ > م$_{ص}$

٢- أ) م$_{١}$ = $\frac{أ_{١}س}{(\frac{ف}{٢})^{٢}}$ = $\frac{٤أ س}{ف^{٢}}$ نحو (+س)

م$_{٢}$ = $\frac{أ_{٢}س}{(\frac{٣ف}{٢})^{٢}}$ = $\frac{٤أ(-٩س)}{٩ف^{٢}}$ نحو (-س)

(م$_{١}$) يساوي (م$_{٢}$) مقدارًا ويعاكسه اتجاهًا

∴ م$_{س}$ = صفر

ب) جـ$_{س}$ = جـ$_{١}$ + جـ$_{٢}$ (الجمع الجبري للجهد)

= $\frac{أ س}{\frac{ف}{٢}}$ + $\frac{أ(-٩س)}{\frac{٣ف}{٢}}$

جـ$_{س}$ = $\frac{٢أ س}{ف}$ + $\frac{-٦أ س}{ف}$ = $\frac{-٤أ س}{ف}$

∴ جـ$_{س}$ ≠ صفر

٣- أ) م = $\frac{أ س}{ف^{٢}}$ = ($\frac{أ س}{ف}$) × $\frac{١}{ف}$

م = $\frac{جـ}{ف}$ ⇐ $\frac{جـ}{ف}$ = ٥٠٠ ⇐ $\frac{٣\times١٠^{٣}}{ف}$ = ٥٠٠ (يعوض الجهد من دون الإشارة، لأن المطلوب حساب بعد النقطة)

ف = $\frac{٣٠٠٠}{٥٠٠}$ = ٦م

ب) ٥٠٠ = $\frac{٩\times١٠^{٩}س}{٣٦}$ ⇐ س = ٢٠٠٠ × ١٠$^{-٩}$

= ٢ × ١٠$^{-٦}$ كولوم

بما أن الجهد سالب؛ فإن س = -٢ × ١٠$^{-٦}$ كولوم

٤- م$_{س}$ = صفر ⇐ $\frac{أ_{١}س}{(٣\times١٠^{-٣})^{٢}}$ = $\frac{أ_{٢}س}{(٦\times١٠^{-٣})^{٢}}$

$\frac{س_{١}}{٩}$ = $\frac{س_{٢}}{٣٦}$ ⇐ س$_{٢}$ = ٤ س$_{١}$

جـ$_{س}$ = $\frac{أ_{١}س}{ف_{١}}$ + $\frac{أ_{٢}س}{ف_{٢}}$

١٠٨ = ٩ × ١٠^{٩} ($\frac{س_{١}}{٥\times١٠^{-٣}}$ + $\frac{٤س_{١}}{٤\times١٠^{-٣}}$)

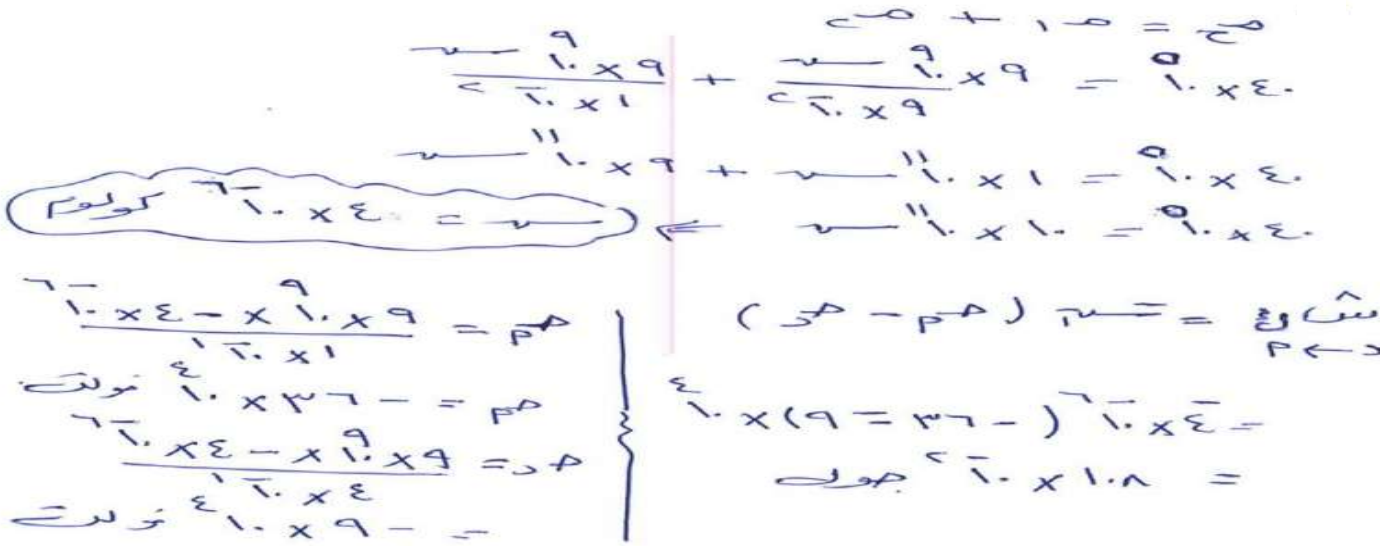
١٠٨ = ٩ × ١٠^{١١} ($\frac{س_{١}}{٥}$ + ٤س$_{١}$)

$\frac{١٠٨}{٩}\times١٠^{-١١}$ = $\frac{٦}{٥}$ س$_{١}$ ⇐ س$_{١}$ = ١ × ١٠$^{-١٠}$ كولوم

ورقة عمل المجال والجهد الكهربائيين

السؤال الأول : شحنتان نقطيتان متماثلتان موضوعتان في الهواء يفصل بينهما (٠,٤) م ، إذا علمت أن المجال الكهربائي المحصل في النقطة (أ) يساوي (٤٠×١٠^{٥}) نيوتن/كولوم نحو س- احسب شغل القوة الكهربائية اللازم لنقل ($-_{١٧}$) إلى النقطة (أ) .

الحل :

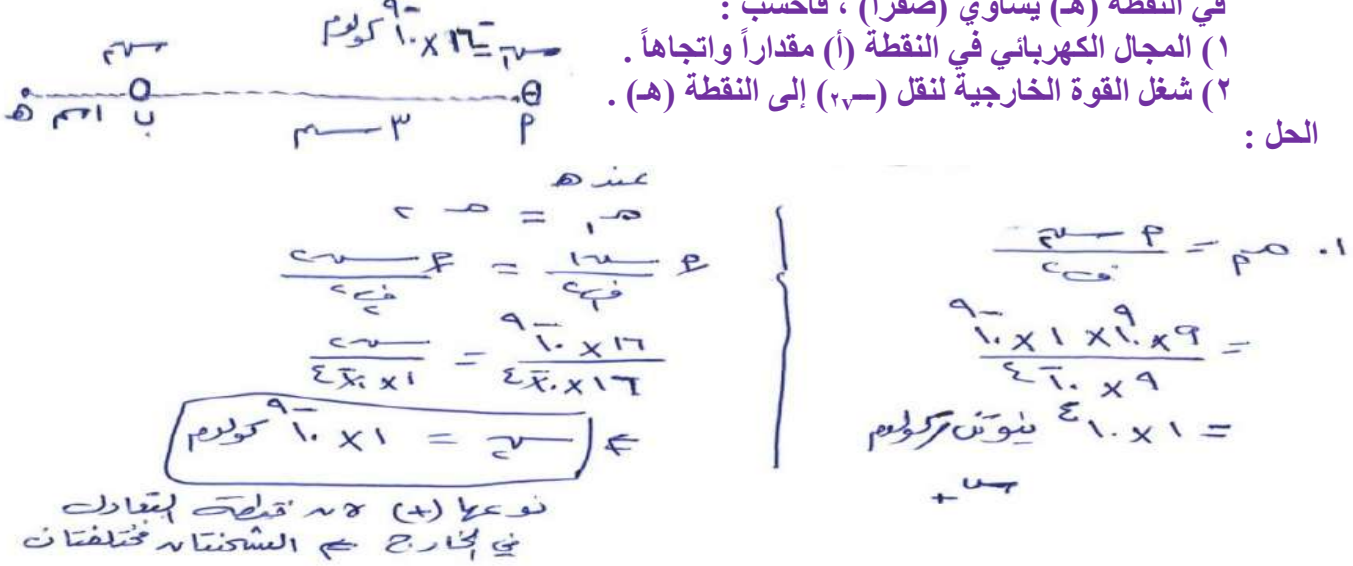


السؤال الثاني : شحنتان نقطيتان موضوعتان في الفراغ المسافة بينهما (٣) سم ، إذا علمت أن المجال الكهربائي المحصل في النقطة (هـ) يساوي (صفراً) ، فاحسب :

١) المجال الكهربائي في النقطة (أ) مقداراً واتجاهاً .

٢) شغل القوة الخارجية لنقل ($-_{٢٧}$) إلى النقطة (هـ) .

الحل :



٢ . $جـ_{هـ} = ٩ \times ١٠^{٩}$ $\frac{-_{١٧}}{ف_{١}}$ $= \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times -١٦ \times ١٠^{-٩}}{٤ \times ١٠^{-٢}} = -٣٦ \times ١٠^{٢}$ فولت

$جـ_{ب} = ٩ \times ١٠^{٩}$ $\frac{-_{١٧}}{ف_{١}}$ $= \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times -١٦ \times ١٠^{-٩}}{٣ \times ١٠^{-٢}} = -٤٨ \times ١٠^{٢}$ فولت

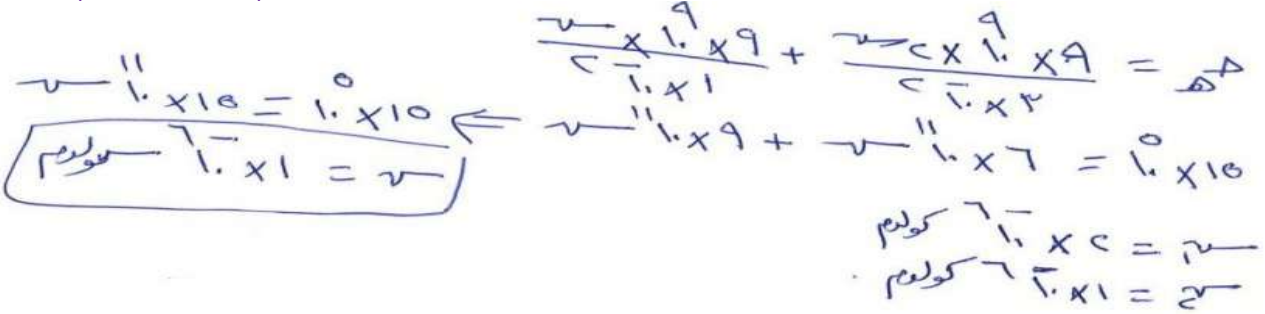
$ش_{خ} = -_{٢٧} (جـ_{هـ} - جـ_{ب})$

ب←هـ

$= ١ \times ١٠^{-٩} (-٣٦ - -٤٨) \times ١٠^{٢} = ١٢ \times ١٠^{-٧}$ جول

السؤال الثالث : شحنتان نقطيتان موضوعتان في الفراغ المسافة بينهما (٤) سم ، كما في الشكل ، إذا علمت أن الجهد الكهربائي المحصل في النقطة (هـ) يساوي (١٥×١٠^{٥}) فولت ، احسب مقدار كل من الشحنتين .

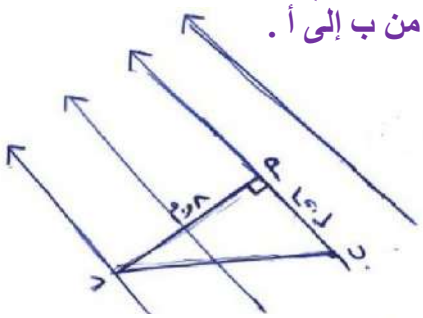
الحل :



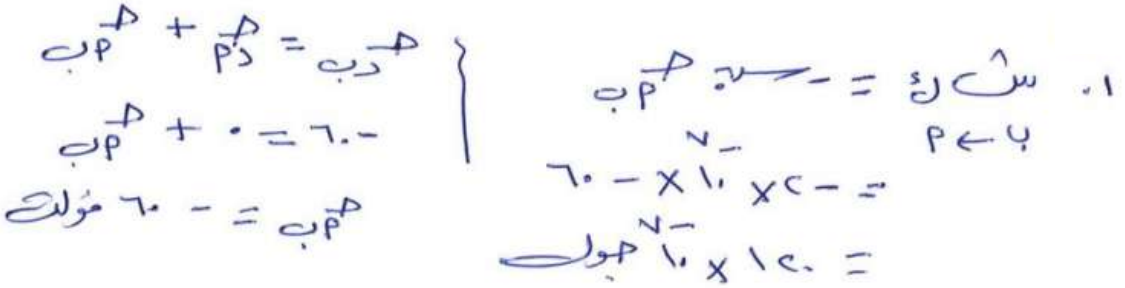
السؤال الرابع : مجال كهربائي منتظم يؤثر بالإتجاه المبين في الشكل ، إذا كان (جـ ب = - ٦٠) فولت ، احسب :

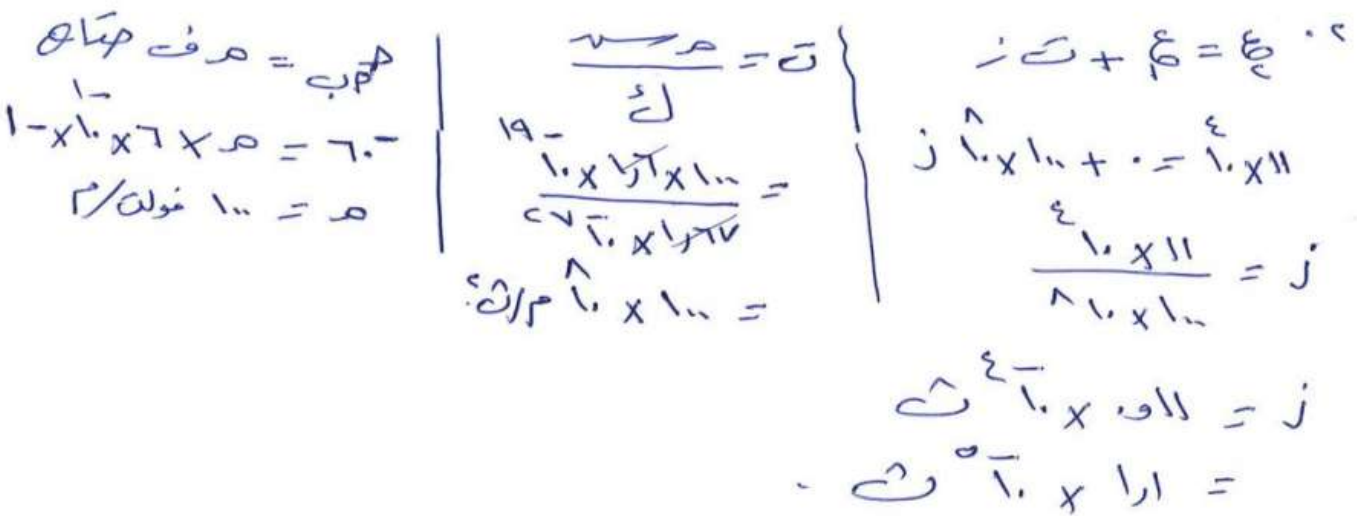
١) شغل القوة الكهربائية اللازم لنقل شحنة قدرها (٢×١٠^{-٧}) كولوم من ب إلى أ .

٢) بدأ بروتون من السكون من النقطة (ب) فوصل النقطة (أ) بسرعة (١١×١٠^{٤}) م/ث ، احسب الزمن الذي استغرقه للوصول للنقطة (أ) . (اعتبر ك$_{ب}$= $١,٦٧ \times ١٠^{-٢٧}$ كغ ، ش$_{ب}$= $١,٦ \times ١٠^{-١٩}$ كولوم)



الحل :



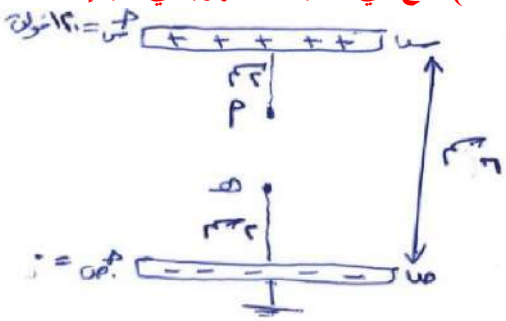


السؤال الخامس : يبين الشكل لوحين فلزيين متوازيين (س ، ص) ، النقاط (أ ، هـ) تقع في المجال الكهربائي ، بالإعتماد على البيانات المثبتة على الشكل ، احسب :

١) شحنة جسيم كتلته (٢×١٠^{-٣}) كغ متزن عند النقطة (أ) .

٢) جهد النقطة (هـ) .

٣) الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لنقل الكترون من هـ إلى أ .



الحل :

١. $\because$ حركة $= 0 \Leftarrow$ محصلة $= 0$

$$\text{و} = \text{ق}$$

$$\text{ق} = \text{ش} \, \text{ج}$$

$$\text{ش} = \frac{\text{ق}}{\text{ج}} = \frac{\text{و}}{\text{ج}}$$

$$\text{ش} = \frac{\text{ف} \times \text{ع}}{\text{ج}}$$

$$\text{ش} = \frac{٢ \times ١٠^{-٣} \times ٤٠ \times ١٠^{-٩}}{١٠ \times ٦}$$

$$\text{ش} = ١ \times ١٠^{-٥} \text{ كولوم}$$

٢. $\text{جـ}_{\text{هـ}} = \text{جـ}_{\text{ص}} + \text{جـ}_{\text{هـ ص}}$

$$\text{جـ}_{\text{هـ ص}} = \text{ف} \times \text{ع}$$

$$\text{جـ}_{\text{هـ ص}} = ١ \times ١٠^{-٢} \times ٤ \times ١٠^{٩} \times ٤٠$$

$$\text{جـ}_{\text{هـ ص}} = ٤٠ \text{ فولت}$$

$$\text{جـ}_{\text{هـ ص}} = \text{جـ}_{\text{ص}} - \text{جـ}_{\text{هـ}}$$

$$٤٠ = \text{جـ}_{\text{هـ}} - ٠ \Leftarrow \text{جـ}_{\text{ص}} = ٠$$

$$\text{جـ}_{\text{هـ}} = ٤٠ \text{ فولت}$$

٣. $\text{ش}_{\text{هـ} \leftarrow \text{أ}} = -\text{ش}_{\text{أ} \leftarrow \text{هـ}}$

$$\text{ش}_{\text{أ} \leftarrow \text{هـ}} = \text{ش} \, \text{ج}_{\text{أ هـ}}$$

$$= -١٠^{-١٩} \times ١٦ \times ٤٠$$

$$= -٦٤ \times ١٠^{-١٩} \text{ جول}$$

$$\text{ش}_{\text{هـ} \leftarrow \text{أ}} = \text{ف} \times \text{ع} \times \text{ش}$$

$$= ١ \times ١٠^{-٢} \times ٤ \times ١٠^{٩} \times ٤٠$$

$$= ٤٠ \text{ فولت}$$

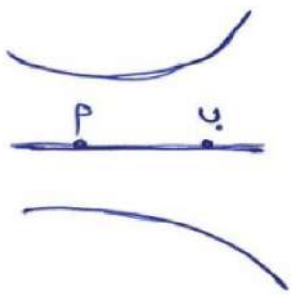
السؤال السادس : يبين الشكل نقطتين (أ ، ب) في مجال كهربائي تحركت شحنة مقدارها (١×١٠^{-٩}) كولوم من أ إلى ب فنقصت طاقة وضعها (٢×١٠^{-٦}) جول

أجب عما يلي :

أ) ما نوع القوة المسؤولة عن تحريك الشحنة .

ب) أي النقطتين (أ ، ب) جهدها أكبر .

جـ) حدد اتجاه المجال الكهربائي .



الحل :

أ . القوة الكهربائية .

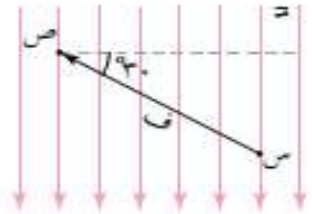
ب . النقطة (أ)

جـ . لليمين ، أو أ $\leftarrow$ ب .

أسئلة الفصل الثاني

١ ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

١ تقع النقطتان (س، ص) في مجال كهربائي منتظم مقداره (مـ)، والبعد بينهما (ف) كما في الشكل (٢-٣٤). وعليه فإن (جـ ص س):

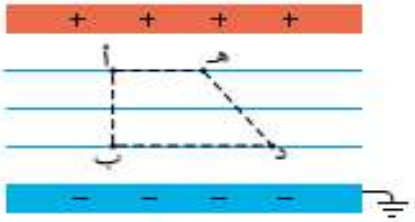


الشكل (٢-٣٤): سؤال (١) فقرة (١).

أ مـ ف جتا ١٨٠ ب مـ ف جتا ١٢٠

جـ مـ ف جتا ٣٠ د مـ ف جتا ٦٠

٢ يبين الشكل (٢-٣٥) صفيحتين موصلتين متوازيتين، (أ، ب، د، هـ) أربع نقاط تقع في المجال الكهربائي بين الصفيحتين. تزداد طاقة الوضع الكهربائية لشحنة نقطية موجبة عند انتقالها من:



الشكل (٢-٣٥): سؤال (١) فقرة (٢).

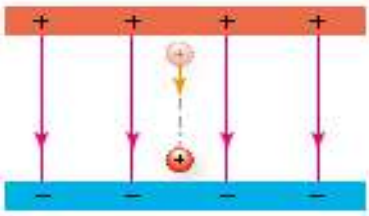
أ النقطة (د) إلى النقطة (هـ)

ب النقطة (د) إلى النقطة (ب)

جـ النقطة (أ) إلى النقطة (ب)

د النقطة (أ) إلى النقطة (هـ)

٣ عندما تتحرك شحنة موجبة حرة في مجال كهربائي منتظم كما في الشكل (٢-٣٦) فإن القوة الكهربائية تبذل عليها شغلًا:



الشكل (٢-٣٦): سؤال (١) فقرة (٣).

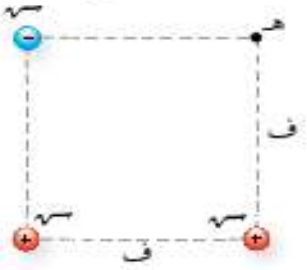
أ موجبًا، فتزداد طاقة الوضع الكهربائية للنظام.

ب سالبًا، فتقل طاقة الوضع الكهربائية للنظام.

جـ موجبًا، فتقل طاقة الوضع الكهربائية للنظام.

د سالبًا، فتزداد طاقة الوضع الكهربائية للنظام.

٤ عند وضع ثلاث شحنات نقطية متساوية في المقدار عند رؤوس مربع، كما يبين الشكل (٢-٣٧). فإن الجهد الكهربائي عند النقطة (هـ) يساوي:



الشكل (٢-٣٧): سؤال (١) فقرة (٤).

أ ٢(أ مـ / ف) ب ٣(أ مـ / ف)

جـ ٢(أ مـ / ٢√ ف) د (أ مـ / ٢√ ف)

٢ يبين الشكل (٢-٣٨) نقطتين (س، ص) في مجال كهربائي، وضعت شحنة سالبة عند النقطة (س) فتحركت بتأثير القوة الكهربائية نحو النقطة (ص)، ادرس الشكل وأجب عما يأتي:

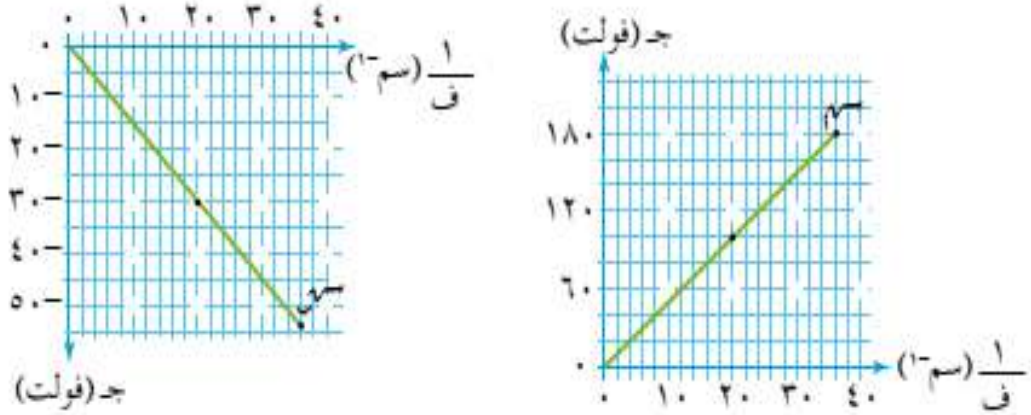
أ) حدد اتجاه المجال الكهربائي.

ب) هل تزداد طاقة الوضع الكهربائية للشحنة أم تقل؟

جـ) هل ($جـ_{س ص}$) موجب أم سالب؟

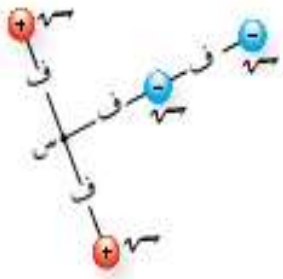
الشكل (٢-٣٨): سؤال (٢).

٣ يبين الشكل (٢-٣٩) تمثيلًا بيانيًا للعلاقة بين الجهد الناشئ عن كل من شحنتين نقطيتين (سـ١، سـ٢) ومقلوب البعد عن كل منهما، اعتمادًا على البيانات جد مقدار كل من الشحنتين ونوعهما.



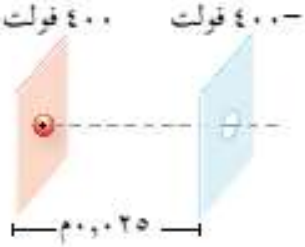
الشكل (٢-٣٩): سؤال (٣).

٤ في الشكل(٢-٤٠) احسب الجهد الكهربائي عند النقطة (س)، علمًا بأن (سـ = ٥) ميكروكولوم، و(ف = ٤) سم.



الشكل (٢-٤٠): سؤال (٤).

٦ يبين الشكل (٢-٤٢) بروتونًا أطلق من السكون في الحيز بين صفيحتين مشحونتين متوازيتين. معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل احسب:



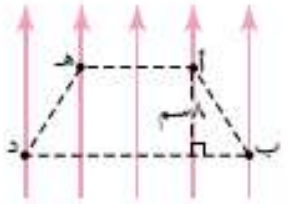
الشكل (٢-٤٢): سؤال (٦).

أ المجال الكهربائي في الحيز بين الصفيحتين مقدارًا واتجاهًا.

ب القوة الكهربائية المؤثرة في البروتون مقدارًا واتجاهًا.

جـ سرعة البروتون لحظة خروجه من الثقب في الصفيحة السالبة.

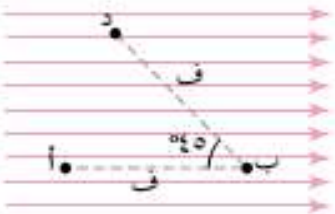
٧ يبين الشكل (٢-٤٣) أربع نقاط (أ، ب، د، هـ) تقع في مجال كهربائي منتظم مقداره (٣١٠) فولت/م. احسب:



الشكل (٢-٤٣): سؤال (٧).

أ فرق الجهد ($جـ_{هـ د}$).

ب شغل القوة الكهربائية عند نقل شحنة (١×١٠^{-٦}) كولوم من (ب) إلى (هـ) عبر المسار (ب ← أ ← هـ).

٨ يبين الشكل (٢- ٤٤) ثلاث نقاط (أ، ب، د) في مجال كهربائي منتظم مقداره (٦٠٠) فولت/م. إذا كانت (ف=٥) سم. فاحسب:

الشكل (٢-٤٤): سؤال (٨).

أ $جـ_{أ ب}$.

ب $جـ_{ب د}$.

جـ ($جـ_{أ د}$) عبر المسار (أ ← ب ← د).

الفصل الثالث / المواسعة الكهربائية

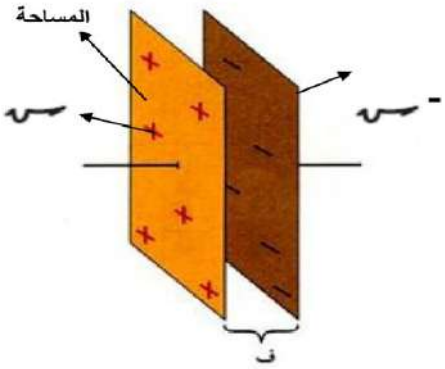
* المواسع الكهربائي : هو جهاز يستخدم لتخزين الشحنات الكهربائية ، والطاقة الكهربائية .

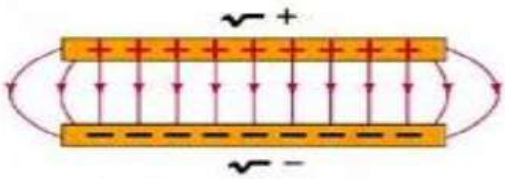
* يتكون المواسع من موصلين بينهما مادة عازلة (الهواء ، البلاستيك ، الورق) .

* 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 .

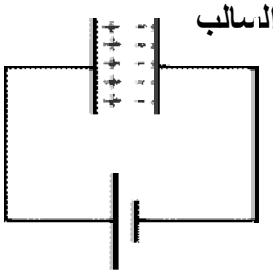




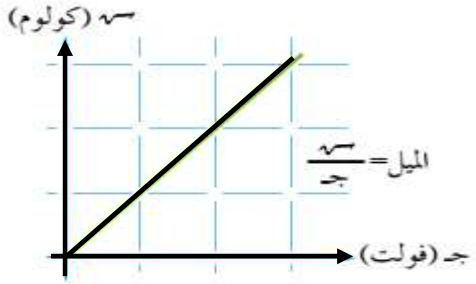
رسم تخطيطي لخطوط المجال الكهربائي بين لوحي مواسع ذي لوحين متوازيين .

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 :



$$س = \frac{ش}{جـ}$$

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

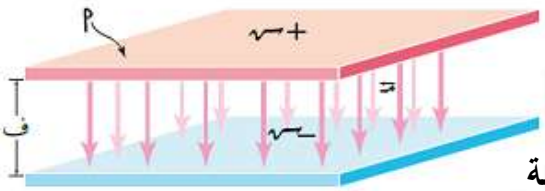
تقاس السعة بوحدة كولوم/فولت وتسمى فاراد .

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 .

العوامل التي تعتمد عليها سعة المواسع ذو الصفيحتين المتوازيتين :



* عند شحن المواسع فإن الشحنات تنتشر على سطحي صفيحتيه ، فإذا زادت مساحة الصفيحتين فإن المواسع يصبح قادراً على استيعاب كمية أكبر من الشحنة ، أي نستنتج مما سبق أن " المواسع ذي الصفيحة الأكبر يختزن شحنة أكبر فتزداد مواسعته بثبات كل من الجهد الكهربائي (جـ) والبعد بين الصفيحتين (ف) .

* ينشأ في الحيز بين الصفيحتين مجالاً كهربائياً كما في الشكل ، فإذا كان البعد بين الصفيحتين صغيراً جداً مقارنة بأبعاد الصفيحتين فإن المجال الكهربائي بين الصفيحتين يعد مجالاً منتظماً يعطى مقداره بالعلاقة (مـ = $\frac{\sigma}{\varepsilon}$) ويكون فرق الجهد بين الصفيحتين (جـ = مـ ف) .

* مما سبق نلاحظ أنه عندما تقل المسافة بين الصفيحتين بدلاً من (ف) تصبح (ف/٢) مع بقاء الجهد ثابت فإن المجال الكهربائي بين الصفيحتين سيصبح ضعفي ما كان عليه ، وعليه تصبح الشحنة على صفيحتيه ضعفي ما كانت عليه أي " المواسع يصبح قادراً على تخزين شحنة أكبر إذا قل البعد بين صفيحتيه ، فتزداد مواسعته مع ثبات جهده الكهربائي " .

* يمكن التعبير عن المواسعة على النحو الآتي :

س = $\frac{\text{ـــ}_{\text{ـــ}}}{\text{جـ}}$ = $\frac{\text{ـــ}_{\text{ـــ}}}{\text{مـ ف}}$

س = $\frac{\text{ـــ}_{\text{ـــ}} \varepsilon .}{\sigma \quad \text{ف}}$

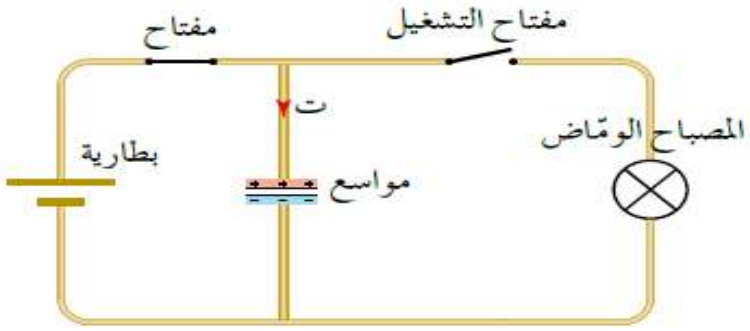
$$\text{س} = \frac{\varepsilon . \times \text{أ}}{\text{ف}}$$

من العلاقات
مـ = $\frac{\sigma}{\varepsilon .}$
σ = $\frac{\text{ـــ}_{\text{ـــ}}}{\text{أ}}$

* ومن العلاقة يتبين أن مواسعة المواسع تعتمد على :

١) الأبعاد الهندسية .
٢) سماحية الوسط الكهربائية .

* 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 الكهربائية إلى طاقة ضوئية .



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

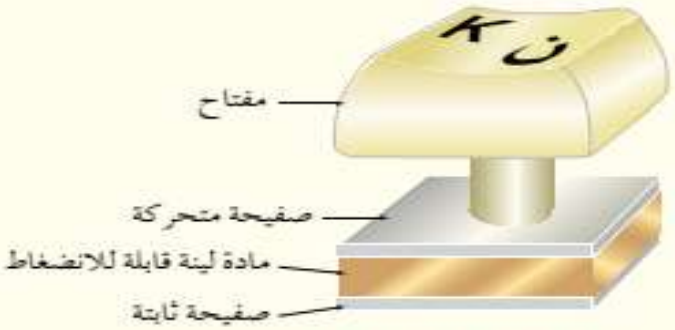
الجواب : لأنه عندما تزداد الشحنة عن الحد المسموح به ، يحدث زيادة في جهد المواسع ، فيحدث تفريغ كهربائي عبر المادة العازلة الفاصلة بين الصفيحتين ، مما يؤدي إلى تلف المواسع ، مع تكرار العملية .

سؤال :

١) وصل مواسعان مختلفان مع مصدري فرق جهد متماثلين، جهد كل منهما (جـ)، فاكتسب المواسع الأول شحنة (ـهـ)، واكتسب المواسع الثاني شحنة (٣ـهـ). ما النسبة بين مواسعة المواسعين؟

٢) مواسع ذو صفيحتين متوازيتين يتصل مع بطارية. إذا أصبح البعد بين صفيحتيه ثلاثة أضعاف ما كان عليه مع بقائه متصلًا بالبطارية، فكيف يتغير كل من: مواسعته، وشحنته، وفرق الجهد والمجال الكهربائي بين طرفيه.

٣) تستخدم المواسعات في لوحة مفاتيح الحاسوب، كما يبين الشكل (٣-٦)، وتتكون الطبقة العازلة بين صفيحتي المواسع من مادة لينة قابلة للانضغاط. وضح ماذا يحدث لمواسعة المواسع عند الضغط على المفتاح.



الشكل (٣-٦): سؤال (٤).

الحل :

١) $\frac{س_1}{س_2} = \frac{ـهـ_1}{ـهـ_2}$ ⟵ $\frac{س_1}{س_2} = \frac{ـهـ_1}{٣ـهـ_2}$ ⟵ $\frac{س_1}{س_2} = \frac{١}{٣}$

٢) ١) س = $\frac{ع . أ}{ف}$ تضاعف البعد بين صفيحتيه ٣ مرات يؤدي إلى نقصان المواسعة إلى الثلث .

٢) جهده يبقى ثابت لإتصاله بالبطارية .

٣) تقل الشحنة إلى الثلث لأن المواسعة قلت إلى الثلث .

٤) مـ = $\frac{جـ}{ف}$ يقل المجال إلى الثلث لأن المواسع جهده ثابت وزاد البعد ٣ أضعاف .

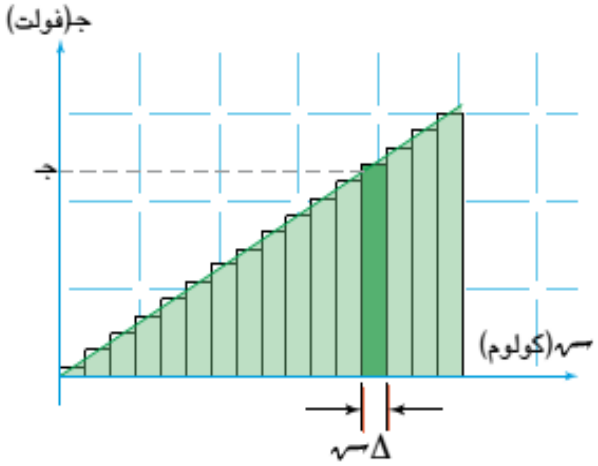
٣) عند الضغط على المفتاح يقل البعد بين الصفيحتين فتزداد المواسعة .

سؤال : تستخدم المواسعات في الدارة الكهربائية في نظام ماسحات زجاج السيارة ؟

جواب : من أجل تحديد الفترة الزمنية بين كل مسحتين متتاليتين .

الطاقة المختزنة في مواسع مشحون

عند شحن المواسع فإنه لابد من بذل شغل حيث يتم تخزين هذا الشغل في المواسع على شكل طاقة وضع كهروسكونية ، مع ملاحظة أنه مع استمرار عملية الشحن فإن جهد المواسع يزداد باستمرار وتمثل العلاقة بين الشحنة المختزنة في المواسع وجهد المواسع بعلاقة خطية .



الشغل المبذول في عملية الشحن = المساحة المظللة (عدديا)

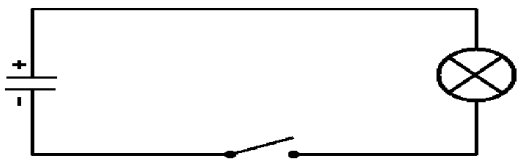
المساحة المظللة = $\frac{١}{٢}$ × القاعدة × الارتفاع

(١) ---------- $ط = \frac{١}{٢} ش جـ$

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

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

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



سؤال (علل) : تقل الطاقة 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})

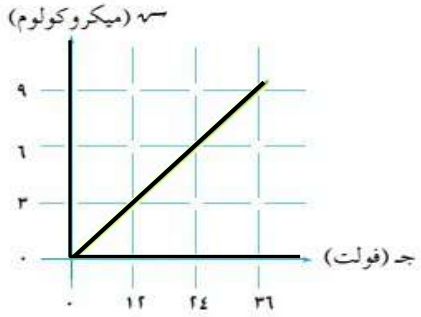
الحل : ١) $س = \frac{\epsilon_{.} \times أ}{ف} = \frac{٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢} \times ٢ \times ١٠^{-٤}}{٨,٨٥ \times ١٠^{-٣}} = ٢ \times ١٠^{-١٣}$ فاراد .

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 = ٤×١٠^{-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) س = ميل الخط المستقيم = $\frac{(٩ - ٠) \times ١٠^{-٦}}{٣٦ - ٠} = ٠,٢٥ \times ١٠^{-٦}$ فاراد

٢) لأن المواسعة ثابتة يكون :
$ـــ_{ر} = س \times جـ = ٠,٢٥ \times ١٠^{-٦} \times ٥٠ = ١٢,٥ \times ١٠^{-٦}$ 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 .

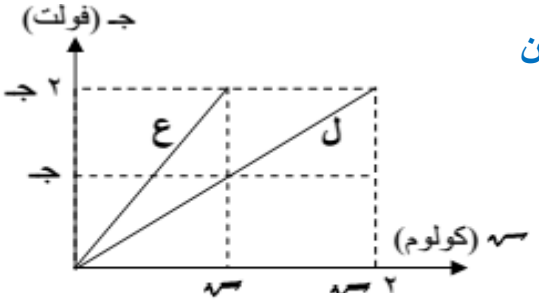
الحل : ١) $س = \frac{\epsilon_{.} \times أ}{ف} = \frac{٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢} \times ٢٥ \times ١٠^{-٤}}{٨,٨٥ \times ١٠^{-٣}} = ٢,٥ \times ١٠^{-١٢}$ فاراد .

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

مثال (٤) : يبين الشكل العلاقة البيانية بين الجهد الكهربائي والشحنة لمواسعين كهربائيين (ل ،ع) في أثناء الشحن للحد الأعلى من الجهد (٢ جـ)



أجب عما يلي :

١) أي المواسعين يختزن طاقة أكبر ؟ أثبت ذلك .

٢) ماذا يحدث للمواسع (ل) إذا وصل مع بطارية جهدها (٣ جـ) ؟

الحل :

١) ط = المساحة تحت المنحنى

$$ط_{ع} = \frac{١}{٢} \times ٢ جـ \times س = جـ س$$

$$ط_{ل} = \frac{١}{٢} \times ٢ جـ \times ٢ س = جـ ٢ س \quad ، \quad \therefore ط_{ل} > ط_{ع}$$

٢) يحدث تفريغ كهربائي بين الصفيحتين ، مما يؤدي إلى تلف المواسع .

مثال (٥) : مواسع ذو صفيحتين متوازيتين، مساحة كل صفيحة (٥×١٠^{-٦}) م^{٢}، والبعد بينهما ($١,٧٧ \times ١٠^{-٤}$) م :

١) احسب مواسعة المواسع.

٢) وصل المواسع مع بطارية فرق جهدها (١٢×١٠^{-٢}) فولت حتى شُحن تمامًا، احسب:

أ) الشحنة النهائية للمواسع.

ب) الكثافة السطحية للشحنة على كل من صفيحتيه.

جـ) فرق الجهد بين نقطة تقع في منتصف المسافة بين الصفيحتين، ونقطة تقع على الصفيحة الموجبة

٣) بعد شحن المواسع تمامًا، فُصل عن البطارية ووصل مع مصباح كهربائي لتفريغ شحنته، احسب مقدار الطاقة المختزنة في المواسع في اللحظة التي تنخفض عندها شحنة المواسع إلى ٧٠٪ من الشحنة الأصلية؟

الحل :

١) $س = \frac{ε_{\circ} أ}{ف} = \frac{٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢} \times ٥ \times ١٠^{-٦}}{١,٧٧ \times ١٠^{-٤}} = ٢٥ \times ١٠^{-١٤}$ فاراد

٢) $س = س جـ = ٢٥ \times ١٠^{-١٤} \times ١٢ \times ١٠^{-٢} = ٣ \times ١٠^{-١٤}$ كولوم

$$σ = \frac{س}{أ} = \frac{٣ \times ١٠^{-١٤}}{٥ \times ١٠^{-٦}} = ٦ \times ١٠^{-٩}$$ كولوم / م^{٢}

$$جـ = \frac{١٢ \times ١٠^{-٢}}{٢} = ٦ \times ١٠^{-٢}$$ فولت

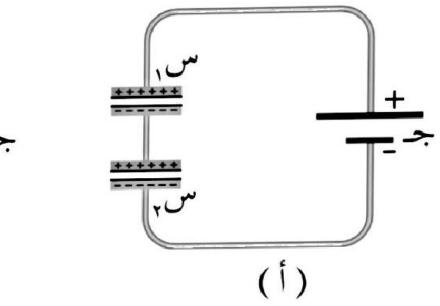
٣) $س_{ن} = \frac{٧٠}{١٠٠} \times س = \frac{٧٠}{١٠٠} \times ٣ \times ١٠^{-١٤} = ٢,١ \times ١٠^{-١٤}$ كولوم

$$ط = \frac{١}{٢} \times \frac{س_{ن}^{٢}}{س} = \frac{١}{٢} \times \frac{(٢,١ \times ١٠^{-١٤})^{٢}}{٢٥ \times ١٠^{-١٤}} = \frac{٤,٤١}{٥٠} \times ١٠^{-١٤}$$ جول

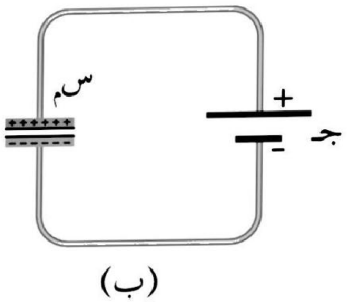
$ط = ٨,٨٢ \times ١٠^{-١٦}$ جول

توصيل المواسعات الكهربائية

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



(أ)



(ب)

$$جـ_{كلي} = جـ_{١} + جـ_{٢}$$

$$\frac{ش}{س} = \frac{ش}{س_{١}} + \frac{ش}{س_{٢}}$$

$$\frac{١}{س_{م}} = \frac{١}{س_{١}} + \frac{١}{س_{٢}}$$

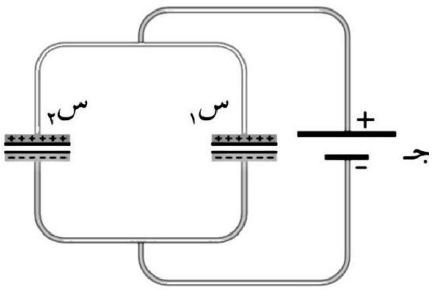
حيث $س_{م}$ السعة المكافئة

لاحظ أن السعة تقل عند التوصيل على التوالي .

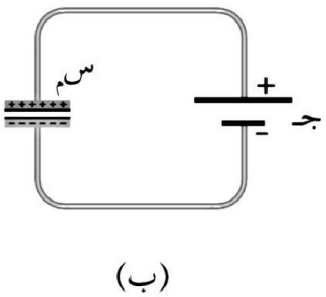
يجوز استخدام العلاقة :

$$س_{م} = \frac{س_{١} \times س_{٢}}{س_{١} + س_{٢}}$$

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



(أ)



(ب)

$$ش_{كلية} = ش_{١} + ش_{٢}$$

$$س \cancel{جـ} = س_{١} \cancel{جـ_{١}} + س_{٢} \cancel{جـ_{٢}}$$

$$س_{م} = س_{١} + س_{٢}$$

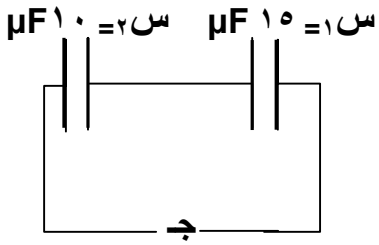
لاحظ أن السعة تزداد عند التوصيل على التوازي .

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

١) $(س_{م})_{توالي} = \frac{س_{احداها}}{ن}$

٢) $(س_{م})_{توازي} = ن \times س_{احداها}$

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

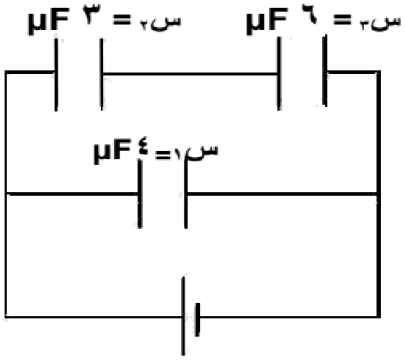


الحل :

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

$$جـ_{مصدر} = \frac{ــ_{ا}}{س} = \frac{٣٠٠ \times ١٠^{-٦}}{٦ \times ١٠^{-٦}} = ٥٠ \text{ فولت}$$

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



الحل :

١) س٢ و س٣ على التوالي

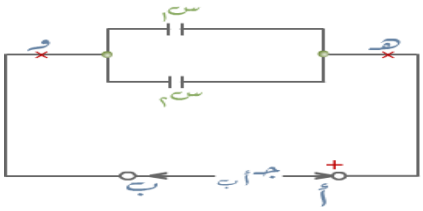
$$س_٤ = \frac{٦ \times ٣}{٦ + ٣} = \frac{١٨}{٩} = ٢ \text{ ميكروفاراد}$$

س٤ و س١ على التوازي

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

٢) $ــ_{١} = س_{١} \times جـ_{١} = ٤ \times ١٠^{-٦} \times ٢٤ = ٩٦ \times ١٠^{-٦}$ كولوم
$ــ_{٤} = س_{٤} \times جـ_{٤} = ٢ \times ١٠^{-٦} \times ٢٤ = ٤٨ \times ١٠^{-٦}$ كولوم
$ــ_{٤} = ــ_{٢} = ــ_{٣} = ٤٨ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

مثال (٣) : مواسعان (س١ ، س٢) ، سعة الأول (٢) ميكروفاراد وسعة الثاني (٥) ميكروفاراد تم وصلهما بمصدر كهربائي كما في الشكل فرق الجهد بين طرفيه (جـ أ ب) = ١٨ فولت ، احسب :
١) السعة المكافئة للمواسعين .
٢) شحنة كل مواسع .
٣) شحنة المواسع المكافئ .
٤) طاقة المواسع س١ .



الحل :

١) س١ و س٢ على التوازي

$$س_م = ٢ + ٥ = ٧ \text{ ميكروفاراد}$$

٢) $ــ_{١} = س_{١} \times جـ_{١} = ٢ \times ١٠^{-٦} \times ١٨ = ٣٦ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

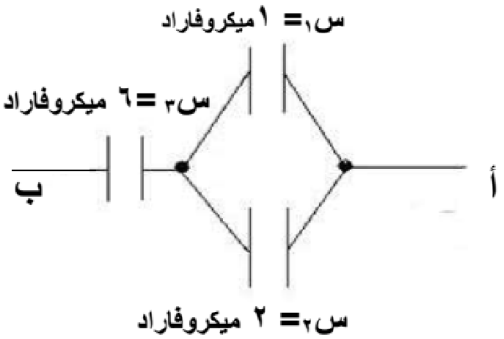
$ــ_{٢} = س_{٢} \times جـ_{٢} = ٥ \times ١٠^{-٦} \times ١٨ = ٩٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

٣) $ــ_{كلية} = س_م \times جـ_{كلي}$
$= ٧ \times ١٠^{-٦} \times ١٨$
$= ١٢٦ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

لاحظ أن $ــ_{كلية} = ــ_{١} + ــ_{٢}$
$= ٣٦ \times ١٠^{-٦} + ٩٠ \times ١٠^{-٦}$
$= ١٢٦ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

٤) $ط = \frac{١}{٢} ــ جـ = \frac{١}{٢} \times ٣٦ \times ١٠^{-٦} \times ١٨$
$= ٣٢٤ \times ١٠^{-٦}$ 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) س١ و س٢ على التوازي

س٤ = ١+٢ = ٣ ميكروفاراد

س٤ و س٣ على التوالي

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

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

$ـــ_{كلية} = ـــ_{٣} = ـــ_{٤} = ١٢٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

$$جـ_{٣} = \frac{ـــ_{٣}}{س_{٣}} = \frac{١٢٠ \times ١٠^{-٦}}{٦ \times ١٠^{-٦}} = ٢٠ \text{ فولت}$$

$$جـ_{١} = جـ_{٢} = \frac{ـــ_{٤}}{س_{٤}} = \frac{١٢ \times ١٠^{-٥}}{٣ \times ١٠^{-٦}} = ٤٠ \text{ فولت}$$

$ـــ_{١} = س_{١} \times جـ_{١} = ١ \times ١٠^{-٦} \times ٤٠$
$= ٤٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

$ـــ_{٢} = س_{٢} \times جـ_{٢} = ٢ \times ١٠^{-٦} \times ٤٠$
$= ٨٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

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

الحل :

$س_{توازي} = ن \times س$

$٩ = ٦ \times س$

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

$$س_م = \frac{س}{ن} = \frac{١,٥}{٦}$$

$$س_م = \frac{١}{٤} \text{ ميكروفاراد}$$

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

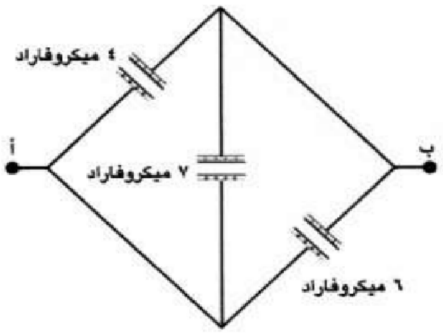
$= ٦ \times ١٠^{-١٠}$ كولوم

٢) $$س = \frac{\varepsilon_{.} \times أ}{ف}$$

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

$أ = ٦ \times ١٠^{-٢}$ م^{٢}

مثال (٧) : وصلت مجموعة من المواسعات كما في الشكل فإذا علمت أن (جـ$_{ب}$ = 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$_{١}$ = س$_{١}$×جـ$_{١}$ = ٤×١٠$^{-٦}$×٤٨
= ١٩٢×١٠$^{-٦}$ كولوم

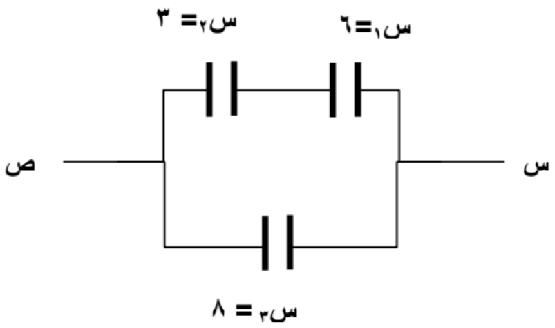
ـــ$_{٢}$ = س$_{٢}$×جـ$_{٢}$ = ٧×١٠$^{-٦}$×٤٨
= ٣٣٦×١٠$^{-٦}$ كولوم

ـــ$_{٣}$ = 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$_{٤}$ = $\frac{٦×٣}{٦+٣}$ = ٢ ميكروفاراد

س$_{٤}$ و س$_{٣}$ على التوازي

س$_{م}$ = ٨+٢ = 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

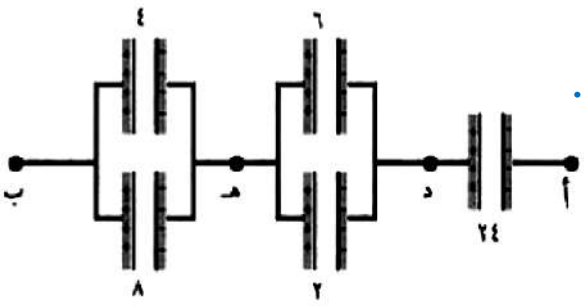
٤) جـ$_{س ص}$ = ٦ فولت

مثال (٩) : يبين الشكل المقابل، مجموعة من المواسعات الموصولة معاً، وقيم مواسعاتها معطاة بالميكروفاراد. إذا كان فرق الجهد بين النقطتين (أ، ب) يساوي (١٢) فولت ، فاحسب :

١) المواسعة المكافئة للمجموعة .

٢) شحنة كل من المواسعين (٤) ميكروفاراد و (٨) ميكروفاراد .

٣) فرق الجهد بين لوحي كل مواسع .

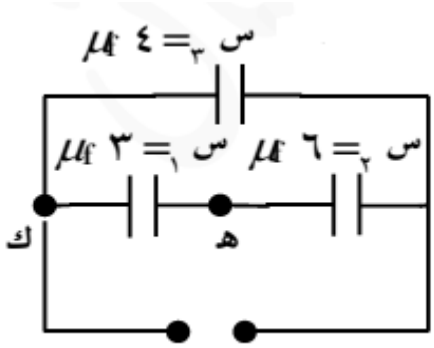


الحل :

مثال (١٠) : اعتماداً على البيانات وإذا علمت أن (جـ هـ ك = ٢٠) فولت احسب :

١) فرق الجهد بين طرفي المصدر .

٢) الطاقة المختزنة في المواسع (س٣) .

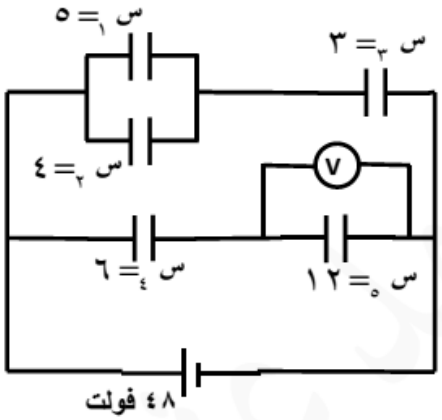


الحل :

مثال (١١) : بالإعتماد على الشكل وإذا كانت المواسعة مقدرة بالميكروفاراد احسب :

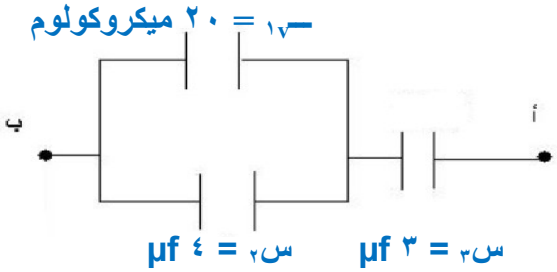
١) قراءة الفولتميتر . ٢) شحنة المواسع (س٣) .

٣) الطاقة المختزنة في المواسع (س٢) .



الحل :

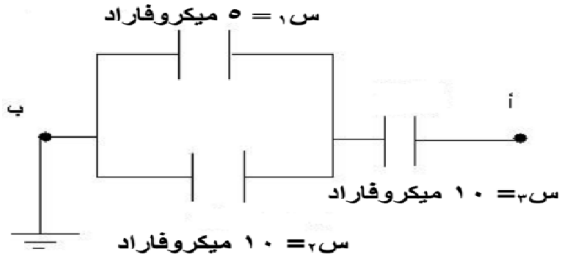
للأذكياء فقط : من الشكل إذا كان جـ أ ب = ٣٠ فولت جد س١ .



سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤

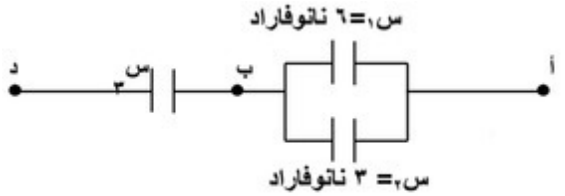
ورقة عمل على المواسعة الكهربائية

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 ، ٣٠٠ميكروكولوم ، 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 .

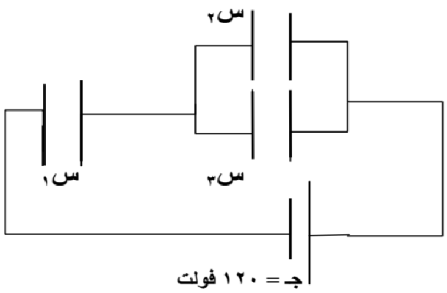


الجواب : (١٢٠×١٠^{-٩} كولوم ، ١٨ نانوفاراد ، ط١=٤٨×١٠^{-٧} جول ، ط٢= ٢٤×١٠^{-٧} جول) .

السؤال الثالث : مواسع ذو صفيحتين متوازيتين ، وصل مع مصدر فرق جهده (١٥٠) فولت ، فكانت الكثافة السطحية للشحنة على صفيحتيه (٣٠) نانوكولوم/سم^{٣} ، احسب البعد بين صفيحتيه .

الجواب : (ف ≈ $٤٤,٢٥ \times ١٠^{-٩}$ م)

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 : (سم = ٢ ميكروفاراد ، ـــ١ = ٢٤٠×١٠^{-٦} كولوم ، ـــ٢ = ٨٠×١٠^{-٦} كولوم ، ـــ٣ = ١٦٠×١٠^{-٦} كولوم) .

السؤال الخامس : ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة :

١) إذا اتصل مواسع مواسعته الكهربائية (٦,٤) ميكروفاراد بمصدر شحن جهده (١٠٠-) فولت فإنه يكتسب عدداً من الالكترونات مقداره :

أ) ٤×١٠^{١٥} ب) $٦,٤ \times ١٠^{٤}$ جـ) $١,٥ \times ١٠^{٦}$ د) $٣,٢ \times ١٠^{٦}$

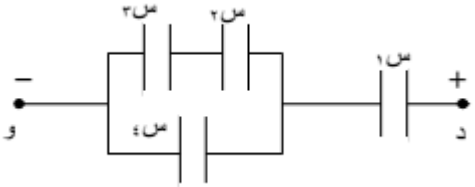
٢) مواسع هوائي مستو مشحون وجهده (١٠٠) فولت ، إذا ثبتنا شحنته وزدنا المسافة بين لوحيه الى المثلين فإن جهده :

أ) (١٠٠) فولت ب) (٢٠٠) فولت جـ) (٥٠) فولت د) (٢٥) فولت .

٣) تقاس المواسعة الكهربائية بوحدة :

أ) كولوم/ فولت ب) فولت/ كولوم جـ) فولت . كولوم د) أمبير/ فولت

٤) من الشكل تكون الشحنة الكلية لمجموعة المواسعات بين النقطتين (د ، و) هي :



أ) $ش_{١} + ش_{٢}$ ب) $ش_{٢} + ش_{٣}$ جـ) $ش_{٢} + ش_{٤}$ د) $ش_{١} + ش_{٤}$

٥) عند زيادة المسافة بين لوحي مواسع مشحون غير متصل بمصدر جهد كهربائي فإن الكمية التي تبقى ثابتة للمواسع :

أ) الجهد الكهربائي ب) المواسعة جـ) الشحنة د) الطاقة المختزنة فيه

٦) إذا قمنا بزيادة مساحة لوحي مواسع موصول بمصدر فرق جهد فإن المواسعة والمجال الكهربائي بين اللوحين :

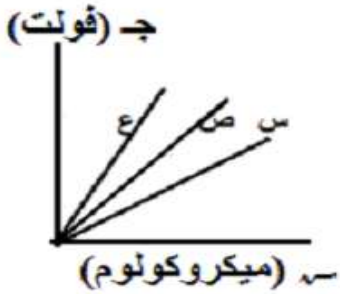
أ) تزداد المواسعة ويزداد المجال . ب) تزداد المواسعة ويبقى المجال ثابتاً .

جـ) تزداد المواسعة ويقل المجال . د) تبقى المواسعة ثابتة ويزداد المجال .

٧) مواسع ذو لوحين متوازيين مشحون والطاقة المختزنة فيه (ط) ، إذا ضاعفنا فرق الجهد بين لوحيه ثلاثة أمثال ما كان عليه ، فأن الطاقة المختزنة فيه تصبح :

أ) $\frac{١}{٣}$ ط ب) ٣ ط جـ) $\frac{١}{٩}$ ط د) ٩ ط

٨) مثلت العلاقة بين شحنة المواسع وفرق الجهد بين صفيحتيه كما في الشكل ، فإن ترتيب المواسعات تنازلياً حسب قيمة المواسعة الكهربائية هو :



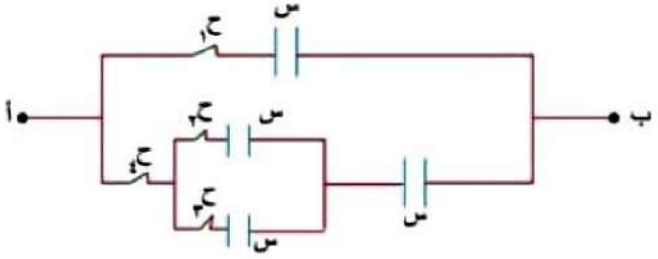
أ) س ، ص ، ع ب) ع ، ص ، س جـ) س ، ع ، ص د) ع ، س ، ص

٩) مواسع ذو صفيحتين متوازيتين يتصل ببطارية ، إذا نقصت المسافة بين صفيحتيه إلى النصف ، فإن ما يحدث لكل من : المواسعة الكهربائية ، جهد المواسع ، الكثافة السطحية للشحنة ، على الترتيب :

أ) تزداد مرتان ، لا يتغير ، تزداد مرتان ب) تقل بمقدار النصف ، لا يتغير ، تزداد مرتان

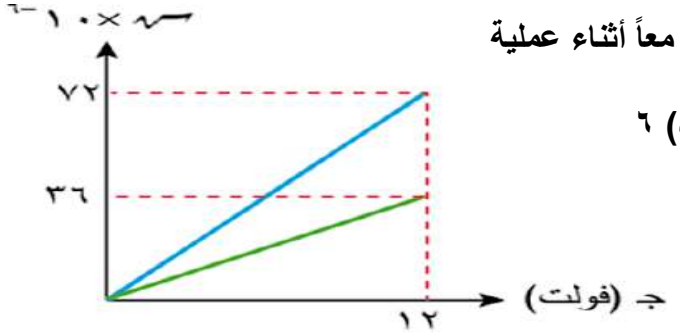
جـ) تزداد مرتان ، يزداد مرتان ، تزداد مرتان د) تقل بمقدار النصف ، لا يتغير ، تقل بمقدار النصف

١٠) من الشكل مواسعات متماثلة متصلة كما في الشكل مع أربع مفاتيح ، للحصول على أقل مواسعة مكافئة يتم فتح المفتاح :



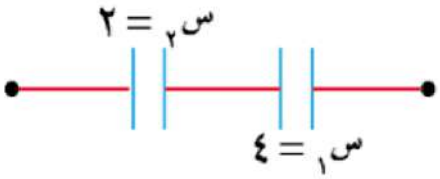
أ) $ح_{١}$ ب) $ح_{٢}$ جـ) $ح_{٣}$ د) $ح_{٤}$

١١) يمثل الشكل العلاقة بين الشحنة والجهد لمواسعين موصولين معاً أثناء عملية الشحن فإن المواسعة المكافئة لهما بوحدة الميكروفاراد :



أ) ٢ ب) ٩ جـ) ٤ د) ٦

١٢) من الشكل إذا كانت الطاقة المختزنة في المواسع الأول ($٠,٥ \times ١٠^{-٦}$) جول والسعة بالمايكروفاراد ، فإن جهد المواسع الثاني :



أ) ٤ ب) ٢ جـ) ١ د) ٣

١٣) مواسع ذو لوحين متوازيين مشحون ويختزن طاقة مقدارها (ط) ، إذا نقصت الشحنة على اللوحين الى ثلث ما كانت عليه ، فإن مقدار الطاقة المختزنة في المواسع يصبح :

أ) ٣ط ب) $\frac{١}{٣}$ ط جـ) ٩ ط د) $\frac{١}{٩}$ ط

١٤) مجموعة من المواسعات المتماثلة وصلت مرة على التوالي ومرة على التوازي مع نفس مصدر فرق الجهد ، واحدة مما يلي ليست صحيحة :

أ) المواسعة المكافئة على التوازي أكبر من المواسعة المكافئة على التوالي .
ب) المواسعات في حالة التوالي تختزن طاقة أقل .
جـ) المواسعات في حالة التوازي تختزن طاقة أقل .
د) المواسعات في حالة التوازي تختزن طاقة تساوي الطاقة المختزنة في حالة التوالي .

١٥) عند توصيل المواسعات على التوازي، فإن واحدة مما يلي غير صحيحة :

أ) الجهد يبقى ثابت لكل المواسعات ويساوي جهد المصدر .
ب) المواسعة ذات السعة الأكبر تختزن طاقة أقل .
جـ) المواسعة ذات السعة الأكبر تختزن طاقة أكبر .
د) تتوزع الشحنة على المواسعات بحيث يختزن المواسع ذو السعة الاكبر شحنة اكبر.

١٦) مواسع ذو لوحين متوازيين وصل مع بطارية جهدها (جـ) حتى شحن تماماً ، إذا فصلت البطارية ومن ثم زاد البعد بين صفيحتي المواسع إلى ضعفي ما كان عليه ، فإن واحدة مما يلي صحيحة :

أ) الشحنة تبقى ثابتة وتزداد المواسعة .
ب) الشحنة تبقى ثابتة ويقل فرق الجهد بين طرفي المواسع إلى النصف .
جـ) الشحنة تبقى ثابتة وتقل الطاقة التي يختزنها المواسع .
د) يتضاعف جهد المواسع وتزداد الطاقة التي يختزنها .

١٧) مواسعان س١ = ½ س٢ ،ولهما نفس مساحة الصفيحة ، وصلا على التوازي مع مصدر لفرق الجهد ، فإن النسبة بين المجال الكهربائي المتكون بين صفيحتي المواسع الأول إلى المجال الكهربائي بين صفيحتي المواسع الثاني هي :

أ) (١ : ٢) ب) (١ : ١) جـ) (٢ : ١) د) (٤ : ١)

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧
أ	ب	أ	جـ	جـ	ب	د	أ	أ	أ	ب	جـ	د	جـ	ب	د	أ

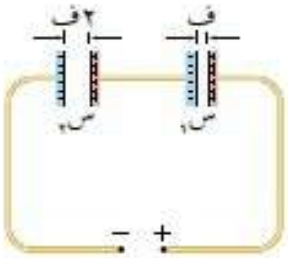
أسئلة الفصل الثالث

١ ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

١ مواسع ذو صفيحتين متوازيتين مشحون، والطاقة المختزنة فيه (ط)، إذا زاد فرق الجهد بين صفيحتيه إلى ثلاثة أضعاف ما كان عليه، فإن الطاقة المختزنة فيه تصبح:

أ $\frac{١}{٣}$ ط　　ب ٣ط　　جـ ٩ ط　　د $\frac{١}{٩}$ ط

٢ مواسعان متساويان في المساحة، البعد بين صفيحتي المواسع الثاني ضعفي البعد بين صفيحتي المواسع الأول، وصلا مع بطارية على التوالي. انظر الشكل ، إذا كان المجال الكهربائي بين صفيحتي المواسع الأول (مـ) فإن المجال بين صفيحتي المواسع الثاني:



أ مـ　　ب $\frac{مـ}{٢}$　　جـ ٢مـ　　د ٤مـ

شحن مواسع بواسطة بطارية، ثم فصل عنها فكانت الطاقة المختزنة فيه (ط)، إذا زاد البعد بين صفيحتيه إلى ضعفي ما كان عليه، ومستعينًا بهذه المعلومات أجب عن الفقرتين (٣، ٤).

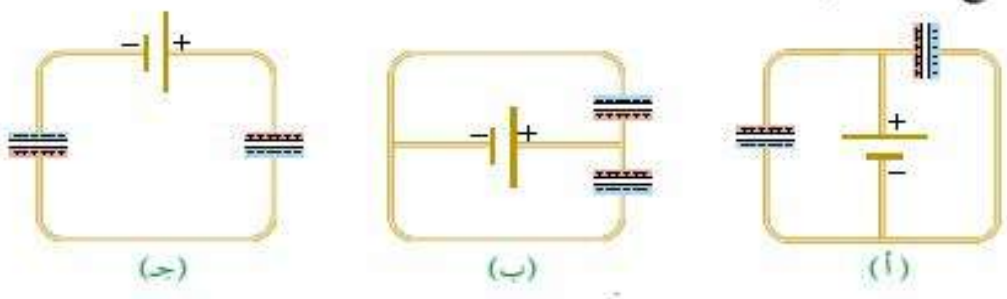
٣ إن الكمية الفيزيائية التي تبقى ثابتة للمواسع هي:

أ الجهد الكهربائي　　ب المواسعة　　جـ الشحنة　　د الطاقة

٤ إن الطاقة المختزنة في المواسع تصبح:

أ $\frac{ط}{٢}$　　ب ط　　جـ ٢ط　　د ٤ط

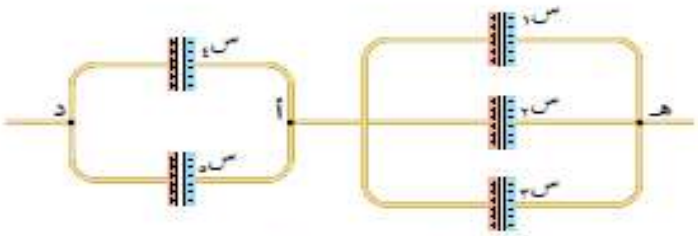
٢ يبين الشكل (٣-٢٠) ثلاث حالات لمواسعين موصولين مع بطارية، حدد طريقة توصيل المواسعين في كل حالة مع بيان السبب.



٣ يبين الشكل (٣-٢١) مجموعة من المواسعات بين النقطتين (هـ، د)، إذا علمت أن المواسعات متساوية في المواسعة، ومواسعة كل منها (٣) ميكروفاراد و(جـ = ٦) فولت، احسب:

أ الشحنة الكلية لمجموعة المواسعات.

ب جـ هـ د.

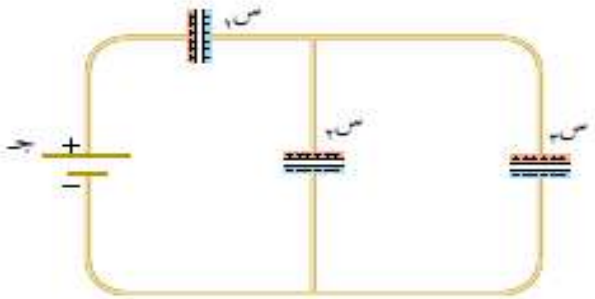


الشكل (٣-٢١): سؤال (٣).

٤ مواسعان (س١ = ٢٥، س٢ = ٥) ميكروفاراد وصلا على التوازي مع مصدر جهد (١٠٠) فولت، فكانت الطاقة المختزنة في المجموعة (ط). إذا أردنا أن يختزن المواسعان الطاقة نفسها عند توصيلهما على التوالي، فما فرق جهد المصدر الذي يحقق ذلك؟

٥ مواسعان يتصلان على التوالي مع مصدر فرق جهد. مساحة صفيحتي المواسع الثاني ضعفا مساحة صفيحتي المواسع الأول، والبعد بين صفيحتي كل من المواسعين متساوٍ. إذا كانت الطاقة المختزنة في المواسع الأول (٦ × ١٠ $^{-٣}$) جول فاحسب مقدار الطاقة المختزنة في المواسع الثاني.

٦ في الشكل (٣-٢٢) إذا كانت مواسعة المواسعات الثلاثة (س١ = ٣ س، س٢ = س، س٣ = ٥س).



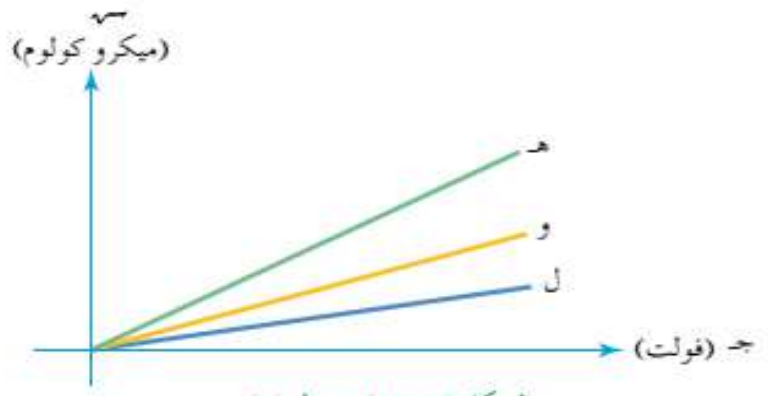
الشكل (٣-٢٢): سؤال (٦).

أ جد المواسعة المكافئة للمجموعة بدلالة (س).

ب رتب هذه المواسعات وفقًا لشحنتها تنازليًا.

٧ يبين الجدول الآتي الأبعاد الهندسية لثلاثة مواسعات، والشكل (٣-٢٣) يمثل منحنى (الجهد-الشحنة) لهذه المواسعات. حدد لكل مواسع المنحنى الذي يناسبه.

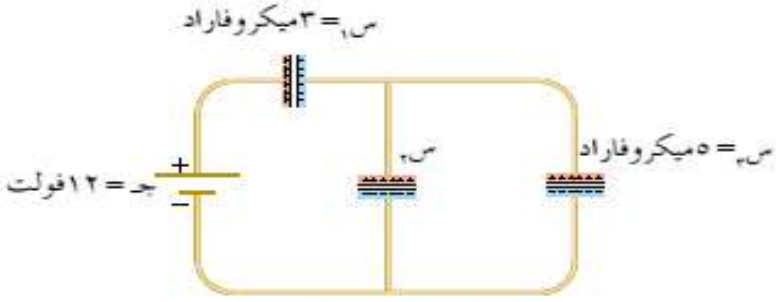
المواسع	مساحة الصفيحة الواحدة	البعد بين الصفيحتين	رمز المنحنى
١	أ	ف	
٢	أ٢	ف	
٣	أ	٢ف	



الشكل (٣-٢٣): سؤال (٧).

٨ مواسع شحنته (ش)، ومساحة كل من صفيحتيه (أ) والبعد بينهما(ف). أثبت أن فرق الجهد بين الصفيحتين (جـ) يعطى بالعلاقة: $جـ = \frac{ف ش}{أ ٤}$

٩ في الشكل (٣-٢٤) إذا كانت الطاقة المختزنة في المواسعات الثلاثة (١٤٤×١٠^{-٦}) جول، وفرق الجهد بين طرفي البطارية (١٢) فولت فاحسب:



الشكل (٣-٢٤): سؤال (٩).

أ الطاقة المختزنة في المواسع الأول.

ب مواسعة المواسع الثاني.

الفصل الرابع / التيار الكهربائي

التيار الكهربائي :

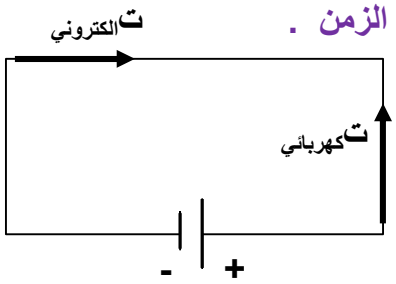
تنقسم المواد حسب موصليتها للكهرباء إلى عدة اقسام منها :
١) المواد الموصلة : تسمح للشحنات الحرة بالحركة خلالها بسهولة عند تعرضها لمجال كهربائي خارجي مثل الفلزات .
٢) المواد العازلة : تصعب على الشحنات الحرة الحركة خلالها إلا إذا تعرضت لمجال كهربائي قوي يجبرها على الحركة مثل الخشب والمطاط المستخدم في صنع 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 .

* تحتوي الموصلات على الكترونات حرة في حالة حركة عشوائية بسرعات مختلفة مقداراً واتجاهاً ، إلا أن معدل هذه السرعات صفراً ، لأن متوسط عدد الإلأكترونات الحرة التي تعبر أي مقطع من الموصل باتجاه ما يساوي متوسط عدد الإلكترونات التي تعبره بالإتجاه المعاكس وهكذا لا ينتج عن تيار كهربائي عن الحركة العشوائية .

* يتم الحصول على المجال في موصل عن طريق وصل طرفيه ببطارية حيث ينشأ فرق في الجهد الكهربائي وعندها ستتأثر الإلكترونات الحرة في الموصل بقوة كهربائية تؤدي إلى اندفاعها باتجاه واحد (وهذه الحركة تشكل التيار الكهربائي) 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 :

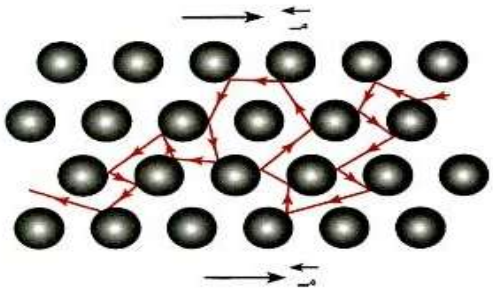
$$ت = \frac{\Delta ـــ_{ق}}{\Delta ز}$$

حيث ت : التيار الكهربائي ، $\Delta ـــ_{ق}$: 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) ومقاومته صغيرة 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 .

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 " .

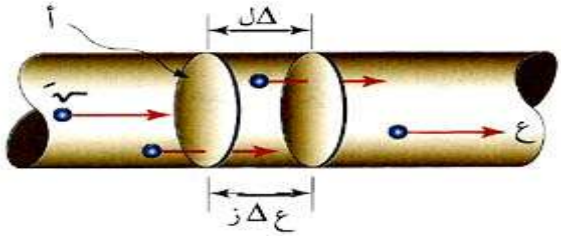
* **سؤال (علل) :** ترتفع درجة حرارة الموصل الذي يسري به تيار كهربائي ؟

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 .

علل : تتحرك الإلكترونات حركة عشوائية داخل الموصلات ؟

جواب : لأن المجال الكهربائي داخل الموصلات يساوي صفراً فلا تتأثر الشحنات بأي قوة كهربائية .

* **سؤال :** اثبت أن التيار المار في موصل معين مساحة مقطعه (أ) ، وطوله (Δ ل) 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 Δ ل

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

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

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

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

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

$$ت = نَ \ أ \ ع -_{ev}$$

حيث ت : التيار الكهربائي بالأمبير ، أ : مساحة مقطع الموصل ، ع : السرعة الإنسياقية ، $-_{ev}$: مقدار الشحنة الحرة .
نَ : عدد الالكترونات الحرة في وحدة الحجم ، *وهي ثابتة للمادة الواحدة عند ثبات درجة الحرارة* .

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 :

١) $\Delta ش = ت \times ز = ٣٢٠ \times ١٠^{-٩} \times ١٠ \times ١٠^{-٣}$

$= ٣٢ \times ١٠^{-١٠}$ كولوم

٢) $ن = \frac{\Delta ش_{جسم}}{ش_{e}} = \frac{٣٢ \times ١٠^{-١٠}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}}$

$= ٢ \times ١٠^{١٠}$ الكترون

مثال (٢) : موصل فلزي منتظم المقطع ، عدد الالكترونات الحرة في وحدة الحجم فيه (٦٤٠×١٠^{٢٧}) 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) $\Delta ش = ت \times ز = ٣,٢ \times ١٠^{-٦} \times ٦٠$

$= ١٩٢ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

٢) $ع = \frac{ت}{ن أ ش_{e}} = \frac{٣,٢ \times ١٠^{-٦}}{٦٤٠ \times ١٠^{٢٧} \times ٠,٥ \times ١٠^{-٦} \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}} = ٦٢٥ \times ١٠^{-١٣}$ 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 :

$ن = \frac{ت}{أ ع ش_{e}} = \frac{١٠ \times ١٠^{-٩}}{٠,٥ \times ١٠^{-٤} \times ٥ \times ١٠^{-٢} \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}} = ٠,٢٥ \times ١٠^{١٧}$ إلكترون/م^{٣}

مثال (٤) : يمر تيار كهربائي مقداره (٤,٨) أمبير في موصل مساحة مقطعه (٠,٣) مم^{٢} ، إذا علمت أن عدد الإلكترونات الحرة في وحدة الحجوم من الموصل تساوي (١٠×١٠^{٢٨}) إلكترون/م^{٣} فاحسب :

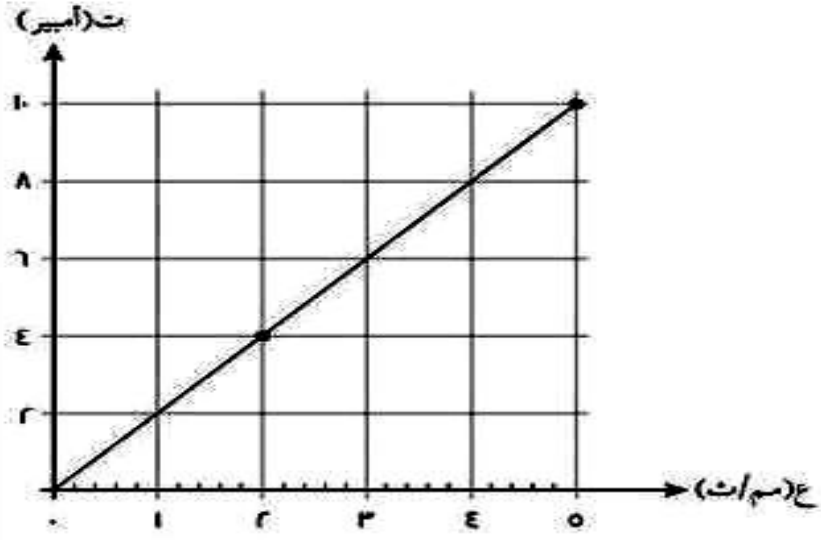
١) السرعة الإنسياقية للإلكترونات الحرة في هذا الموصل .

٢) عدد الإلكترونات التي تعبر مقطع الموصل في زمن مقداره (١٠) ثواني .

الحل :

سؤال دليل المعلم :

١- يمثّل الشكل العلاقة بين التيار الكهربائي المار في موصل فلزي والسرعة الانسياقية للإلكترونات الحرة داخله، إذا علمت أن طول الموصل (٢٠٠)م، ومقاومته (٢)Ω، ومساحة مقطعه العرضي (٢)مم٢.



أ) عندما تكون السرعة الانسياقية (٢)مم/ث، جد:

(١) عدد الإلكترونات الحرة في (١)م٣ من مادة هذا الموصل.

(٢) عدد الإلكترونات الحرة التي تعبر مقطع الموصل خلال (٠,٥) ث.

ب) هل تتغير إجابة الفرع (أ)، إذا انساقت الإلكترونات بسرعة (٥)مم/ث؟ لماذا؟

الحل : أ)

(١) ت= أ ن ع سـهـ ، من الرسم ت= ٤ أمبير، ع= ٢مم/ث

$٤ = ٢ \times ١٠^{-٦} \times نَ \times ٢ \times ١٠^{-٣} \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}$

$نَ = \frac{١}{١,٦ \times ١٠^{-٢٨}}$

$نَ = ٦٢٥ \times ١٠^{٢٥}$ إلكترون/م٣

(٢) $ت = \frac{ن سـهـ \Delta}{\Delta ز}$

$ت = \frac{نَ سـهـ ع}{\Delta ز}$

$ن = \frac{٠,٥ \times ٤}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}} = ١٢٥ \times ١٠^{١٧}$ إلكترون.

ب)

(١) ت= أ ن ع سـهـ ، من الرسم ت= ١٠ أمبير، ع= ٥مم/ث

$١٠ = ٢ \times ١٠^{-٦} \times نَ \times ٥ \times ١٠^{-٣} \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}$

$نَ = \frac{١}{١,٦ \times ١٠^{-٢٨}}$

$نَ = ٦٢٥ \times ١٠^{٢٥}$ إلكترون/م٣

(٢) $ت = \frac{ن سـهـ \Delta}{\Delta ز}$

$ت = \frac{نَ سـهـ ع}{\Delta ز}$

$ن = \frac{٠,٥ \times ١٠}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}} = ٣١٢,٥ \times ١٠^{١٧}$ إلكترون.

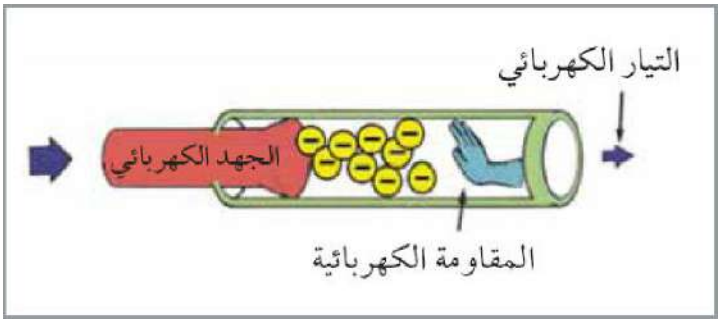
نلاحظ أن (نَ) لا تتغيّر بتغير التيار والسرعة الانسياقية؛ حيث يعدّ عدد الإلكترونات في وحدة الحجوم (نَ) خاصية من خصائص الفلز عند درجة حرارة معينة.

بينما يزداد عدد الإلكترونات التي تعبر مقطع الموصل خلال مدة زمنية معينة، بزيادة التيار الذي يسري في ذلك الموصل.

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 بعضها ومع 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) .

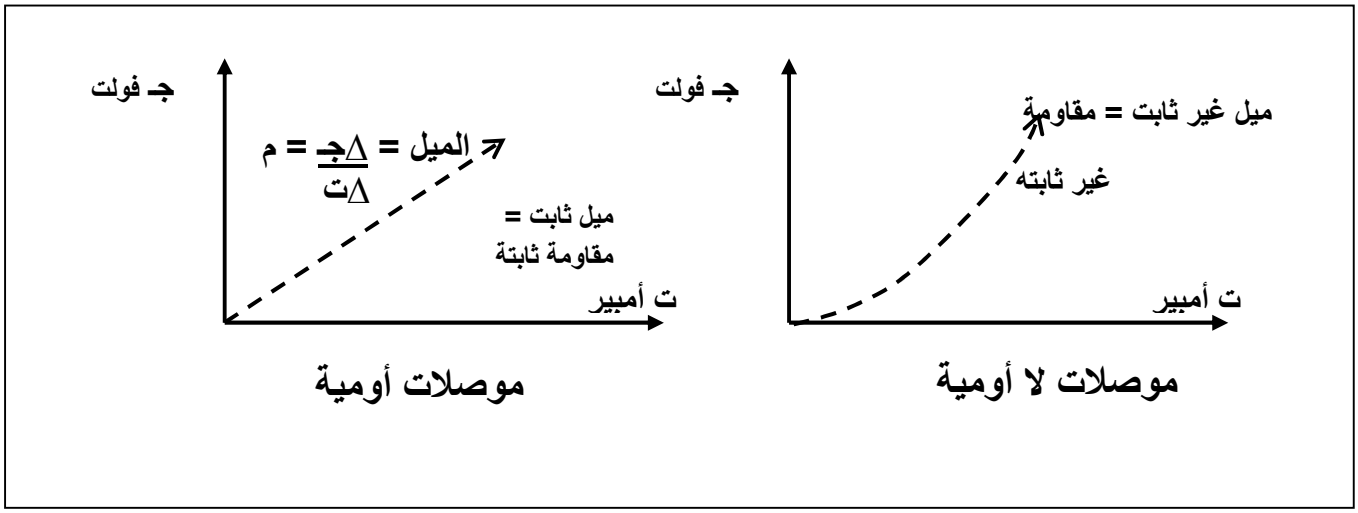
يعرف الأوم بأنه " مقاومة موصل فلزي يمر به تيار قدره (١) أمبير عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه (١) فولت "

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 مثل الفلزات .

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 مثل أشباه الموصلات . (انظر الرسم التالي)



تصنف المقاومات من حيث مادة الصنع إلى :

١) مقاومات كربونية : مصنوعة من مادة الكربون وتتميز بالألوان على سطحها بترتيب معين لمعرفة قيمتها .

٢) مقاومات فلزية (سلكية) : مصنوعة من مادة فلزية أو أكثر .

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 -/\/\/\- .

سؤال (علل) : تستخدم المقاومات في الأجهزة والدارات الكهربائية ؟

جواب : ١) التحكم في التيار الكهربائي المار فيها . ٢) حماية الأجهزة من التلف .

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 α $\frac{ل}{أ}$

$$م = \rho \frac{ل}{أ}$$

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

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) : تستخدم المواد العازلة (كالمطاط) في صناعة مقابض أدوات صيانة الأجهزة الكهربائية .

جواب : بسبب ارتفاع مقاوميته .

سؤال (علل) : تزداد مقاومة المواد الفلزية عند رفع درجة حرارتها .

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

سؤال : ما أهمية الموصلية الفائقة ؟

جواب : ١) نقل الطاقة وتخزينها 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 .

سؤال : صنف المواد من حيث قيمة المقاومية ؟

جواب : ١) مواد موصلة ذات مقاومية كهربائية صغيرة جداً مثل الفضة والنحاس .
٢) مواد شبه موصلة ذات مقاومية كهربائية متوسطة مثل الكربون والجرمانيوم .
٣) مواد عازلة ذات مقاومية عالية مثل الزجاج والمطاط .

مثال (١) : 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 = $\frac{\text{ت}}{\text{نَ أ ــ ev}} = \frac{٠,٣}{٢ \times ١٠^{٢٨} \times ١ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}}$

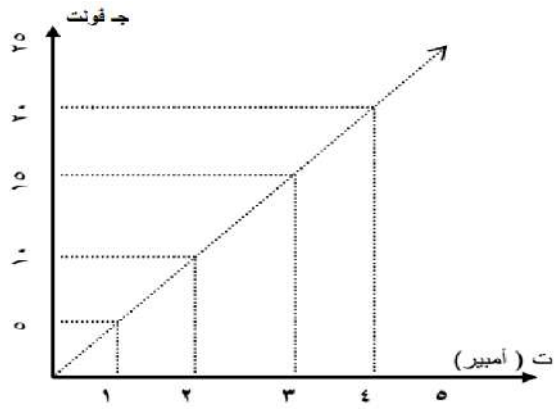
≈ $٩,٤ \times ١٠^{-١١}$ م/ث

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

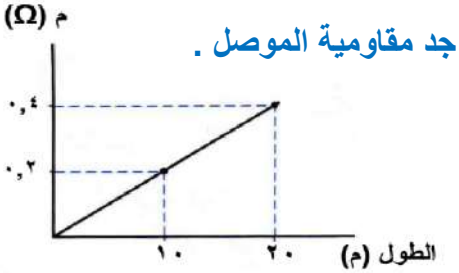
١) م = $\frac{\text{جـ}}{\text{ت}} = \frac{١٠}{٢} = ٥$ أوم

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

٢) ت = ٢ أمبير

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

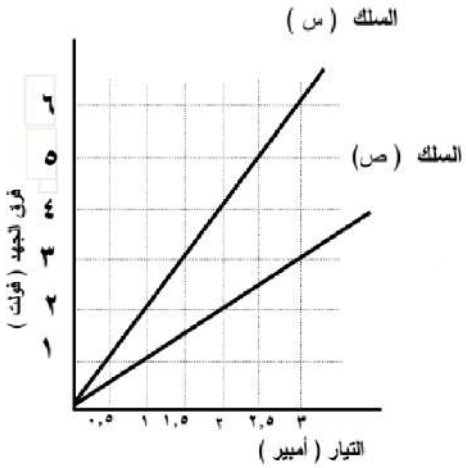
مثال (٤) : موصل مساحة مقطعه العرضي (١×١٠^{-٦}) م^{٢} ، مستعيناً بالشكل جد مقاومية الموصل .



الحل :

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

مثال (٥) : يبين الشكل البياني تغيرات فرق الجهد الكهربائي مع التيار الكهربائي 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 قلّ ؟ وضح اجابتك .

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

الحل :

١) السلك ص ، مقاومته أقل .

٢) ـــر = ت × ز = ٢ × ٢٠ = ٤٠ كولوم

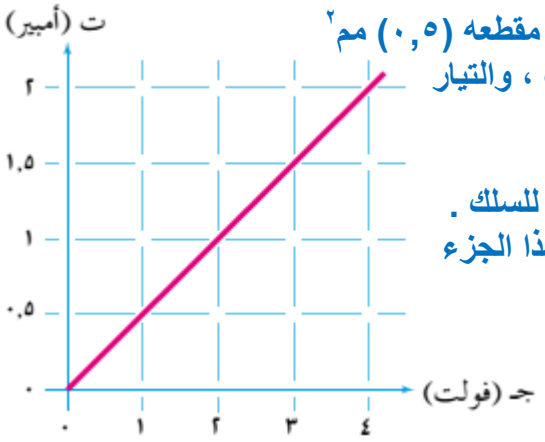
٣) سيزداد ، لأن المقاومة ستزداد والميل يمثل المقاومة

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

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

مثال (٦) : في تجربة لقياس مقاومة سلك طويل ملفوف على بكرة مساحة مقطعه (٠,٥) مم^{٢} مثل الرسم البياني بين العلاقة بين فرق الجهد بين طرفي السلك ، والتيار الكهربائي المار خلاله ، احسب :



١) مقاومة السلك (م) .

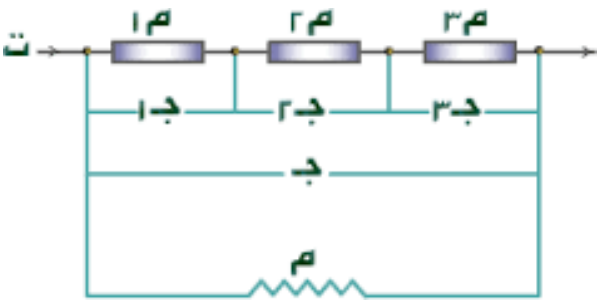
٢) إذا علمت أن ($\rho_{\text{الحديد}} = ١٠ \times ١٠^{-٨}$ Ω.م) ، جد الطول الكلي للسلك .

٣) إذا استخدم جزءاً من اللفة طوله (لَ = ٢م) ، فجد مقاومة هذا الجزء (مَ) ومقاوميته .

الحل :

توصيل المقاومات الكهربائية

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



$$جـ = جـ_{١} + جـ_{٢} + جـ_{٣}$$

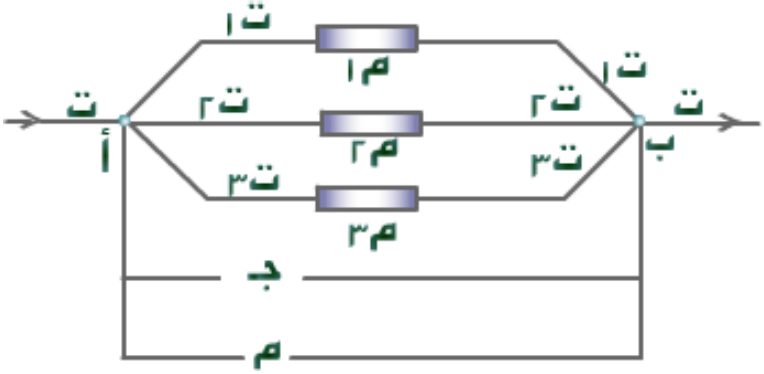
$$ت م = ت_{١} م_{١} + ت_{٢} م_{٢} + ت_{٣} م_{٣}$$

$$م_{ك} = م_{١} + م_{٢} + م_{٣}$$

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

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

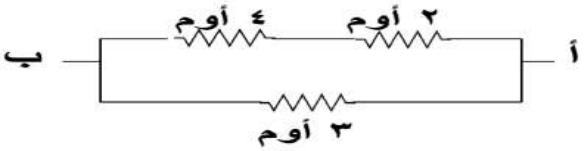
لاحظ أن المقاومة تقل عند التوصيل على التوازي .

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)



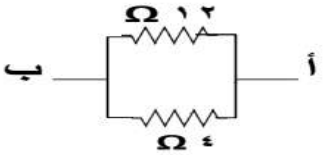
الحل : (٢ ، ٤) أوم على التوالي

م١ = ٢ + ٤ = ٦ أوم

(م١ ، ٣) أوم على التوازي

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

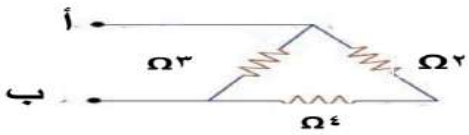
٢)



الحل : (١٢ ، ٤) أوم على التوازي

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

٣)



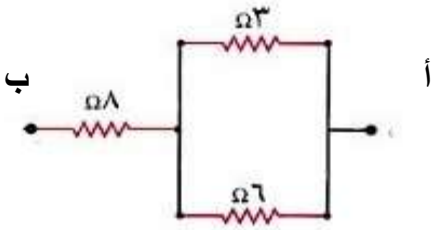
الحل : (٢ ، ٤) أوم على التوالي

م١ = ٢ + ٤ = ٦ أوم

(م١ ، ٣) أوم على التوازي

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

٤)



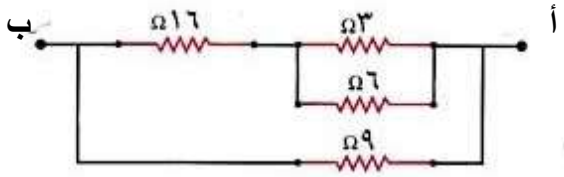
الحل : (٦ ، ٣) أوم على التوازي

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

(م١ ، ٨) أوم على التوالي

م ك = ٢ + ٨ = ١٠ أوم

٥)



الحل : (٦ ، ٣) أوم على التوازي

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

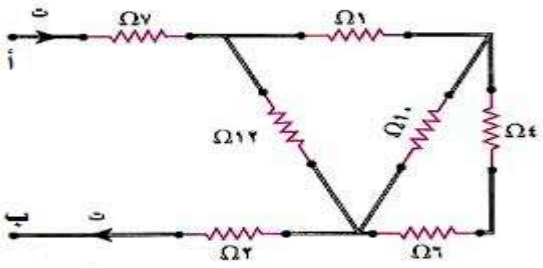
(٢ ، ١٦) أوم على التوالي

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

$$م_{٢} = \frac{١٠ \times ١٠}{١٠ + ١٠} = ٥\ \Omega$$

(٥ ، ١) أوم على التوالي

م٣ = ٥ + ١ = ٦ أوم

(م٣ ، ١٢) أوم على التوازي

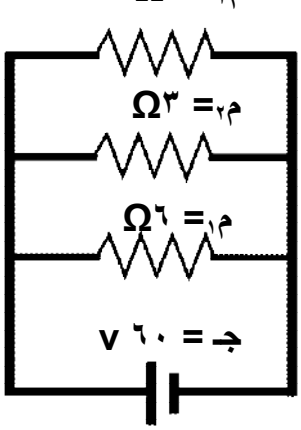
$$م_{٤} = \frac{٦ \times ١٢}{٦ + ١٢} = ٤\ \Omega$$

(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

$$\frac{١}{م_{ك}} = \frac{١}{٦} + \frac{١}{٣} + \frac{١}{٢} \Leftarrow م_{ك} = ١\ \Omega$$

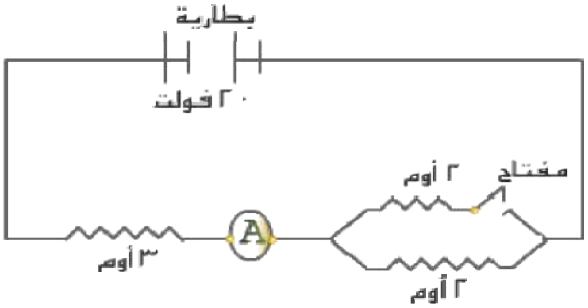
٢) $ت_{١} = \frac{جـ_{١}}{م_{١}} = \frac{٦٠}{٦} = ١٠$ أمبير

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

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

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

١) المفتاح مفتوح . ٢) المفتاح مغلق .



الحل :

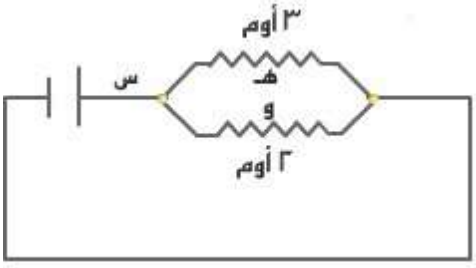
١) مك = ٢ + ٣ = ٥ أوم

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

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

قراءة الأميتر = ت = $\frac{جـ}{م_{ك}} = \frac{٢٠}{٤} = ٥$ 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 :

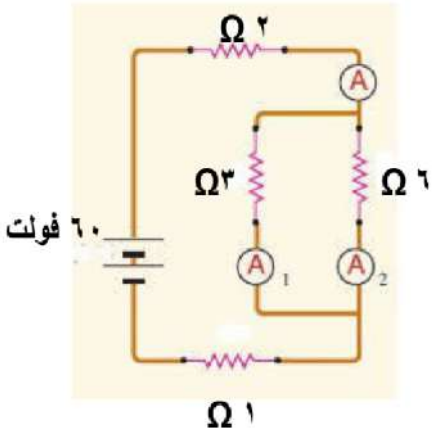
١) جـ هـ = تـ هـ × مـ هـ = ٤ × ٣ = ١٢ فولت

جـ هـ = جـ و = ١٢ فولت

ت و = جـ و / م و = ١٢ / ٢ = ٦ أمبير

٢) تـ 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 = ٦ × ٣ / ٦ + ٣ = ٢ أوم

(٢ ، ١ ، م١) أوم على التوالي

مك = ٢ + ١ + ٢ = ٥ أوم

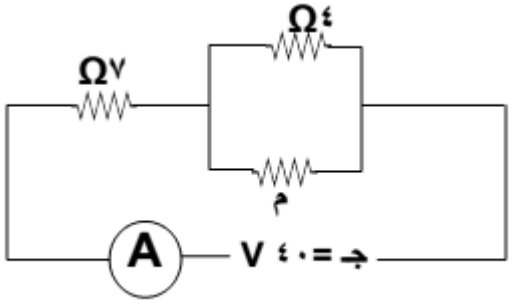
٢) قراءة الأميتر A = تـ كلي = جـ / مك = ٦٠ / ٥ = ١٢ أمبير

جـ ١ = تـ × م١ = ١٢ × ٢ = ٢٤ فولت

قراءة الأميتر A_1 = جـ / م = ٢٤ / ٣ = ٨ أمبير

قراءة الأميتر A_2 = جـ / م = ٢٤ / ٦ = ٤ أمبير

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



الحل :

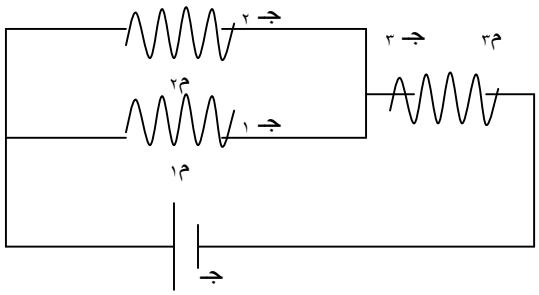
مك = جـ / ت = ٤٠ / ٤ = ١٠ أوم

(٧ ، مَ) أوم على التوالي

مك = ٧ + مَ = ١٠ ومنها مَ = ٣ أوم

مَ = ٤ × م / ٤ + 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

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

(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

$$ت_١ = \frac{جـ_١}{م_١} = \frac{٣٠}{١٢} = ٢,٥ \text{ أمبير}$$

$$ت_٢ = \frac{جـ_٢}{م_٢} = \frac{٣٠}{٤} = ٧,٥ \text{ أمبير}$$

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 .

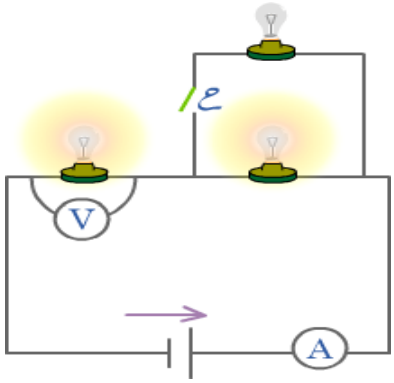
الحل :

$$مك = \frac{جـ}{ت} = \frac{٢٤}{٢} = ١٢ \text{ أوم}$$

مك = ن × م ومنها ١٢ = ن ×٣

عدد المقاومات (ن) = ٤ مقاومات

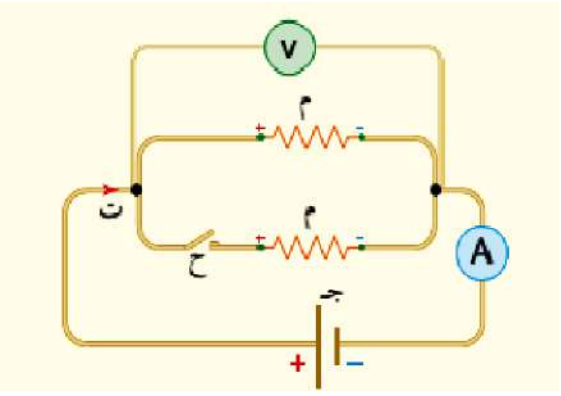
مثال (٩) : في الشكل المجاور المصابيح الثلاثة متماثلة تماماً وصالحة بين مع التفسير ما يحدث لكل من قراءتي الأميتر والفولتميتر عند إغلاق المفتاح (ح) .



الحل :

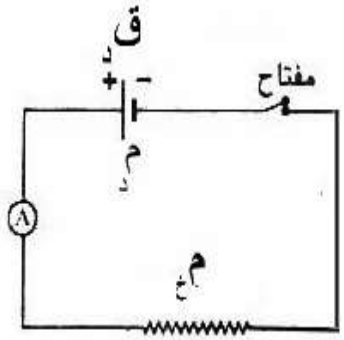
ستزداد قراءتي الأميتر والفولتميتر ، لأنه عند اغلاق المفتاح ستقل المقاومة المكافئة للدارة فيزداد التيار ويزداد فرق الجهد .

مثال (١٠) : من الشكل المجاور ماذا يحدث لقراءة الأميتر والفولتميتر بعد إغلاق المفتاح ؟



الحل : قراءة الأميتر ستزداد لأن المقاومة المكافئة ستقل أما قراءة الفولتميتر لن تتغير لأنها موصولة على التوازي مع البطارية .

القوة الدافعة الكهربائية



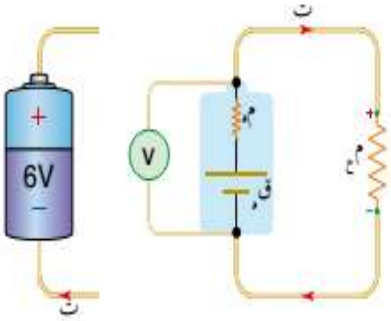
* مصادر القوة الدافعة الكهربائية : هي المصادر التي تمدنا بالطاقة الكهربائية مثل البطارية والمولد الكهربائي .
* تكمن أهمية مصادرالقوة الدافعة الكهربائية في أنها تعمل على تحريك الشحنات الحرة وإدامة التيار في دارة مغلقة وتزويد الشحنات الكهربائية بالطاقة .
* يرمز للبطارية بالرمز (⊣⊢) حيث يشير الخط الأقصر 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 " .

ق د = الشغل الذي يبذله مصدر القدرة (جول) / كمية الشحنة المنقولة (كولوم)

$$ق_د = \frac{ش}{ـ ف}$$

تقاس القوة الدافعة بوحدة جول/كولوم وتسمى فولت



* تستهلك معظم الطاقة التي تنتجها البطارية في المقاومات الخارجية (م خ) ، إلا أن جزءاً صغيراً من الطاقة يستهلك داخل البطارية لوجود مقاومة تعيق حركة الشحنات عند مرورها عبر البطارية وتسمى المقاومة الداخلية للبطارية (م د) .
* عندما تكون الدارة مغلقة نجد أن قراءة الفولتميتر التي تمثل فرق الجهد بين قطبي البطارية تكون أقل من قيمة القوة الدافعة الكهربائية للبطارية بمقدار (ت م د) بسبب استهلاك جزء من الطاقة في المقاومة الداخلية ، ويعبر عن فرق الجهد بين قطبي البطارية (جـ) بالعلاقة :

$$جـ = ق_د - ت\ م_د$$

* المقدار (ت م د = ق د - ت ×م) جهداً مهدوراً يسمى الهبوط في الجهد لأنه يؤدي إلى انقاص فرق الجهد بين قطبي البطارية عن مقدار القوة الدافعة الكهربائية .

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

جواب : ١) إذا كانت الدارة مفتوحة (ت = صفر) . ٢) إذا كانت المقاومة الداخلية مهملة (م د = صفر) .

سؤال : اذكر الحالات التي يتلاشى عندها التيار الكهربائي في الدارة الكهربائية .

جواب : ١) فتح الدارة الكهربائية : حيث يتلاشى المجال الكهربائي ويتوقف امداد الشحنات بالطاقة .
٢) عندما تستهلك الطاقة المختزنة بالبطارية .

سؤال : ماذا نعني بقولنا أن القوة الدافعة الكهربائية لبطارية (٥) فولت ؟

جواب : أي أنها تبذل شغلاً قدره (٥) جول لنقل وحدة الشحنات الموجبة من القطب السالب إلى القطب الموجب داخلها .

القدرة الكهربائية

تعرف القدرة بأنها : الشغل المبذول (ش) لنقل شحنة بين نقطتين بينهما فرق في الجهد الكهربائي في وحدة الزمن
أو هي الطاقة المنتجة من البطارية في وحدة الزمن .

القدرة = $\frac{\text{ش}}{\text{ز}}$

ش = ق$_{د}$ × ـــ$_{٧}$ (بقسمة الطرفين على الزمن)

$\frac{\Delta\text{ش}}{\Delta\text{ز}}$ = ق$_{د}$ × $\frac{\Delta\text{ـــ}_{٧}}{\Delta\text{ز}}$

قدرة البطارية = ق$_{د}$ × ت

* لحساب القدرة المستهلكة في المقاومة :

ش = جـ × ـــ$_{٧}$ (بقسمة الطرفين على الزمن)

$\frac{\text{ش}}{\text{ز}}$ = جـ × $\frac{\text{ـــ}_{٧}}{\text{ز}}$

القدرة = جـ × ت
= م ت^{٢}
= $\frac{\text{جـ}^{٢}}{\text{م}}$

مهم

تسمى القدرة أيضاً بـ معدل الطاقة المستهلكة

* تقاس القدرة بوحدة واط ⟸ كيلو واط = ١٠٠٠ واط .

* ولحساب الطاقة المستهلكة (ط) في أي جهاز عند تشغيله مدة من الزمن (ز) بالعلاقة :

ط = القدرة × ز

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

ق$_{د}$×ت = م×ت^{٢} + م$_{د}$×ت^{٢}

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 = جـ^{٢}/م) أي تتناسب القدرة 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 .

سؤال : جهاز مكتوب عليه (٦٠ واط ، ٢٢٠ فولت) ماذا تعني هذه القيم ؟

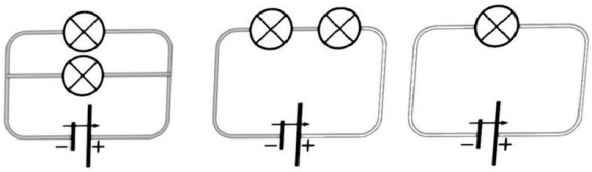
جواب : أي أن الجهاز يستهلك من الطاقة (٦٠) جول كل ثانية ، إذا تم وصله على مصدر فرق جهد قدره (٢٢٠) فولت .

سؤال : جد الطاقة المكافئة (للكيلو واط . ساعة) بوحدة جول .

جواب : الطاقة (جول) = القدرة (واط) × الزمن (ثانية)

= ١٠٠٠ × ٦٠ × ٦٠ = ٣٦ × ١٠^{٥} جول

سؤال : يبين الشكل خمسة مصابيح متماثلة في ثلاث دارات ، وصلت مع ثلاث بطاريات متماثلة مقاومتها الداخلية مهملة رتب الدارات تصاعدياً وفق القدرة المستهلكة في كل منها .



(١) (٢) (٣)

جواب :

القدرة(١) = $\frac{\text{جـ}^{٢}}{\text{م}}$

م مكافئة(٢) = م + م = ٢م

القدرة(٢) = $\frac{\text{جـ}^{٢}}{٢\text{م}}$

م مكافئة(٣) = $\frac{\text{م}}{٢}$

القدرة(٣) = $\frac{٢\text{جـ}^{٢}}{\text{م}}$

يكون الترتيب (٢) ، (١) ، (٣)

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 Ω

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

أ = ١٢×١٠^{-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

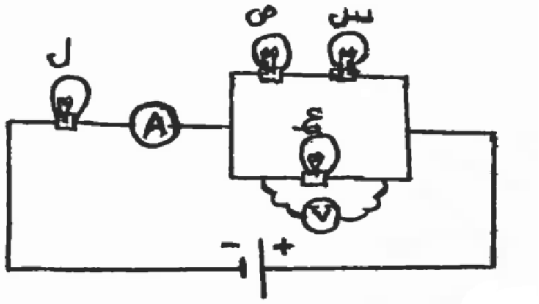
٢) م = $\frac{جـ}{ت}$ = $\frac{٢٠٠}{٨}$ = ٢٥ Ω

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

= ١١٥٢×١٠^{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 Ω

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

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

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

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

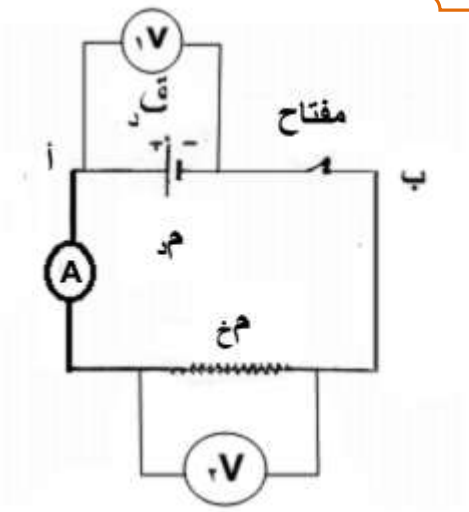
قدرة $_{١} = م_{١} \times ت_{١}^{٢} = ٣٦٠ \times (٠,٢)^{٢} = ١٤,٤$ واط

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 :

معادلة الدارة البسيطة



* إن قراءة الأميتر (A) تمثل التيار الكلي في الدارة .
* إن قراءة الفولتميتر (V_1) تمثل فرق الجهد بين قطبي البطارية .
* إن قراءة الفولتميتر (V_2) تمثل فرق الجهد بين طرفي المقاومة الخارجية .

$ق_د = جـ_{خارجي} + جـ_{داخلي}$

$ق_د = ت \times م_خ + ت \times م_د$

$ق_د = ت(م_خ + م_د)$

معادلة الدارة البسيطة لبطارية واحدة

$$ت = \frac{ق_د}{م_خ + م_د}$$

معادلة الدارة البسيطة لأكثر من بطارية

$$ت = \frac{\sum ق_د}{\sum م}$$

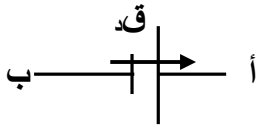
حيث $\sum م = م_خ + \sum م_د$

حالات توصيل البطارية :

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

(جـ أ + ق د = جـ ب)

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

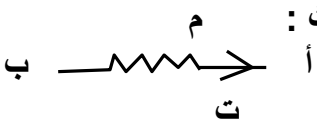


(جـ أ - ق د = جـ ب)

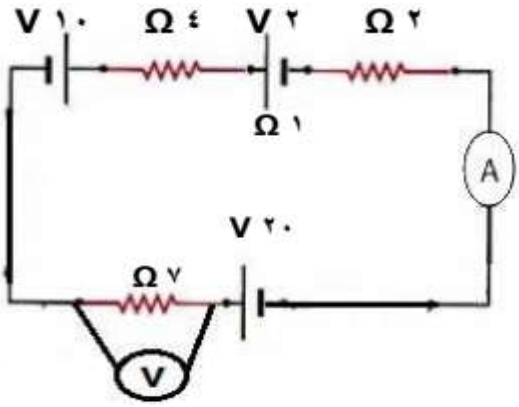
حالات توصيل المقاومة الخارجية :

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

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



مثال (١) : من الشكل المجاور جد :
١) قراءة الأميتر (A) . ٢) قراءة الفولتميتر (V) .



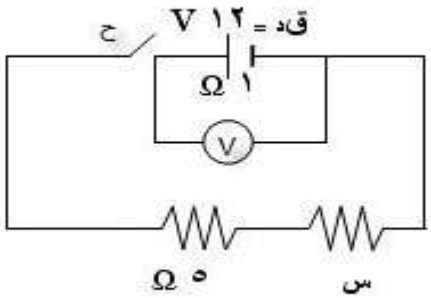
الحل :

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

= $\frac{٢٨}{١٤}$ = 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

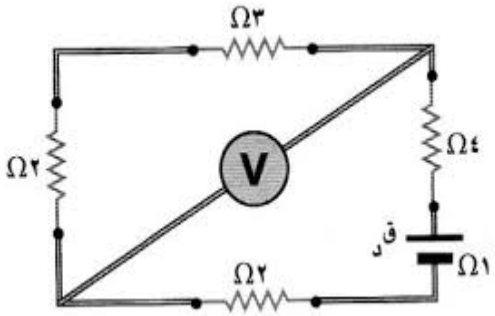
٢) الهبوط في الجهد = ت × $م_د$

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

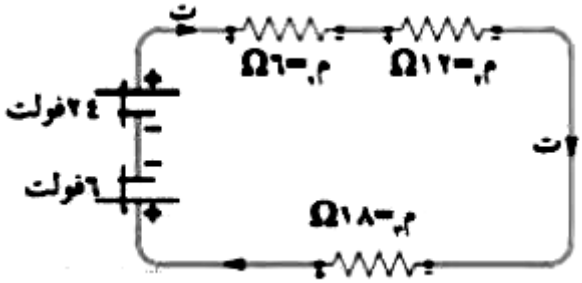
٢) قدرة البطارية = $ق_د$ × ت = ٣٦ × ٣ = ١٠٨ واط

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

مثال (٤) : في الشكل المجاور احسب :
١) تيار الدارة .
٢) معدل الطاقة في المقاومة (٦) أوم .

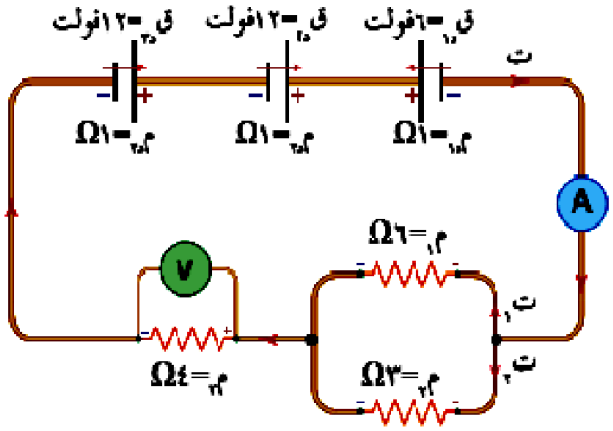


الحل :

١) $ت = \frac{\sum ق}{\sum م} = \frac{٢٤ - ٦}{١٨+١٢+٦} = \frac{١٨}{٣٦} = ٠,٥$ أمبير

٢) القدرة = $م ت^{٢} = ٦ \times (٠,٥)^{٢} = ١,٥$ واط

مثال (٥) : في الشكل المجاور احسب :
١) قراءة الأميتر .
٢) قراءة الفولتميتر .
٣) التيار في كل مقاومة .



الحل :

١) $م_{توازي} = \frac{٦ \times ٣}{٦+٣} = ٢$ أوم

قراءة الأميتر = $ت = \frac{\sum ق}{\sum م} = \frac{١٢+١٢-٦}{٢+٤+٣} = \frac{١٨}{٩} = ٢$ أمبير

٢) قراءة الفولتميتر = $جـ = ت \times م_{٣} = ٢ \times ٤ = ٨$ فولت

٣) $جـ_{توازي} = ت \times م_{توازي} = ٢ \times ٢ = ٤$ فولت

$ت_{١} = \frac{جـ_{١}}{م_{١}} = \frac{٤}{٦} = \frac{٢}{٣}$ أمبير ، $ت_{٢} = \frac{جـ_{٢}}{م_{٢}} = \frac{٤}{٣}$ أمبير

مثال (٦) : وصلت بطارية مع مقاومة قدرها (٢) أوم فكان التيار المار بالدارة (٣) أمبير ، وعند استبدال المقاومة بمقاومة قدرها (٥) أوم ، مر بها تيار قدره (٢) أمبير ، احسب كل من القوة الدافعة الكهربائية والمقاومة الداخلية .

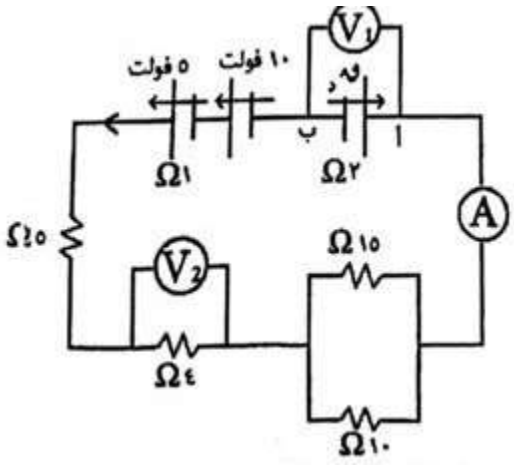
الحل :

(للأذكياء) : من الشكل إذا كانت قراءة الفولتميتر (V_1= ٧ فولت) جد :

١) قراءة الأميتر (A) .

٢) قراءة الفولتميتر (V_2) .

٣) الطاقة المستهلكة في المقاومة (٤ أوم) خلال نصف ساعة .



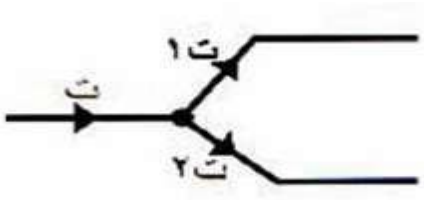
الدارات الكهربائية وقاعدتا كيرشوف

قانون كيرشوف الأول (قاعدة الوصلة) : ويعتمد على مبدأ **حفظ الشحنة** .

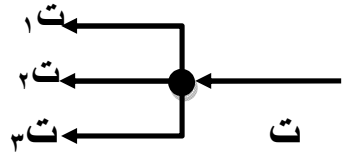
وينص على " المجموع الجبري للتيارات عند أي نقطة تفرع في دارة كهربائية يساوي صفراً "

$$\sum ت \text{ (عن أي نقطة تفرع)} = \text{صفراً}$$

مثل :



ت = ت١ + ت٢



ت = ت١ + ت٢ + ت٣

قانون كيرشوف الثاني (قاعدة الجهد) : ويعتمد على مبدأ **حفظ الطاقة** .

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

$$\sum جـ_{أ\,أ} = \text{صفراً}$$

$$\sum ق_د = \sum ت \times م$$

(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 .

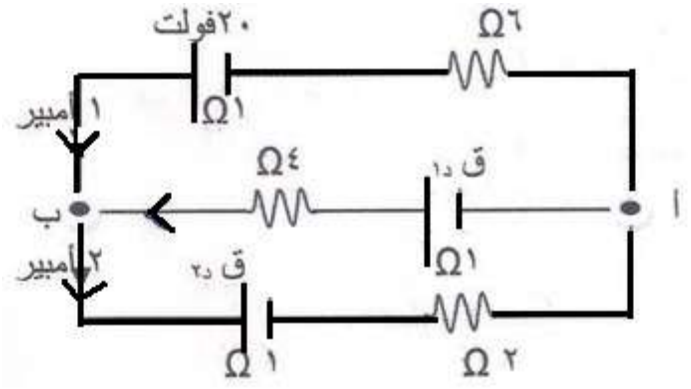
٢) ت سالب إذا كانت بنفس اتجاه المسار وموجب إذا كانت عكس اتجاه المسار .

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

١) القوة الدافعة لكل من البطارتين ١ و ٢ .

٢) فرق الجهد بين طرفي المقاومة (٢) أوم .

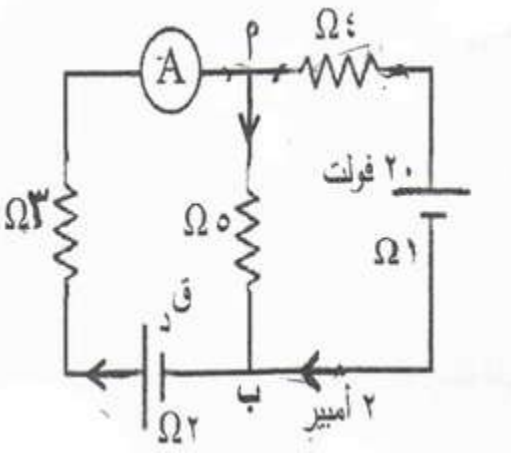
٣) معدل الطاقة المستنفذة في المقاومة (٦) أوم .



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

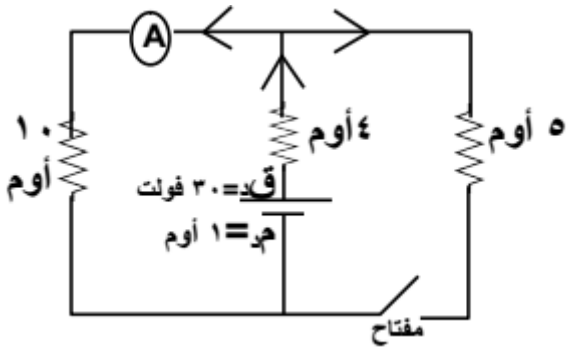
قراءة الأميتر = ٦ + ٢ = ٨ أمبير

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 :

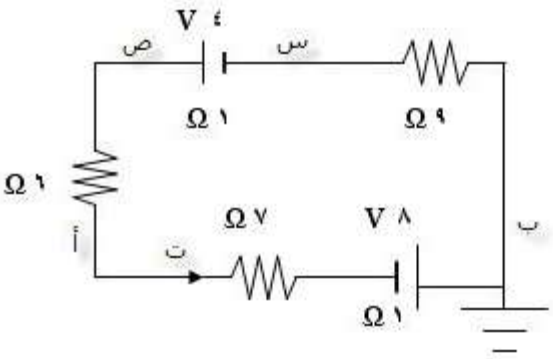
١) قراءة الأميتر = ت = $\frac{\sum ق_د}{\sum م}$ = $\frac{٣٠}{١+١٠+٤}$ = ٢ أمبير

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 :

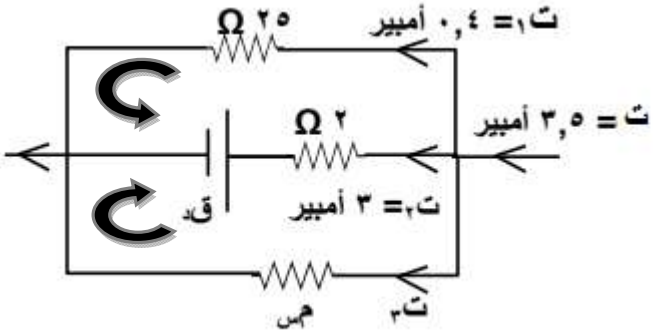
١) ت = $\frac{\sum ق_د}{\sum م}$ = $\frac{٤+٨}{٢+٢٢}$ = $\frac{١٢}{٢٤}$ = ٠,٥ أمبير

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 ت٣ . ٢) قيمة القوة الدافعة ق د .
٣) قيمة المقاومة م س .



الحل :

١) ت = ت١ + ت٢ + ت٣

٣,٥ = ٠,٤ + ٣ + ت٣ ومنها ت٣ = ٠,١ أمبير

٢) بتطبيق قاعدة كيرشوف على المسار العلوي

$\sum$ ق د = $\sum$ ت × م

ق د = ٠,٤ × ٢٥ - ٣ × ٢ = ٤ فولت

٣) بتطبيق قاعدة كيرشوف على المسار السفلي

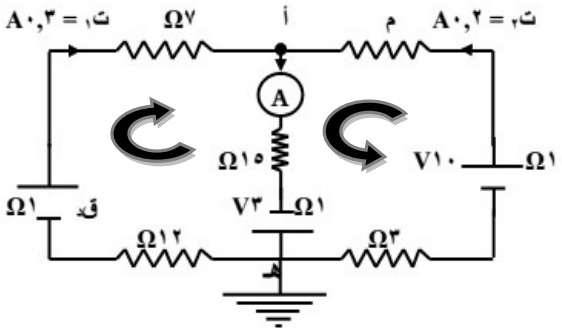
$\sum ق_د = \sum ت \times م$

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

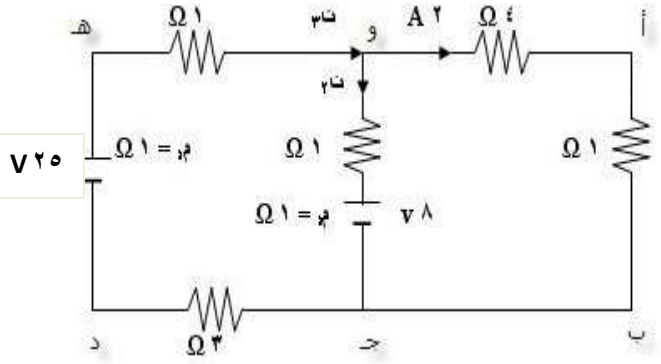
ق$_د$ + ٣ = ٠,٥ × (١٥+١) + ٠,٣ × (١٢+١+٧) ← ق$_د$ + ٣ = ٨ + ٦ ← ق$_د$ = ١١ فولت

٤) جـ$_أ$ - ٠,٥ × (١٥+١) + ٣ = جـ$_هـ$ ← 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

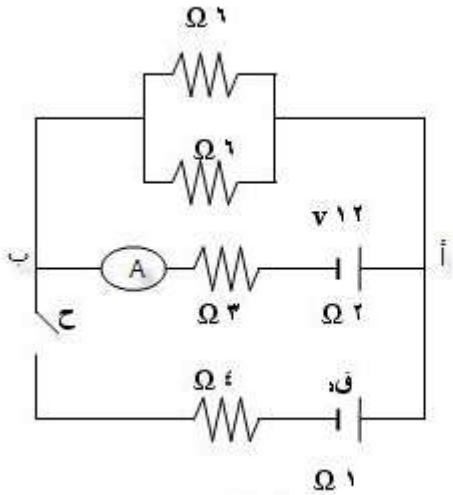
ت$_٣$ = ٢ + ت$_٢$ = ٢ + ١ = ٣ أمبير

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

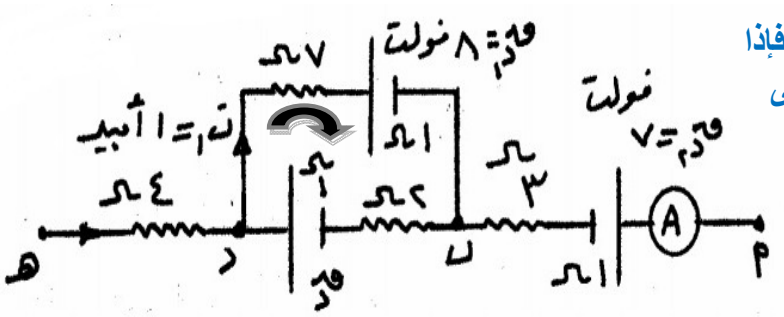
ثانياً) ١) جـ$_{أ ب (الوسط)}$ = ق$_د$ - ت×م ← ٦ = ١٢ - ت × ٥ ← ت = ١,٢ أمبير

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) جـأب .

الحل :

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

٢) نطبق قاعدة كيرشوف على الحلقة

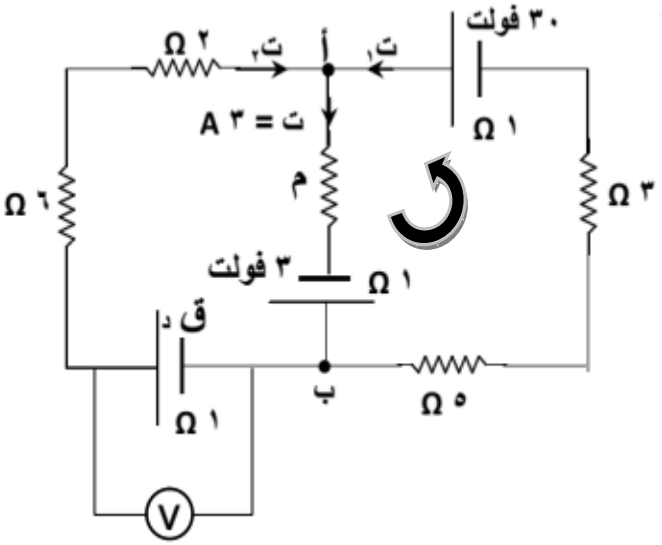
$\sum$ ق$_{د}$ = $\sum$ ت×م

ق$_{د}$ - ٨ = ١ × (١+٧) - ٢ × (١+٢) ⟵ ق$_{د}$ = ١٠ فولت

٣) جـ$_{أب}$ = 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$_{١}$ ⟵ ٦٠ = ٣٠× ت$_{١}$ ⟵ ت$_{١}$ = ٢ أمبير

قدرة المقاومة = م (ت$_{١}$)^{٢} = ٥ × (٢)^{٢} = ٢٠ واط

٢) بتطبيق قاعدة كيرشوف على المسار الأيمن

$\sum$ ق$_{د}$ = $\sum$ ت×م

٣٠+٣ = ٢× (٥+١+٣) + ٣ × (م+١)

٣٣ = ١٨ + ٣م + ٣ ⟵ م = ٤ Ω

٣) ت$_{٢}$ = ٣ - ٢ = ١ أمبير

بتطبيق قاعدة كيرشوف على المسار الأيسر

$\sum$ ق$_{د}$ = $\sum$ ت×م

ق$_{د}$ + ٣ = ١× (١+٦+٢) + ٣ × (١+٤) ⟵ ق$_{د}$ = ٢٤ - ٣ = ٢١ فولت

٤) قراءة الفولتميتر = ق$_{د}$ - ت ×م$_{د}$ = ٢١ - ١×١ = ٢٠ فولت

ورقة عمل على التيار الكهربائي ودارات التيار المباشر

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 ، ١,٢٥×١٠^{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 : موصل فلزي طوله (٩) م ومساحة مقطعه (٢) مم^{٢} ، ومقاومية مادته (٤×١٠$^{-٦}$) أوم.م ، إذا قطع الموصل إلى جزأين طول الجزء الأول مثلي طول الجزء الثاني ، ووصل الجزأين على التوازي مع بطارية فرق جهدها (١٢) فولت جد مقدار التيار المار فيهما .

الجواب : (٣ أمبير)

سؤال ٥ : موصل اسطواني قطر قاعدته (٤) سم ، ويحتوي على (١٦/١×١٠^{٢٨}) الكترون/م^{٣} ، فإذا تحركت الإلكترونات بسرعة (٠,٥) سم/ث ، عندما وصلت مع مصدر جهد كهربائي احسب الزمن اللازم لعبور شحنة كهربائية قدرها (π) كولوم .

الجواب : (٥×١٠$^{-٤}$ ثانية)

سؤال ٦ : 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 ٧ : 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 ٨ : سلك من النحاس مقاوميته (١,٦×١٠$^{-٨}$) 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 م)

سؤال ٩ : دارة بسيطة تتكون من مقاومتان (٤ Ω و٦ Ω) موصولتان على التوالي يمر فيهما تيار مقداره (ت) ماهي قيمة المقاومة م$_{م}$ الواجب توصيلها حتى يتضاعف قيمة التيار مع بقاء الجهد ثابت .

الجواب : (١٠ Ω)

سؤال ١٠ : 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 ، ١,٢٥×١٠$^{-٣}$ م/ث)

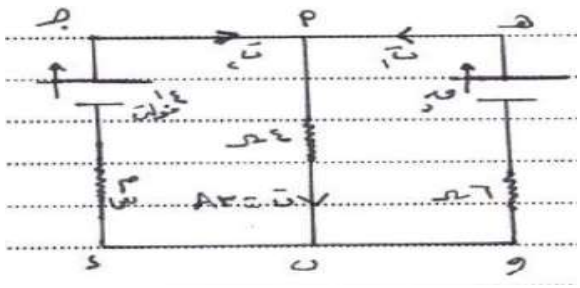
سؤال ١١ : سلك طوله (٤٠) م ومساحة مقطعة (٠,١) مم^{٢} ومقاومته النوعية ($١٠^{-٨}$) أوم.م احسب :
١) المقاومة الكهربائية للسلك . ٢) القدرة الكهربائية المستنفذة فيه إذا وصل طرفاه بمصدر جهد (٥٠) فولت .
٣) الطاقة الحرارية المستنفذه خلال (١٠) دقائق .

الجواب : (٤ أوم ، ٦٢٥ واط ، ٣٧٥×١٠^{٣} جول)

سؤال ١٢ : سلك نحاسي مساحة مقطعه (١) مم^{٢} ويمر به تيار شدته (٣,٢) أمبير ، فإذا علمت أن عدد الإلكترونات الحرة في وحدة الحجم (١×١٠^{٢٨}) إلكترون/م^{٣} ، فإحسب :
١) الشحنة التي تعبر مقطعاً في السلك خلال (١٠) دقائق .
٢) السرعة الإنسياقية للإلكترونات الحرة ، إذا علمت أن شحنة الإلكترون .

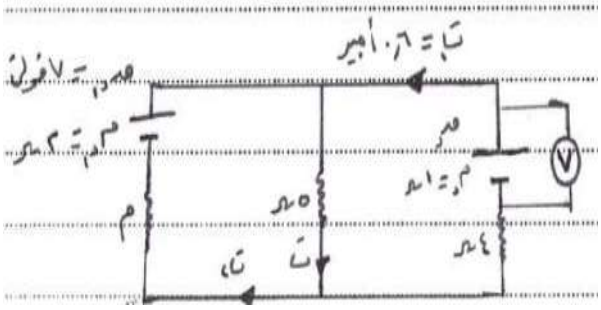
الجواب : (١٩٢٠ كولوم ، ٢×١٠^{-٣} م/ث)

سؤال ١٣ : من الشكل المجاور وإذا كانت القدرة المستهلكة في المقاومة (٦) أوم تساوي (٢٤) واط ، احسب :
١) التياران $ت_{١}$ ، $ت_{٢}$. ٢) المقاومة مس .
٣) القوة الدافعة الكهربائية $ق_{د}$.



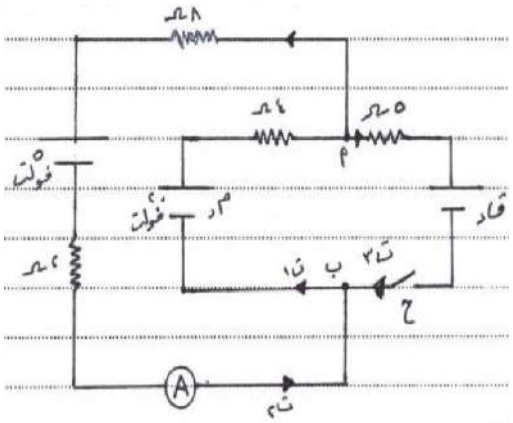
الجواب : ($ت_{١}$= ٢ أمبير ، $ت_{٢}$ = ١ أمبير ، مس = ٢ Ω ، $ق_{د}$ = ٢٤ فولت)

سؤال ١٤ : 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 ١٥ : 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 أ ب = ١١ فولت) احسب :
١) قراءة الأميتر (A) . ٢) القوة الدافعة ($ق_{د}$) .



الجواب : (١ Ω ، ٠,٦ أمبير ، ٥ فولت)

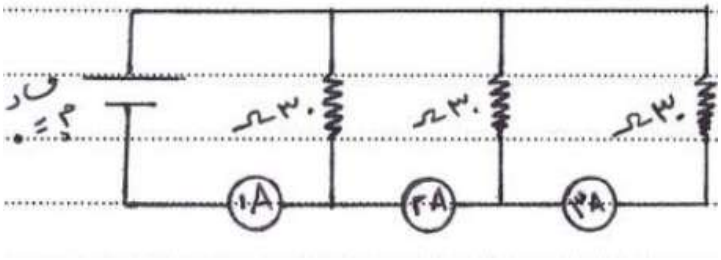
سؤال ١٦ : موصلان (أ ، ب) وصلا مع مصدر جهد كهربائي متغير القيمة فكانت قيم التيار لكل موصل كما هو موضح بالجدول أجب عما يأتي :

جـ (فولت)	٣	٥	١٠
ت أ (أمبير)	٠,٦	١	٢
ت ب (أمبير)	٠,٦	٠,٩	١,٢

١) أي الموصلين يعد أومياً ؟ ولماذا ؟
٢) أعط مثالاً على الموصلات الأومية واللاأومية .

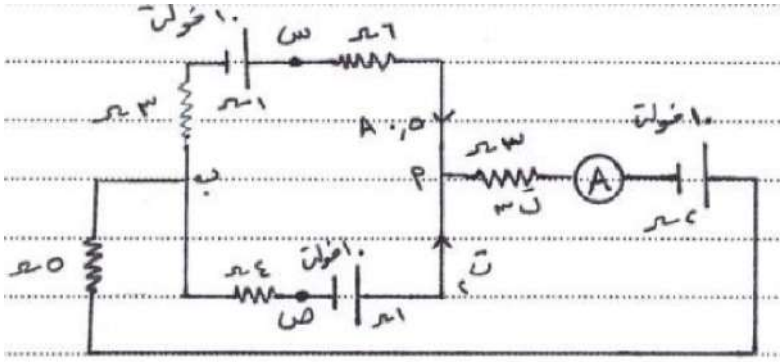
الجواب : (الموصل (أ) لأن التيار يتغير على نحو ثابت مع الجهد ، النحاس أومي ، المحاليل الكهرلية وأشباه الموصلات لا أومية)

سؤال ١٧ : 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)



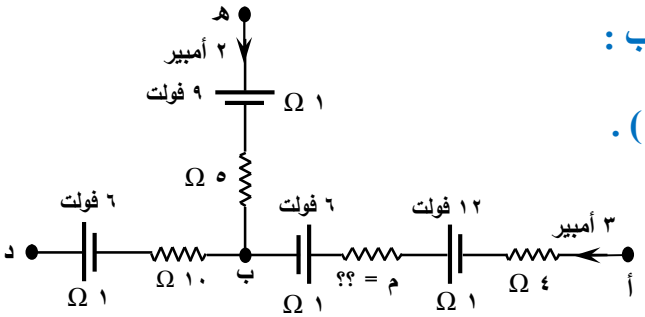
الجواب : (ق د = ١٢ فولت ، A_2 = ٠,٨ أمبير ، A_3 = ٠,٤ أمبير)

سؤال ١٨ : معتمداً على الشكل وبياناته جد :
١) قراءة الأميتر (A) . ٢) فرق الجهد الكهربائي (جـس ص) ، وأي النقطتين (س ، ص) جهدها أعلى ؟ ولماذا ؟



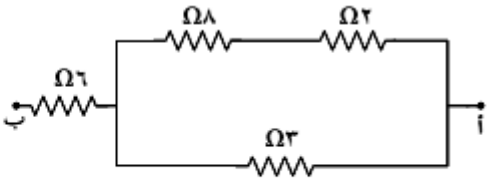
الجواب : (١,٥ أمبير ، جـس ص = ١٢ فولت ، جهد س أعلى لأنه قطب موجب وص قطب سالب)

سؤال ١٩ : بالاعتماد على البيانات التي على الشكل المجاور ، احسب :
١) جـ هـ د .
٢) مقدار المقاومة (م) التي تجعل (جـ أ د = ٧٦ فولت) .

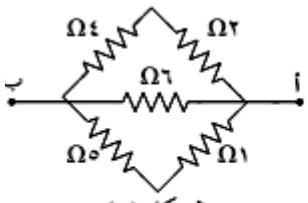


الجواب : (جـ هـ د = ٧٠ فولت ، م = ٥ أوم)

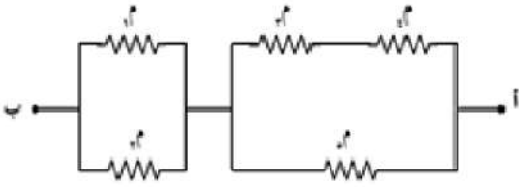
سؤال ٢٠ : جد المقاومة المكافئة للأشكال التالية باعتبار م في الشكل الثالث متماثلة :



الشكل (١)



الشكل (٢)



الشكل (٣)

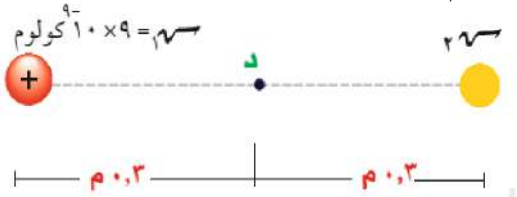
الجواب : (الشكل (١) = ٨,٣ أوم ، الشكل (١) = ٢ أوم ، الشكل (٣) = ٧م\٦ أوم)

سائد عساف
٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤

ورقة عمل

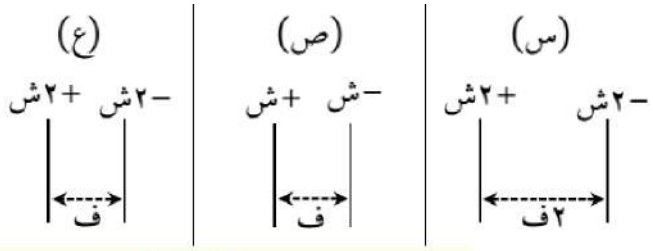
السؤال الأول : اختر رمز الإجابة الصحيحة :

١) من الشكل إذا كان المجال الكهربائي عند النقطة (د) يساوي (٢٠٠) نيوتن/كولوم باتجاه المحور السيني السالب فإن مقدار ونوع الشحنة ($ش_٢$) تساوي :



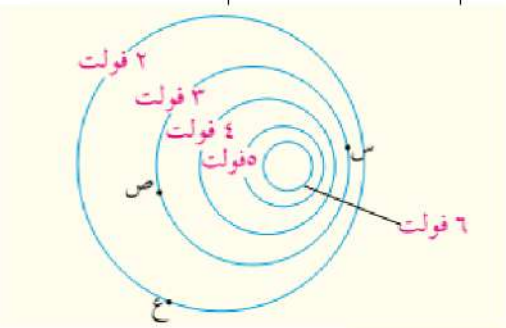
أ) ١١ نانوكولوم ب) ٢ نانوكولوم
جـ) -١١ نانوكولوم د) -٢ نانوكولوم

٢) (س ، ص ، ع) ثلاث مجالات كهربائية منتظمة ، والصفائح متساوية بالمساحة بالإعتماد على البيانات فإن :



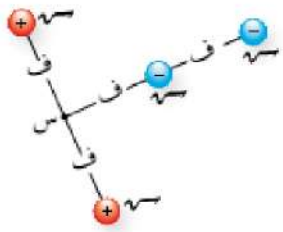
أ) $م_س = م_ع = م_ص$
ب) $م_س = م_ع > م_ص$
جـ) $م_س = م_ع < م_ص$
د) $م_س > م_ع > م_ص$

٣) يبين الشكل سطوح تساوي جهد لتوزيع من الشحنات الكهربائية ، فإن الشغل اللازم لنقل بروتون من النقطة (س) إلى النقطة (ص) يساوي :



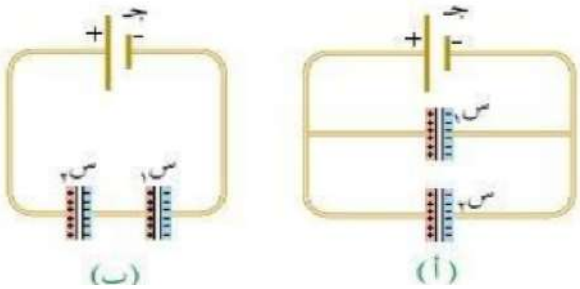
أ) $١,٦ \times ١٠^{-١٩}$ جول ب) $٣,٢ \times ١٠^{-١٩}$ جول
جـ) صفر د) $٤,٨ \times ١٠^{-١٩}$ جول

٤) من الشكل إذا كانت الشحنات متماثلة القيمة وقيمة (ف = ٣ سم) وكان الجهد الكهربائي عند النقطة (س) يساوي (٩×١٠^{٩}) فولت فإن مقدار الشحنة بوحدة ميكروكولوم يساوي :



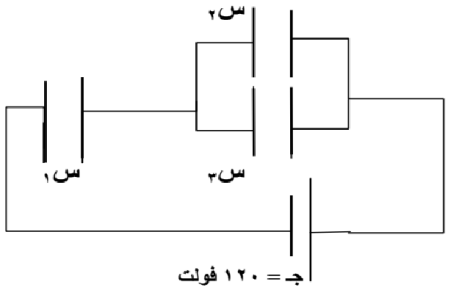
أ) ٥ ب) ٢ جـ) ٤ د) ٦

٥) من الشكل إذا علمت أن المواسعات متماثلة فإن النسبة بين الطاقة المختزنة في النظام (ب) إلى الطاقة المختزنة في النظام (أ) تساوي



أ) ١ : ٢ ب) ١ : ٤ جـ) ٢ : ١ د) ٤ : ١

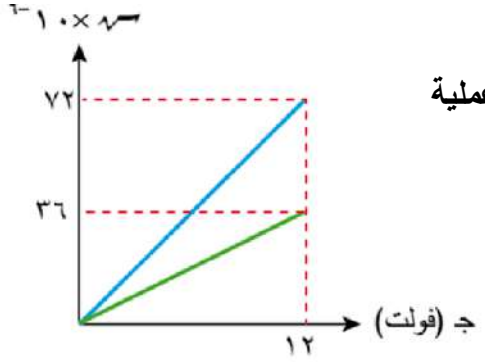
٦) في الشكل المجاور إذا كان (س١ = ٣ µf ، س٢ = ٢ µf ، س٣ = ٤ µf)



فإن مقدار شحنة المواسع (س١) بوحدة ميكروكولوم تساوي :

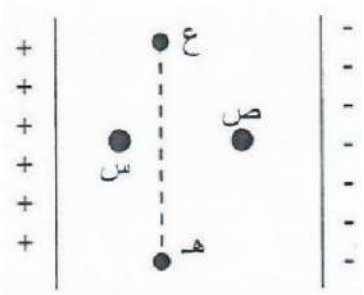
أ) ٢٤٠ ب) ١٦٠ جـ) ٨٠ د) ١٢٠

٧) يمثل الشكل العلاقة بين الشحنة والجهد لمواسعين موصولين معاً أثناء عملية الشحن فإن المواسعة المكافئة لهما بوحدة الميكروفاراد :



أ) ٢ ب) ٩ جـ) ٤ د) ٦

٨) من الشكل المجاور لا تتغير طاقة الوضع الكهربائية لجسيم مشحون عند انتقاله بين النقطتين :



أ) ص س ب) ص هـ جـ) س ع د) هـ ع

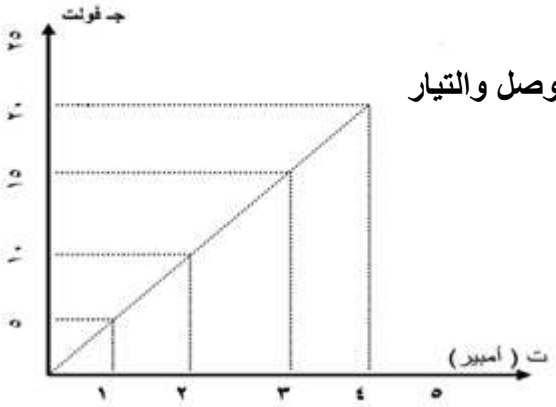
٩) مواسع كهربائي مشحون وجهده (١٠٠) فولت ، إذا ثبتنا شحنته وزدنا المسافة بين لوحيه الى المثلين فإن جهده :

أ) (١٠٠) فولت ب) (٢٠٠) فولت جـ) (٥٠) فولت د) (٢٥) فولت .

١٠) تحرك جسيم شحنته (٢×١٠^{-٤}) كولوم ، وكتلته (٤×١٠^{-١٢}) كغم من السكون ، من اللوح الموجب (أ) إلى اللوح السالب (ب) في الحيز بين لوحين متوازيين ، فوصل اللوح السالب بسرعة (٤×١٠^{٤}) م/ث ، فإن (جـ أ) :

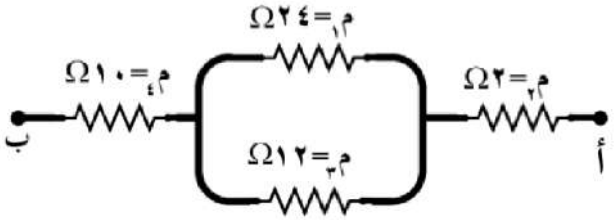
أ) ــ ١٦ فولت ب) ١٦ فولت جـ) ٣٢ فولت د) -٣٢ فولت

١١) في الشكل التالي رسم بياني يمثل العلاقة بين فرق الجهد بين طرفي موصل والتيار الكهربائي المار خلال الموصل ، فإن قيمة التيار الكهربائي عند فرق جهد (٢٢) فولت بوحدة أمبير تساوي :



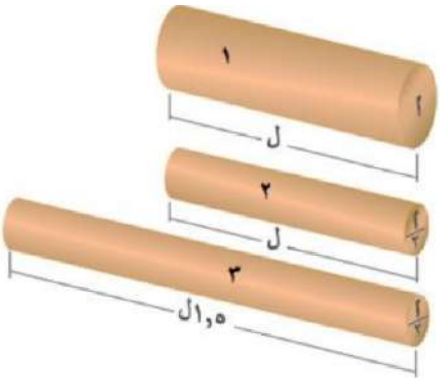
أ) ٤ ب) ٤,٤ جـ) ٥ د) ٨

١٢) من الشكل المجاور فإن المقاومة المكافئة بين النقطتين أ ، ب تساوي بوحدة أوم :



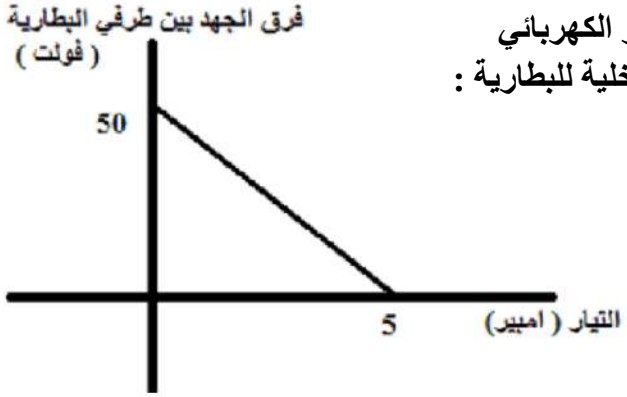
أ) ٤٨ ب) ٢٠ جـ) ٢٤ د) ٦

١٣) ثلاث موصلات من نفس المادة تختلف عن بعضها بمساحة المقطع (أ) والطول (ل) كما في الشكل ، فإن الترتيب التنازلي للموصلات من حيث قيمة التيار الكهربائي المار فيها إذا تم وصلها بنفس فرق الجهد :



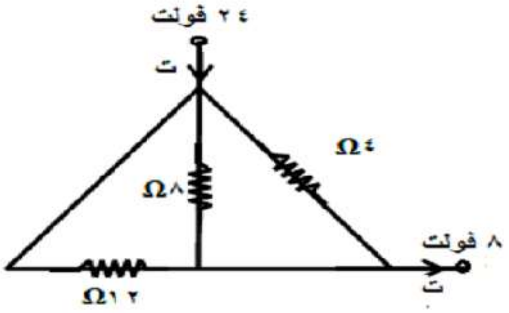
أ) ت١ = ت٢ > ت٣ ب) ت١ > ت٢ > ت٣
جـ) ت١ > ت٢ = ت٣ د) ت٣ > ت٢ > ت١

١٤) يبين الشكل العلاقة بين فرق الجهد بين طرفي بطارية والتيار الكهربائي المار فيها ، إن قيمة القوة الدافعة الكهربائية والمقاومة الداخلية للبطارية :



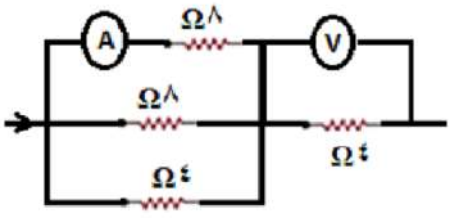
أ) ٥ فولت ، ٥٠ أوم ب) ٥٠ فولت ، ٥ أوم
جـ) ٥٠ فولت ، ١٠ أوم د) ١٠ فولت ، ٥٠ أوم

١٥) من الشكل يكون التيار الكهربائي (ت) والقدرة الكهربائية المستهلكة في المقاومة (٤) أوم على الترتيب هما :



أ) ٣/٢٢ أمبير ، ٤ واط ب) ٢٢/٣ ، ٤ واط
جـ) ٣/٢٢ أمبير ، ٦٤ واط د) ٢٢/٣ أمبير ، ٦٤ واط

١٦) من الشكل إذا كانت قراءة الأميتر (١) أمبير ، فإن قراءة الفولتميتر بالفولت :

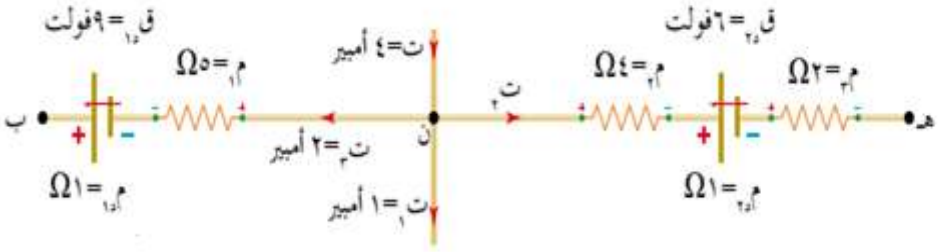


أ) ٨ ب) ١٢ جـ) ٢ د) ١٦

١٧) من الشكل الذي يمثل جزء من دارة كهربائية يكون (جـ ب هـ) يساوي :

أ) ١١ فولت ب) -١٢ فولت

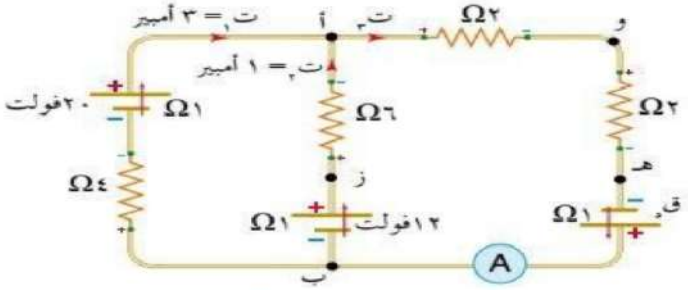
جـ) ٩ فولت د) ١٠ فولت



١٨) من الشكل تكون قيمة القوة الدافعة الكهربائية (قـ) :

أ) ١٢ فولت ب) ١٥ فولت

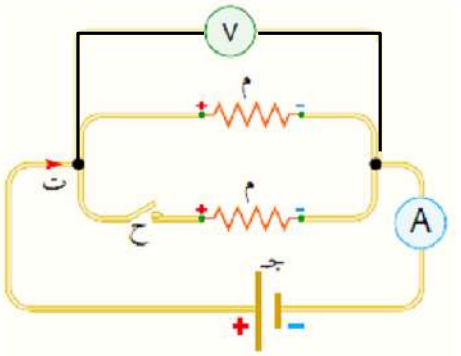
جـ) ٨ فولت د) ٢ فولت



١٩) في الشكل بعد اغلاق المفتاح فإن ما يحدث لقراءة الفولتميتر والأميتر

أ) تبقى ثابتة ، تزداد ب) تقل ، تبقى ثابتة

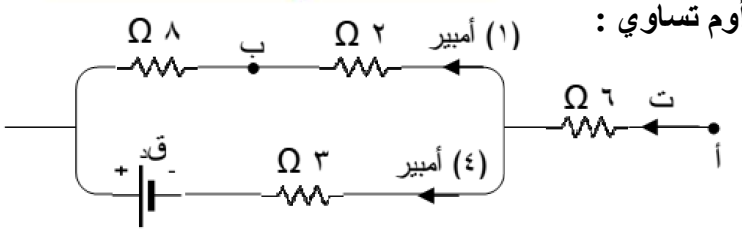
جـ) تزداد ، تبقى ثابتة د) تقل ، تقل



٢٠) من الشكل تكون القدرة المستهلكة في المقاومة (٦) أوم تساوي :

أ) ١٥ واط ب) ١٠ واط

جـ) ١٥٠ واط د) ٥ واط



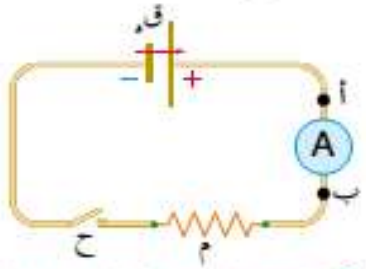
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩	٢٠
أ	جـ	جـ	د	ب	أ	ب	د	ب	أ	ب	ب	ب	جـ	جـ	د	د	ب	أ	جـ

أسئلة الفصل الرابع

١ ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

١) في الشكل(٤-٣٤) تنعدم قراءة الأميتر بين النقطتين (أ، ب) عند فتح الدارة بسبب انعدام:

أ) المجال الكهربائي بينهما
ب) المقاومة الخارجية
جـ) القوة الدافعة الكهربائية
د) مقاومة الأسلاك



الشكل(٤-٣٤): سؤال (١) فقرة (١).

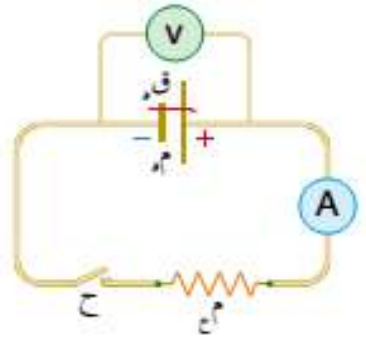
أجب عن الفقرات (٢، ٣، ٤) بالاعتماد على الشكل(٤-٣٥).

٢) إذا كانت قراءة الفولتميتر قبل غلق المفتاح (١٠) فولت، وبعد غلق المفتاح (٨) فولت، وقراءة الأميتر (٢) أمبير فإن قيمة كل من (م، م) بالأوم على الترتيب:

أ) (٢، ٢)
ب) (٤، ٢)
جـ) (٤، ١)
د) (١، ١)

٣) يكون الهبوط في جهد البطارية بالفولت:

أ) ١٠
ب) ٨
جـ) ٤
د) ٢



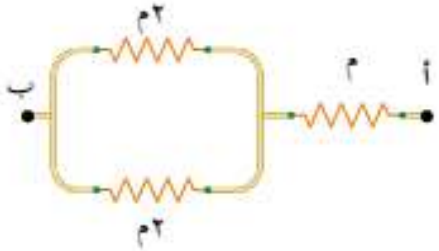
الشكل(٤-٣٥): سؤال (١) الفقرات (٢،٣،٤).

٤) أي من الآتية تمثل قراءة الفولتميتر والمفتاح مفتوح:

أ) ت م
ب) ق
جـ) ق-٢ت م
د) ت $\frac{م}{٢}$

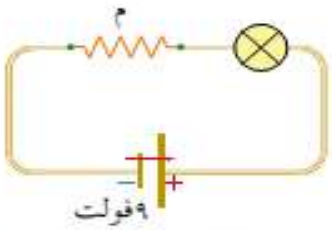
٥) في الشكل(٤-٣٦) تكون المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات بين النقطتين (أ، ب):

أ) $\frac{٣م}{٢}$
ب) ٥م
جـ) ٢م
د) $\frac{٥م}{٤}$



الشكل(٤-٣٦): سؤال (١) فقرة (٥).

٦ مصباح كهربائي كتب عليه (٣ فولت، ٢,٥ واط)، يراد إضاءته من بطارية قوتها الدافعة الكهربائية (٩) فولت، ولحماية المصباح من التلف أضيفت مقاومة خارجية (م) إلى الدارة، كما في الشكل (٤ – ٣٧)، فإن قيمة المقاومة (م) بوحدة الأوم:



الشكل (٤–٣٧): سؤال (١) فقرة (٦).

أ ٧,٢ ب ٢,٥ جـ ٠,٨ د ٠,١

٧ يُعد قانون كيرشوف الأول صيغة من صيغ قانون حفظ:

أ الزخم ب الشحنة جـ الطاقة الميكانيكية د المادة

٢ فسر العبارات الآتية:

أ تزداد مقاومة الموصلات الفلزية بارتفاع درجة حرارتها.

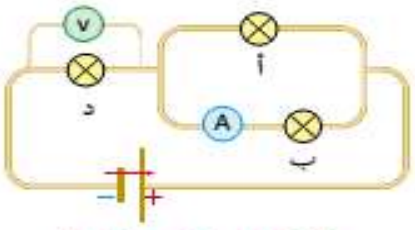
ب عند توصيل المقاومات بطريقة التوازي، تكون المقاومة الأقل مقدارًا هي الأكثر استهلاكًا للقدرة.

جـ عند توصيل المقاومات بطريقة التوالي، تكون المقاومة الأكبر مقدارًا هي الأكثر استهلاكًا للقدرة.

٣ يمثل الجدول المجاور قيم التيار الكهربائي في مقاومتين (أ، ب)، عند تغيير فرق الجهد بين طرفي كل منهما. مستخدمًا البيانات الواردة في الجدول، حدد أي المقاومتين أومية، واحسب مقدارها.

المقاومة (أ)		المقاومة (ب)	
جـ (فولت)	ت (أمبير)	جـ (فولت)	ت (أمبير)
٠,٢٥	٠,٠٥	٣	٠,٤
١	١	٦	٠,٨
٢	١,٤	٩	١,٢
٣	١,٧	١٢	١,٦
٣,٨	١,٩	١٦	٢

٤ إذا كانت المصابيح (أ، ب، د) في الشكل (٤–٣٨) متماثلة، وضح ما يحصل لكل من قراءة الأميتر والفولتميتر، إذا احترق فتيل المصباح (أ).

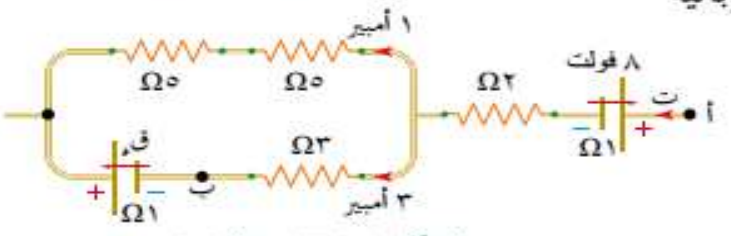


الشكل (٤–٣٨): سؤال (٤).

٥ يمثل الشكل (٤–٣٩) جزءًا من دارة كهربائية مستعينًا بالبيانات المثبتة في الشكل جد:

أ جـ اب.

ب ق د.



الشكل (٤–٣٩): سؤال (٥).

٦ اعتمادًا على البيانات المثبتة في الشكل (٤-٤٠)، جد:

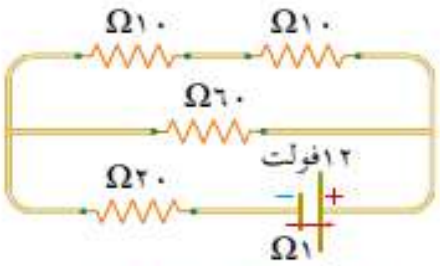
أ المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات.

ب التيار الكهربائي المار في المقاومة (٢٠) Ω.

جـ الهبوط في جهد البطارية.

د جهد المقاومة (٦٠) Ω.

هـ القدرة المستهلكة في المقاومة (١٠) Ω.



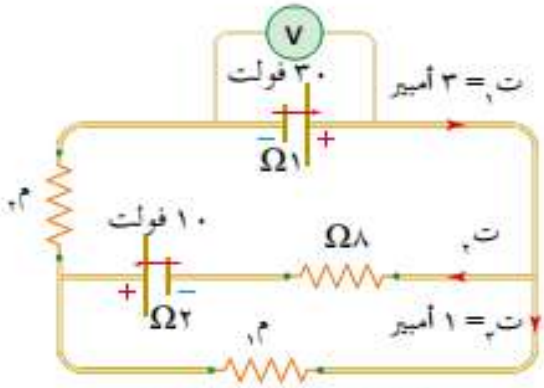
الشكل (٤-٤٠): سؤال (٦).

٧ اعتمادًا على البيانات المثبتة في الشكل (٤-٤١)، جد:

أ التيار الكهربائي المار في المقاومة (٨) Ω.

ب مقدار كل من المقاومتين (م١، م٢).

جـ قراءة الفولتميتر.



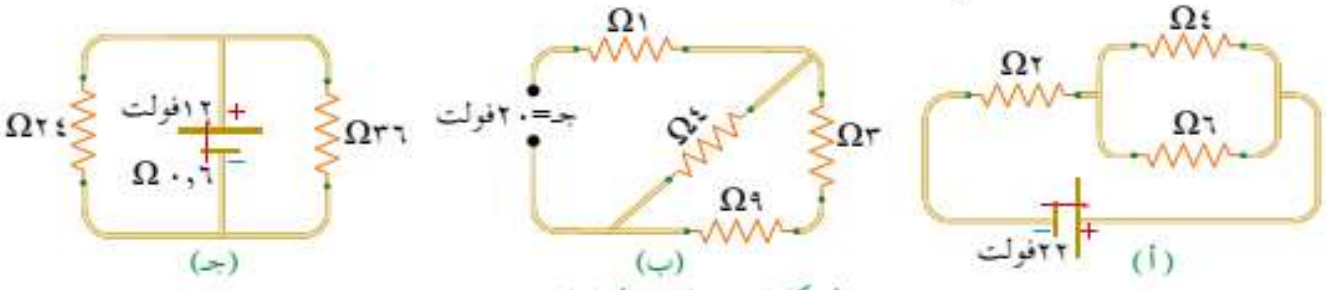
الشكل (٤-٤١): سؤال (٧).

٨ مستعينًا بالبيانات المثبتة في الدارات الكهربائية (أ، ب، جـ) في الشكل (٤-٤٢)، احسب:

أ المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات في كل دارة.

ب التيار الكهربائي المار في كل دارة.

جـ القدرة المستهلكة في كل مقاومة من الدارة (جـ).

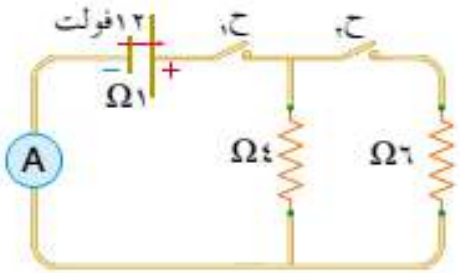


الشكل (٤-٤٢): سؤال (٨).

٩ احسب قراءة الأميتر في الدارة الكهربائية المبينة في الشكل (٤-٤٣) في الحالتين الآتيتين:

أ عند غلق المفتاح (ح١) فقط.

ب عند غلق المفتاحين (ح١ و ح٢) معًا.



الشكل (٤-٤٣): سؤال (٩).