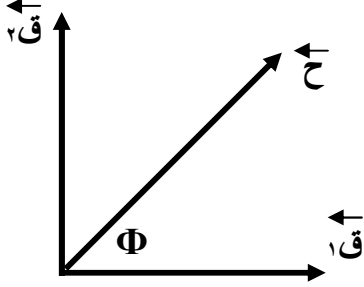


مراجعة بعض قوانين المحصلة

أولاً : محصلة قوتين متلاقيتين : إذا كان لدينا $ق_1$ و $ق_2$ تفصلهما زاوية (θ) فإن محصلتهما مقداراً هي :



$$ح = \sqrt{ق_1^2 + ق_2^2 + 2ق_1ق_2\cos\theta}$$

واتجاهاً هي :

$$\frac{ق_2}{\sin\theta} = \frac{ح}{\sin\phi}$$

ϕ : هي الزاوية المحصورة بين المحصلة ح و $ق_1$

* حالات خاصة :

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

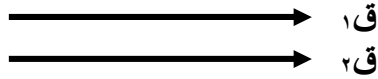
$$ح = ق\text{ كبرى} - ق\text{ صغرى}$$

ويكون اتجاهها باتجاه القوة الأكبرى .

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

$$ح = ق_1 + ق_2$$

ويكون اتجاه المحصلة بنفس الاتجاه .



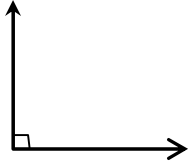
(٣) إذا كانت القوتان متعامدتان فإن محصلتهما مقداراً هي :

$$ح = \sqrt{ق_1^2 + ق_2^2}$$

ويكون اتجاه المحصلة من القانون

$$\tan\theta = \frac{ق_2}{ق_1}$$

حيث (θ) الزاوية المحصورة بين ح و $ق_1$.



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

مقداراً هي :

$$ح = 2ق_1\cos\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

ويكون اتجاه المحصلة هو $\left(\frac{\theta}{2}\right)$

ثانياً : محصلة عدة قوى متلاقية :

١- نحلل القوة المؤثرة والتي تميل عن المحاور بزاوية θ .

٢- نجمع المركبات التي تؤثر بنفس الاتجاه .

٣- نطرح المركبات المتعاكسة .

٤- نطبق العلاقة

$$ح = \sqrt{ق_1^2 + ق_2^2}$$

مقداراً واتجاهاً يكون $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{ق_2}{ق_1}\right)$

الكهرباء السكونية

* **التكهرب** : وهي عملية تكوين شحنة كهربائية على جسم من الشحنات الكهربائية المكتسبة أو المفقودة .

* هناك نوعين من الشحنات :

- (١) شحنات موجبة ورمزها (+) .
(٢) شحنات سالبة ورمزها (-) .

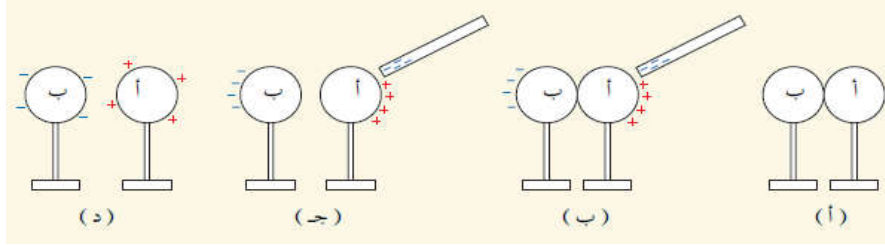
ويتم الحصول على الشحنة بعدة طرق أهمها :

أولاً : الدلك (الاحتكاك) :

حيث يشحن فيها الجسمان بشحنتين متساويتين مقداراً ومختلفتين نوعاً ، أي أن ما يفقده جسم يساوي ما يكتسبه الآخر مثل ذلك قضيب الزجاج بالحريز حيث يفقد قضيب الزجاج إلكترونات سالبة وتسمى العملية بالتكهرب الموجب أو ذلك قضيب من المطاط بالفرو حيث يكتسب قضيب المطاط إلكترونات سالبة وتسمى العملية بالتكهرب السالب .

ثانياً : التأثير أو الحث الكهربائي :

وفيه يشحن الجسم (الموصل) بشحنتين متساويتين مقداراً ومختلفتين نوعاً الأولى مخالفة لشحنة المؤثر ومن الجهة القريبة منه وتدعى الشحنة المقيدة والأخرى مشابهة لشحنة المؤثر ومن الجهة البعيدة عنه وتدعى الشحنة الحرة أي الشحنة الكلية للجسم المتأثر لا تتغير وللتحصل من الشحنة الحرة نصل الجسم بالأرض أو نلمسه بالأرض .



ثالثاً : الشحن بالتوصيل أو التماس :

عند تلامس جسم مشحون مع موصل فإن الموصل يكتسب شحنة من نفس نوع شحنة المؤثر .

وتكون الشحنة المكتسبة بالتوصيل مساوية للشحنة المؤثرة في حالتين فقط :



(١) إذا تلامس موصل كروي معزول ومشحون بموصل آخر كروي معزول وغير مشحون من الخارج فإنهما يتقاسمان الشحنة حسب أنصاف أقطارهما .

(٢) إذا تلامس موصلان مشحونان ومعزولان فإنه يعاد توزيع الشحنة الكلية عليهما بحيث يكون مجموع الشحنات قبل التلامس مساوٍ لمجموع الشحنات بعد التلامس حسب قانون حفظ الشحنة .

* **ملاحظات** : * إذا كان التلامس من الداخل فإن شحنة الموصل الداخلي تصبح صفراً ، وتنتقل الشحنة للموصل الخارجي .

* طريقة التلامس تصلح فقط لشحن الموصلات .

تكميم الشحنة

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

$$q_{\text{جسم}} = N \times e$$

حيث :

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

ملاحظات:

- ١) أي جسم في الأصل متعادل كهربائياً أي عدد الشحنات الموجبة يساوي عدد الشحنات السالبة .
- ٢) الجسم المشحون بشحنة موجبة لا يعني عدم وجود شحنة سالبة عليه ولكن الموجبة أكثر والعكس صحيح .
- ٣) في الكهرباء الساكنة الشحنات السالبة هي التي تنتقل أما الشحنات الموجبة لا تنتقل .
- ٤) إذا كانت شحنة جسم سالبة يعني أنه اكتسب إلكترونات وإذا كانت شحنته موجبة يعني أنه فقد إلكترونات وذلك لأن شحنة الإلكترون سالبة .
- ٥) تعتبر الأرض أكبر مستودع للشحنات الكهربائية السالبة ولكبر حجمها يعتبر جهداً صفرأ .

سؤال : اذكر نص قانون حفظ الشحنة الكهربائية ؟

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

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

$$\begin{aligned} \text{جسم}^- \text{ن} &= \text{ev}^- \times \\ &= ١٠ \times ٤ \times ١,٦ \times ١٩ \\ \text{جسم}^- &= ٦,٤ \times ١٠ \text{ كولوم (موجبة) } \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{ن} &= \frac{\text{جسم}^-}{\text{ev}^-} = \frac{٢,٢ \times ٤,٢ \times ١٩}{١٩ \times ١,٦} \\ &= ٢,٢٦٥ \end{aligned}$$

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

مثال (٣): موصلان كرويان نصف قطر كل منهما (١٠) سم ، الأول مشحون بشحنة موجبة مقدارها (١٦×١٠^{-٩}) كولوم والآخر متعادل فإذا تلامس الموصلان فاحسب شحنة كل منهما بعد التلامس .
الحل :

$$\begin{aligned} \text{قبل}^- &= (١٧^- + ٢٧^-) \\ \text{بعد}^- &= ٠ + ١٦ \times ١٠^{-٩} \\ \text{بعد}^- &= ٨ \times ١٠^{-٩} \text{ كولوم} \end{aligned}$$

مثال (٤): كرتان فلزيتان متماثلتان في نصف قطريهما ، احدهما مشحونة بشحنة (٢×١٠^{-٩}) كولوم والثانية مشحونة بشحنة (١٠×١٠^{-٩}) كولوم تلامست الكرتان ، احسب عدد الإلكترونات التي انتقلت من الكرة السالبة إلى الكرة الموجبة .
الحل :

$$\begin{aligned} \text{قبل}^- &= (١٧^- + ٢٧^-) \\ \text{بعد}^- &= ٢ \times ١٠^{-٩} + ١٠ \times ١٠^{-٩} \\ \text{بعد}^- &= ٤ \times ١٠^{-٩} \text{ كولوم} \end{aligned}$$

$$\text{ن} = \frac{\text{جسم}^-}{\text{ev}^-} = \frac{٤ \times ١٠^{-٩}}{١,٦ \times ١٩}$$

$$= ٢,٥ \times ١٠^{-٩} \text{ إلكترون}$$

قانون كولوم

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

- (١) مقدار كل من الشحنتين (q_1, q_2) والعلاقة طردية .
- (٢) مربع المسافة بين الشحنتين (r^2) والعلاقة عكسية .
- (٣) نفاذية الوسط الكهربائية (ϵ) والعلاقة عكسية .

وقد صاغ كولوم قانونه الذي ينص على أن :

" تتناسب القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتان النقطية الموضوعة في الهواء طردياً مع حاصل ضرب مقدار الشحنتين وعكسياً مع مربع المسافة بينهما "

ويسمى قانون كولوم
قانون التربيع العكسي

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

أن F : القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين بالنيوتن .

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

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

q_1 : الشحنة الأولى بالكولوم .

q_2 : الشحنة الثانية بالكولوم .

r : المسافة بين الشحنتين بالمتر .

ملاحظات :

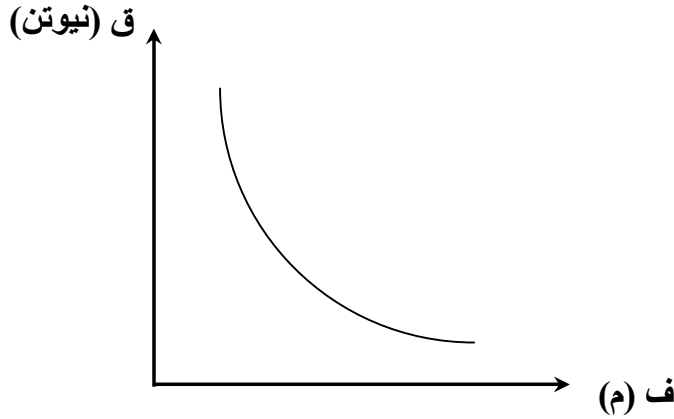
- (١) القوة التي تؤثر بها الشحنة الأولى على الشحنة الثانية تساوي مقداراً القوة التي تؤثر بها الشحنة الثانية على الشحنة الأولى وتعاكسها بالإتجاه حسب قانون نيوتن الثالث .
- (٢) يكون نوع القوة تجاذب إذا كانت الشحنتان مختلفتين وقوة تنافر إذا كانت الشحنتان متشابهتين .
- (٣) دائماً الشحنة تعوض موجبة في قانون كولوم ولا تعوض سالبة .
- (٤) القوة كمية متجهة أي لها مقدار عددي ولها اتجاه ولإيجاد محصلة القوة نجمع جمع اتجاهي .
- (٥) الشحنة النقطية : هي شحنة صغيرة الأبعاد ولا تأخذ حيزاً .

ويعرف الكولوم بأنه : مقدار الشحنة التي إذا وضعت على بعد (١) متر من شحنة مشابهة لها في الهواء (الفراغ) كانت القوة المتبادلة بينهما (٩×١٠^{-٩}) نيوتن .

تحويلات الكولوم :

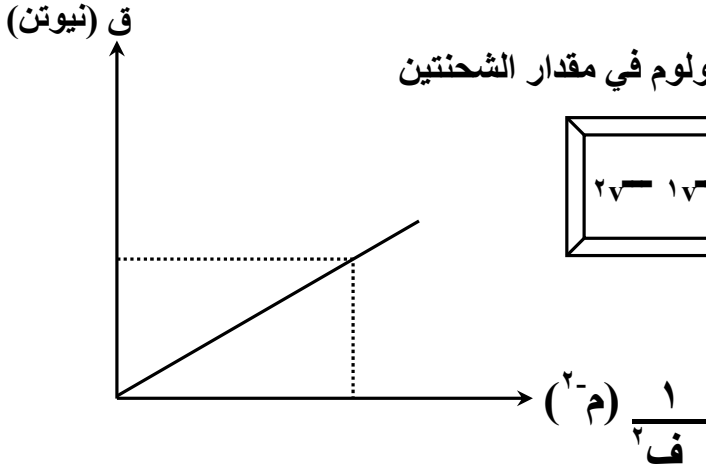
ملي كولوم (mc) = $١٠^{-٣}$ كولوم
ميكرو كولوم (μ c) = $١٠^{-٦}$ كولوم
نانو كولوم (nc) = $١٠^{-٩}$ كولوم
بيكو كولوم (pc) = $١٠^{-١٢}$ كولوم

العلاقة البيانية بين القوة المتبادلة بين شحنتين نقطيتين والبعد بين الشحنتين



العلاقة البيانية بين القوة المتبادلة بين شحنتين نقطيتين والتربيع العكسي للبعد بين الشحنتين

لاحظ أن ميل الخط المستقيم يساوي حاصل ضرب ثابت كولوم في مقدار الشحنتين



$$\text{ميل الخط} = ق \times ف^٢ = \text{ثابت} \times ١٧ - ٢٧$$

أي

* عند تغير المسافة بين الشحنتين نحسب القوة المتبادلة الجديدة من العلاقة :

$$\frac{ق_١}{ق_٢} = \frac{ف_٢^٢}{ف_١^٢}$$

مثال (١): ما القوة التي تتبادلها شحنتان مقدارهما على الترتيب (١٠^{-٤}) كولوم والأخرى (٢٥ × ١٠^{-١}) كولوم يفصلهما في الهواء مسافة (١,٠) م. وما نوعها؟

الحل :

$$ق = \frac{q_1 \times q_2}{r^2} = \frac{10^{-4} \times 25 \times 10^{-1}}{(1,0)^2} = 225 \times 10^{-9} \text{ نيوتن (تجاذب)}$$

مثال (٢): شحنتان نقطيتان (٤، ٢) نانوكولوم البعد بينهما (٣) سم موضوعتان في الهواء جد :

(١) القوة المتبادلة بين الشحنتين . وما نوعها ؟

(٢) القوة التي تؤثر بها الشحنتين على شحنة ثالثة (-١) نانوكولوم موضوعة بينهما على بعد (١) سم من الشحنة الأولى .

الحل :

$$\begin{aligned} (٢) \quad ق &= \frac{q_1 \times q_2}{r^2} = \frac{10^{-9} \times 9}{1^2} = 9 \times 10^{-9} \text{ نيوتن (نحو اليمين)} \\ ق &= \frac{10^{-9} \times 1 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^{-9} \times 9}{10^{-9} \times 1} = 36 \times 10^{-9} \text{ نيوتن (نحو اليمين)} \\ ق &= \frac{10^{-9} \times 1 \times 10^{-9} \times 2 \times 10^{-9} \times 9}{10^{-9} \times 4} = 4,5 \times 10^{-9} \text{ نيوتن (نحو اليسار)} \\ ق &= 36 \times 10^{-9} - 4,5 \times 10^{-9} = 31,5 \times 10^{-9} \text{ نيوتن (نحو اليمين)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (١) \quad ق &= \frac{q_1 \times q_2}{r^2} = \frac{10^{-9} \times 9}{(3)^2} = 1 \times 10^{-9} \text{ نيوتن (تنافر)} \\ ق &= \frac{10^{-9} \times 2 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^{-9} \times 9}{(10^{-9} \times 3)^2} = 8 \times 10^{-9} \text{ نيوتن (تنافر)} \end{aligned}$$

مثال (٣): شحنتان مجموعهما (٥) كولوم والقوة المتبادلة بينهما (٤ × ١٠^{-٩}) نيوتن والمسافة بينهما (٣) م جد مقدار الشحنتان .

الحل :

$$\begin{aligned} ٥ &= ٤ + ١ \\ ٥ &= (٤ - ١) (١ - ٤) \\ ١ &= ٤ \text{ كولوم ومنها } ٤ = ١ \\ ١ &= ٤ \text{ كولوم ومنها } ١ = ٤ \\ \text{الشحنتان (٤ ، ١) كولوم} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ٥ &= ١ + ٤ \\ ١ - ٥ &= ٤ \\ ق &= \frac{q_1 \times q_2}{r^2} = \frac{10^{-9} \times 4}{9} = 4 \times 10^{-9} \\ ٤ &= ١ - ٥ \end{aligned}$$

مثال (٤) : في الرسم المبين احسب مقدار واتجاه القوة المؤثرة على الشحنة الموضوعه عند النقطة (أ) على فرض أن الشحنتين عند (س ، ص) نقطيتان .

كولوم $(^{-1} \times ٤)$ كولوم $(^{-1} \times ٥)$ كولوم $(^{-1} \times ٩)$

س م ، ١ م أ م ، ٣ م ص

الحل :

$$ق = \frac{٩ \times ٩}{٢} = ٩٠$$

$$ق س = \frac{٩ \times ٩ \times ٤ \times ٥}{١} = ١٨٠$$

= ١٨ نيوتن ، (نحو اليسار)

$$ق ص = \frac{٩ \times ٩ \times ٥ \times ٥}{٩} = ٤٥$$

= ٤,٥ نيوتن ، (نحو اليسار)

ق ح = ١٨ + ٤,٥ = ٢٢,٥ نيوتن ، (نحو اليسار)

مثال (٥) : شحنتان نقطيتان تتنافران بقوة قدرها (٢,٥) نيوتن عندما كانتا في الهواء والمسافة بينهما (٥) متر ، احسب :
(١) قوة التنافر إذا أصبحت المسافة بينهما (٢) متر .
(٢) قوة التنافر إذا وضعتا في وسط سماحيته (١٠) أضعاف سماحية الهواء .

الحل :

$$(١) \frac{ق٢}{ق١} = \frac{ف٢}{ف١}$$

$$\frac{ق٢}{٢٥} = \frac{٢}{٥}$$

ق٢ = ٥ ومنها ق٢ = ١,٢٥ نيوتن .

$$(٢) \frac{ق٢}{ق١} = \frac{ف٢}{ف١}$$

$$\frac{ق٢}{١} = \frac{٢}{١٠}$$

ق٢ = ٠,٢ ومنها ق٢ = ٠,٢٢ نيوتن

مثال (٦) : قربت ساق مشحونة من كرتين صغيرتين فلزيتين متلامستين غير مشحونتين . فشحننا بالحث ، ثم فصلت الكرتان عن بعضهما بوساطة عازل حتى اصبحت المسافة بينهما (١,٥) م ، ثم ابعدت الساق المشحونة نهائياً ، فوجد أن الكرتين تتجاذبان بقوة مقدارها (٩ × ١٠^{-٥}) نيوتن . احسب عدد الإلكترونات التي انتقلت من إحدى الكرتين إلى الأخرى أثناء عملية الشحن بالحث .

الحل :

$$ق = \frac{٩ \times ٩}{٢}$$

$$\frac{٩ \times ٩}{٠,٠١} = ٩ \times ١٠^{-٥}$$

$$\sqrt{=} = ١ \times ١٠^{-٨} \text{ كولوم}$$

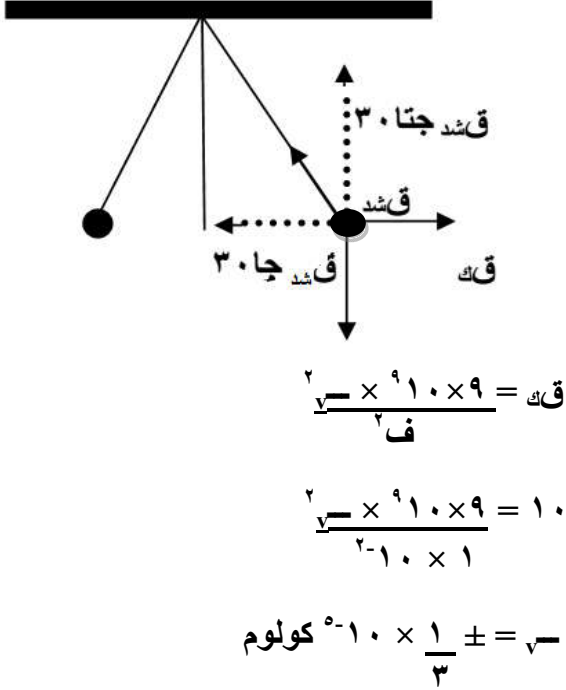
$$ن = \frac{ق}{e}$$

$$= \frac{١ \times ١٠^{-٨}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}}$$

$$= ٠,٦٢٥ \times ١٠^{١١} \text{ إلكترون}$$

مثال (١١) : كرتان موصلتان متماثلتان ، كتلة كل منهما $(\sqrt{3})$ كغم، معلقتان بخيطين طول كل منهما (١٠) سم . شحنتا بشحنتين متشابهتين ومتساويتين ، فتنافرتا إلى أن أصبحت الزاوية بين الخيطين (60°) ، احسب شحنة كل منهما .

الحل :



$$\bar{q}_s = \text{صفر}$$

$$q_k - q \text{ شد جا } 30 = \text{صفر}$$

$$q_k = q \text{ شد جا } 30 \text{ ----- (١)}$$

$$\bar{q}_v = \text{صفر}$$

$$0 - q \text{ شد جتا } 30 = \text{صفر}$$

$$0 = q \text{ شد جتا } 30 \text{ ----- (٢)}$$

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

$$\frac{q_k}{0} = \frac{q \text{ ظا } 30}{0}$$

$$q_k = 0 \times \text{ظا } 30 \times \text{ج} = 0 \text{ ومنها } q_k = 10 \text{ نيوتن}$$

المجال الكهربائي

يعرف المجال الكهربائي بأنه : الحيز المحيط بالشحنة الكهربائية والذي تظهر فيه آثار القوة الكهربائية .

ويعرف المجال الكهربائي في نقطة (\vec{M}) بأنه : القوة المؤثرة في شحنة اختبار صغيرة موجبة موضوعة في تلك النقطة مقسومة على مقدار شحنة الاختبار .

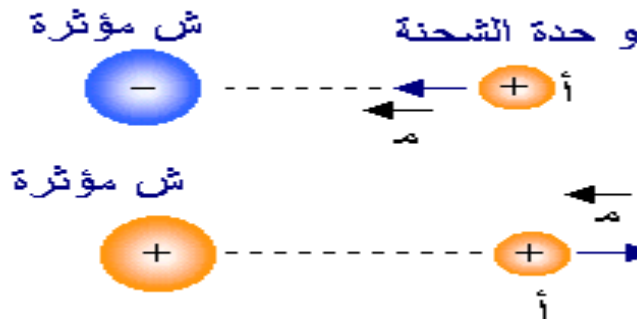
$$\vec{M} = \frac{\vec{Q}}{r^2}$$

$$\vec{M} = \frac{1}{\epsilon\pi r^2} \times \vec{F}$$

يقاس المجال الكهربائي بوحدة نيوتن / كولوم

ملاحظات :

- ١) شدة المجال الكهربائي (\vec{M}) كمية متجهة أي لها مقدار ولها اتجاه .
- ٢) النقطة المطلوب إيجاد شدة المجال عندها لا يوجد فيها شحنة ونحن نفرض فيها شحنة اختبار موجبة .
- ٣) لحساب المجال من عدة شحنات نقطية عند نقطة نجد مجال كل شحنة مقداراً واتجاهاً ثم نجد المحصلة للمجالات .
- ٤) نقطة التعادل هي النقطة التي ينعدم عندها المجال المحصل وتكون على الخط الواصل بين الشحنتين المتشابهتين وأقرب إلى الصغرى أو على امتداد الخط الواصل بين الشحنتين المختلفتين من الخارج وأقرب إلى الصغرى .
- ٥) دائماً نعوض قيمة الشحنة موجبة لحساب شدة المجال .
- ٦) الشحنة الموجبة تتسارع باتجاه المجال الكهربائي ، والشحنة السالبة تتسارع عكس اتجاه المجال الكهربائي .



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 .

مثال (١) : شحنة نقطية مقدارها (٤) μC موضوعة في الهواء احسب مقدار المجال الكهربائي على بعد :
(١) ١ م (٢) ٢ م

الحل :

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{4 \times 10^{-6}}{4\pi \times 9 \times 10^9 \times 1^2} = 3.6 \times 10^{-17} \text{ نيوتن/كولوم}$$

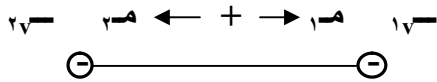
$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{4 \times 10^{-6}}{4\pi \times 9 \times 10^9 \times 2^2} = 4.5 \times 10^{-17} \text{ نيوتن/كولوم}$$

مثال (٢) : شحنتان نقطيتان مقدار الشحنة الأولى (-٥) μC والثانية (-٤) μC ، تفصلهما مسافة (٢,٠) سم في الهواء احسب شدة المجال الكهربائي في نقطة منتصف المسافة بينهما .

الحل :

$$E_{\text{مجموع}} = E_1 - E_2 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r_1^2} - \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 r_2^2} = \frac{5 \times 10^{-6}}{4\pi \times 9 \times 10^9 \times 0.1^2} - \frac{4 \times 10^{-6}}{4\pi \times 9 \times 10^9 \times 0.1^2} = 9 \times 10^{-17} \text{ نيوتن/كولوم}$$

(نحو اليمين)



$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{5 \times 10^{-6}}{4\pi \times 9 \times 10^9 \times 0.1^2} = 4.5 \times 10^{-17} \text{ نيوتن/كولوم}$$

(نحو اليمين)

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{4 \times 10^{-6}}{4\pi \times 9 \times 10^9 \times 0.1^2} = 3.6 \times 10^{-17} \text{ نيوتن/كولوم}$$

(نحو اليسار)

مثال (٣) : شحنتان نقطيتان $q_1 = 36 \mu\text{C}$ ، $q_2 = -64 \mu\text{C}$ ، المسافة بينهما (١٠) سم أوجد المجال الكهربائي عند نقطة تبعد مسافة (٦) سم عن الشحنة الأولى و (٨) سم عن الشحنة الثانية .

الحل :

$$\begin{aligned} m_1 &= 2 \times m_2 = 2 \times 45 \text{ م} \\ &= 2 \times 10 \times 9 \times 0,7 = 12,6 \text{ نيوتن/كولوم} \\ \theta &= 45^\circ \end{aligned}$$

ويمكن تطبيق نظرية فيثاغورس أيضاً لإيجاد المحصلة .

$$\begin{aligned} m &= \frac{q_1 \times q_2}{r^2} \\ m_1 &= \frac{36 \times 10 \times 9}{1^2} = 324 \text{ نيوتن/كولوم} \\ m_2 &= \frac{64 \times 10 \times 9}{1^2} = 576 \text{ نيوتن/كولوم} \end{aligned}$$

مثال (٤) : شحنة نقطية في الهواء المجال الناتج عند نقطة تبعد مسافة (١٠) سم عنها هو $(1 \times 10^\circ)$ نيوتن/كولوم

جد المجال الناتج في الحالتين التاليتين :

(١) عند نقطة تبعد (٣٠) سم عن الشحنة .

(٢) عند نقطة تبعد (١٠) سم إذا وضعت الشحنة في وسط سماحيته (١٠) أمثال سماحية الهواء .

الحل :

$$\begin{aligned} (2) \quad \frac{r_2}{r_1} &= \frac{m_1}{m_2} \\ \frac{10}{30} &= \frac{1 \times 10^\circ}{m_2} \\ m_2 &= \frac{1 \times 10^\circ \times 30}{10} = 3 \text{ نيوتن/كولوم} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (1) \quad \frac{r_2^2}{r_1^2} &= \frac{m_1}{m_2} \\ \frac{10^2}{30^2} &= \frac{1 \times 10^\circ}{m_2} \\ m_2 &= \frac{1 \times 10^\circ \times 9}{1} = 9 \text{ نيوتن/كولوم} \end{aligned}$$

مثال (٥) : أب جد مربع طول ضلعه (١٠) سم وضعت الشحنات ($\mu\text{C} 100$ ، $\mu\text{C} 50$ ، $\mu\text{C} 25$ ، $\mu\text{C} 25$) عند رؤوسه أب جد على التوالي احسب المجال الكهربائي في المركز .

الحل :



مثال (٦) : شحنتان نقطيتان مقدار الشحنة الأولى (٢×١٠^{-٩}) كولوم ومقدار الشحنة الثانية (٥٠×١٠^{-٩}) كولوم

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

(١) المجال الكهربائي على الخط الواصل بين الشحنتين في نقطة تبعد $(٢, ٠)$ سم عن الشحنة الأولى .

(٢) بعد نقطة التعادل عن الشحنة الأولى في الحالتين :

(أ) إذا كانت الشحنتان موجبتان .

الحل :

(ب) إذا كانت الشحنة الأولى موجبة والثانية سالبة .

$$(١) \quad \frac{q_1 \times q_2}{r^2} = F$$

$$\frac{١٠^{-٩} \times ٢ \times ١٠^{-٩}}{٠,٠٤^2} = F$$

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

$$\frac{١٠^{-٩} \times ٥٠ \times ١٠^{-٩}}{٠,٠٩^2} = F$$

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

$$F_{١} = ١٠ \times ٤٥ = F_{٢}$$

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

$$(٢) \quad F = F$$

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

$$\frac{١٠^{-٩} \times ٥٠}{(٠,٥)^2} = \frac{١٠^{-٩} \times ٢}{(٠,٥)^2}$$

بالقسمة على ٢ ثم أخذ جذر الطرفين

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

$$٥ = ٠,٥$$

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

$$(ب) \quad F = F$$

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

$$\frac{١٠^{-٩} \times ٥٠}{(٠,٥)^2} = \frac{١٠^{-٩} \times ٢}{(٠,٥)^2}$$

بالقسمة على ٢ ثم أخذ جذر الطرفين

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

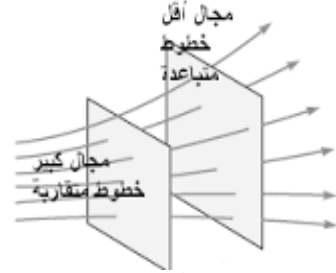
$$٥ = ٠,٥$$

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

خطوط المجال الكهربائي

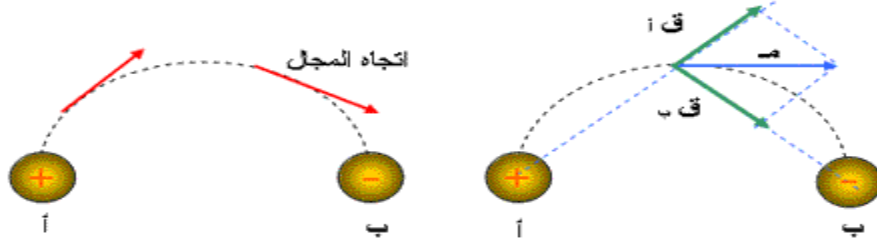
ويعرف خط المجال الكهربائي بأنه : خط وهمي يمثل المسار الذي تسلكه شحنة اختبار صغيرة موجبة حرة الحركة في المجال الكهربائي .

وهذه الخطوط لها عدة خصائص وهي :



- (١) خطوط المجال الكهربائي خطوط وهمية .
- (٢) يدل اتجاه المماس لخط المجال عند أي نقطة على اتجاه المجال الكهربائي عند تلك النقطة .
- (٣) ترسم الخطوط بحيث تكون دائماً خارجة من الشحنة الموجبة وداخله للشحنة السالبة .
- (٤) خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع أبداً . لأنها لو تقاطعت لكان للمجال أكثر من اتجاه في نقطة واحدة وهذا مستحيل .
- (٥) تتباعد خطوط المجال من بعضها كلما ابتعدنا عن الشحنة المفردة . مما يعني أن المجال يضعف كلما ابتعدنا عن الشحنة .
- (٦) يتناسب عدد خطوط المجال الخارجة من الشحنة أو الداخلة في الشحنة تناسباً طردياً مع مقدار الشحنة الكهربائية .

ولو فرض وجود وحدة الشحنات الموجبة حرة الحركة عند نقطة في المجال الكهربائي لشحنتين كهربائيتين ، إحداهما (أ) موجبة والأخرى (ب) سالبة ، كما في الشكل فإن وحدة الشحنات الموجبة تتأثر بمحصلة قوتي التجاذب والتنافر بينهما وبين الشحنتين أ ، ب وتتحرك باتجاه هذه المحصلة ، أي أن وحدة الشحنات الموجبة ترسم مساراً في المجال .



إذا وضع جسيم مشحون عند نقطة ما في مجال كهربائي ولم يتأثر بأي قوة كهربائية فإن هذه النقطة تسمى "نقطة التعادل" أو "نقطة انعدام المجال" وينعدم المجال الكهربائي عند النقاط التالية :

- (١) أي نقطة داخل الموصل الكروي المشحون .
- (٢) أي نقطة خارج صفيحتين متوازيتين مشحونتين بشحنتين مختلفتين (مواسع كهربائي) .
- (٣) نقطة على الخط الواصل بين شحنتين متشابهتين في النوع وفي موضع يقع بينهما واقرب إلى الشحنة الصغرى .
- (٤) نقطة على امتداد الخط الواصل بين شحنتين مختلفتين في النوع في موضع يقع خارجهما واقرب إلى الشحنة الصغرى .

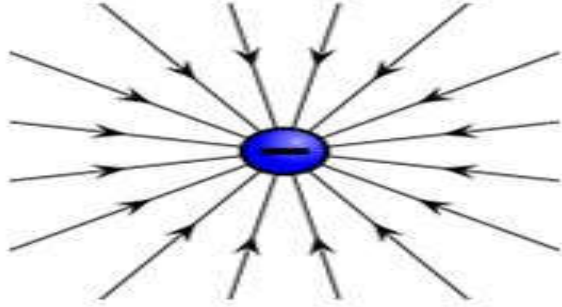
أنواع المجال الكهربائي :

(١) المجال الكهربائي المنتظم : هو المجال الثابت في المقدار والاتجاه وتكون خطوطه مستقيمة متوازية . وله عدة تطبيقات منها :

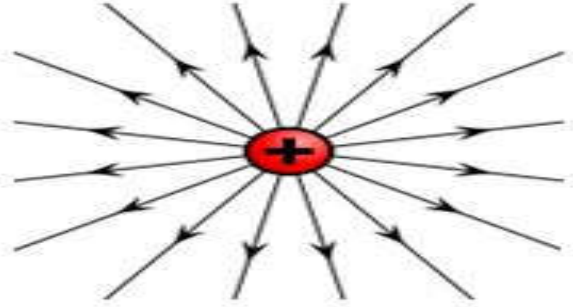
- (أ) انبوب أشعة المهبط : والمستخدم في شاشات الحاسوب وجهاز راسم الذبذبات وشاشات العرض التلفزيوني .
- (ب) المسارات النووية : يستخدم لتسريع الجسيمات الصغيرة مثل الإلكترون والبروتون .

(٢) المجال الكهربائي الغير المنتظم : هو المجال المتغير في المقدار أوالاتجاه أو كليهما عند جميع النقاط الواقعة فيه . كالمجالات الناتجة عن الشحنات النقطية .

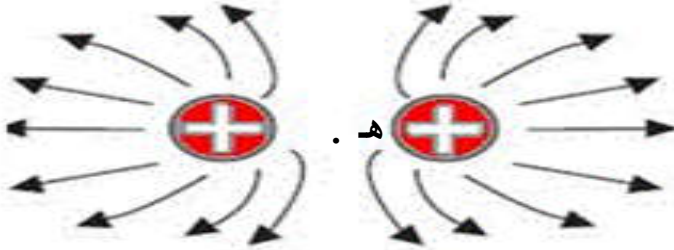
بعض اشكال خطوط المجال الكهربائي :



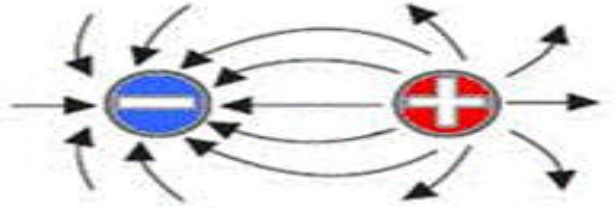
خطوط المجال الكهربائي لشحنة سالبة مفردة



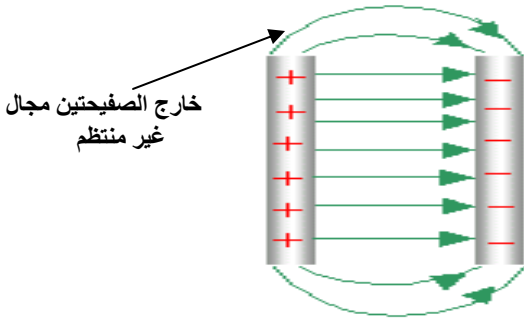
خطوط المجال الكهربائي لشحنة موجبة مفردة



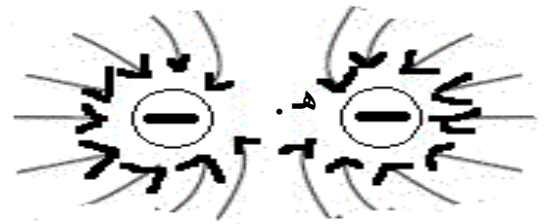
خطوط المجال الكهربائي لشحنتين موجبتين



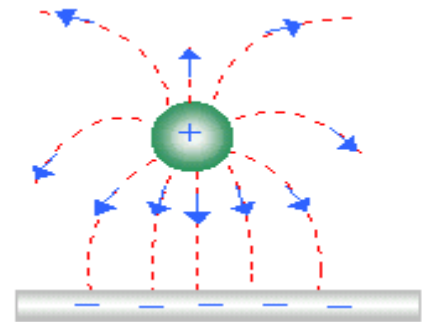
خطوط المجال الكهربائي لشحنتين مختلفتين



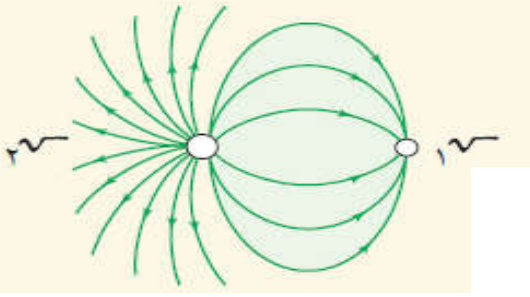
خطوط المجال الكهربائي لمجال منتظم



خطوط المجال الكهربائي لشحنتين سالبتين



خطوط المجال لشحنة نقطية وصفيحة مستوية



مثال : من الشكل إذا كانت شحنتان $q_1 = 12 \times 10^{-10}$ كولوم جد :

- (١) نوع الشحنة q_1 .
(٢) مقدار الشحنة q_2 .

الحل :

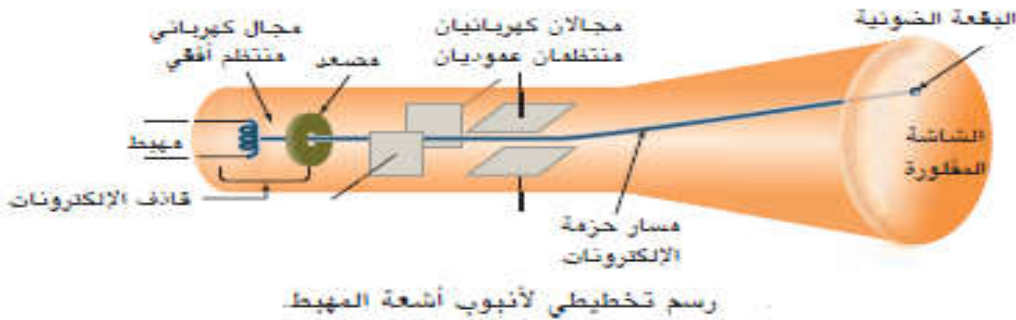
(١) سالبة

$$\frac{q_1}{r_1} = \frac{q_2}{r_2} \quad (٢)$$

$$\frac{6}{18} = \frac{q_2}{12 \times 10^{-10}}$$

$$q_2 = 4 \times 10^{-10} \text{ كولوم}$$

سؤال : بين بالرسم انبوب أشعة المهبط مبيناً الأجزاء على الرسم .
جواب :



سؤال : من معرفتك بجهاز انبوب اشعة المهبط ، أجب عما يلي :

- (١) اذكر استخداماته في الحياة العملية .
(٢) لماذا يكون المصدر مثقوب ؟
(٣) وضح وظيفة كل من : (أ) المجال الكهربائي الأفقي .
(ب) المجالان الكهربائيان العموديان .
(ج) قاذف الإلكترونات .

جواب :

- (١) (أ) شاشات الحاسوب . (ب) جهاز راسم الذبذبات .
(٢) لكي تنبعث الإلكترونات منه على شكل حزمة .
(٣) (أ) تسريع الإلكترونات . (ب) حرف مسار حزمة الإلكترونات يمينا ويساراً ثم أعلى وأسفل .
(ج) بعث وتسريع الإلكترونات .

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

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

سؤال : هل يعد المجال الكهربائي الناجم عن الشحنة النقطية مجالاً منتظماً ؟ فسر اجابتك .

جواب : لا ، لأن قيمة المجال تختلف من نقطة إلى أخرى وكذلك خطوط المجال الكهربائي لا تكون متوازية .

حركة شحنة في مجال كهربائي منتظم

* إذا وضع نيوترون داخل مجال كهربائي فإنه لا يتأثر بالمجال لأنه غير مشحون بحيث أن :
($قك = م \times \underline{v} = \underline{v} \times م = صفر = صفر$) .

* إذا وضع جسيم مشحون ($e^- / p+$ / أيون ،) في مجال كهربائي منتظم فإنه يتأثر بالمجال بقوة بحيث أن :
($قك = م \times \underline{v} = \underline{v} \times م = ك \times ت$)

* إذا كانت الشحنة موجبة فإنها تتحرك باتجاه المجال وإذا كانت الشحنة سالبة فإنها تتحرك عكس اتجاه المجال بفعل قوة المجال .
* القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة المتحركة قوة محافظة ولذلك يكون النظام محافظ .

* الشغل المبذول على الشحنة بفعل المجال الكهربائي المنتظم يعطى بالعلاقة :

$$ش = ق \times ف \text{ جتا } \theta = م \times \underline{v} \text{ ف جتا } \theta$$

* طاقة الحركة التي تكتسبها الشحنة تساوي الشغل المبذول :

$$ش = \Delta ط ح = \frac{1}{2} ك \Delta ع^2$$

* الزيادة في طاقة الحركة للشحنة تساوي النقصان في طاقة الوضع الكهروستاتيكية :

$$ش = \Delta ط ح = - \Delta ط و$$

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

$$\frac{ق}{ك} = ت$$

$$\underline{v} \times م = ت$$

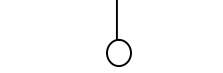
$$٢ع = ١ع + ت ز$$

$$ف = ١ع ز + \frac{1}{2} ت ز^2$$

$$٢(٢ع) = (١ع)^2 + ٢ ت ف$$

مثال (١) : لوحان معدنيان متوازيين بشكل أفقي ، شدة المجال الكهربائي بينهما (٤ × ١٠^٢) نيوتن/كولوم علقت كتلة

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



الحل :

$$ق_{محصلة} = صفر$$

$$ق_{شد} - (ق_{ك} + و) = صفر$$

$$ق_{شد} = ق_{ك} + و$$

$$م \times ج + ك \times ج =$$

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

$$١٨ \times ١٠^{-٤} \text{ نيوتن}$$

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

بفعل مجال كهربائي منتظم مقدارها (٢ × ١٠^٢) نيوتن/كولوم عمودي على اتجاه الحركة . احسب :

(١) القوة التي يؤثر بها المجال على الجسيم .

(٢) تسارع الجسيم أثناء حركته في المجال .

(٣) سرعة الجسيم النهائية .

(٤) الشغل الذي يبذله المجال في تحريك الجسيم .

(٥) التغير في طاقة الحركة التي يمتلكها الجسيم .

الحل :

$$(١) ق_{ك} = م \times و = ٢ \times ١٠ \times ١٠^{-٦} = ٢ \times ١٠^{-٥} \text{ نيوتن}$$

$$٢٠ \times ١٠^{-٤} = ٢ \times ١٠^{-٥} \text{ نيوتن}$$

$$(٢) ت = \frac{ق}{ك} = \frac{٢ \times ١٠^{-٥}}{٢ \times ١٠^{-٤}} = ١٠ \text{ م/ث}^٢$$

$$(٣) ع٢ = ع١ + ٢ ت ف + ٠ = ٢ \times ١٠ \times ١٠^{-٦} + ٠ = ٢ \times ١٠^{-٥} \text{ م/ث}^٢$$

$$(٤) ش = ق \times ف = ٢٠ \times ١٠^{-٥} = ٢ \times ١٠^{-٤} \text{ جتا} .$$

$$٤ \times ١٠^{-٤} \text{ جول}$$

$$(٥) طح = ش = ٤ \times ١٠^{-٤} \text{ جول}$$

$$(٦) ش = طو = ٤ \times ١٠^{-٤} \text{ جول}$$

مثال (٣) : اتزن جسم كتلته (١٠^{-١٣}) كغم رأسياً في مجال كهربائي منتظم شدته (١٠^{-٤}) نيوتن/كولوم بشكل رأسي تحت

تأثير وزنه وقوة المجال احسب :

(١) شحنة الجسم .

(٢) إذا عكس اتجاه المجال احسب تسارع الجسم .

الحل :

$$(١) ق_{ك} = و$$

$$م = ك \times ج$$

$$م = ك \times ج = \frac{١٠ \times ١٠^{-١٣}}{١٠^{-٤}} = ١٠^{-٩} \text{ كولوم}$$

$$(٢) ق_{ك} + و = ك ت$$

$$م = ك \times ج + ك ت$$

$$ت = \frac{م \times ج}{ك} + ج = \frac{١٠^{-٩} \times ١٠^{-٤}}{١٠^{-١٣}} + ١٠ = ٢٠ \text{ م/ث}^٢$$

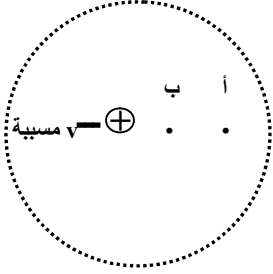
$$٢٠ \text{ م/ث}^٢$$

- مثال (٤) :** مجال كهربائي منتظم قدره (١٠ °) نيوتن/كولوم باتجاه محور السينات الموجب ، اطلقت خلاله شحنة نقطية قدرها (٢×١٠^{-٩}) كولوم بسرعة ابتدائية (٢×١٠^٢) م/ث باتجاه محور السينات السالب ، فإذا كانت كتلة الشحنة النقطية $(١٠^{-٢})$ كغ . احسب :
- (١) المسافة التي تقطعها الشحنة قبل أن تتوقف .
 - (٢) الشغل المبذول من قبل المجال .
 - (٣) التغير في طاقة حركة الشحنة إلى أن تتوقف .
 - (٤) التغير في طاقة وضع الشحنة إلى أن تتوقف .
- الحل :

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

الجهد الكهربائي

* عندما يتلامس جسمان مختلفان في درجة حرارتهما تنتقل الحرارة من الجسم الساخن إلى الجسم البارد حتى تتساوى درجة حرارتهما ، وعندما يتلامس جسمان مشحونان فإن الشحنات تنتقل من الجسم الأكبر جهد إلى الجسم الأقل جهد حتى يتساوى جهدهما .



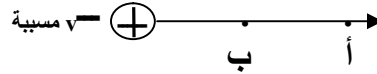
* في الشكل عند نقل شحنة اختبار من المالاتهية ووضعها عند النقطة (أ) ثم تحريكها من النقطة (أ) إلى (ب) بسرعة ثابتة فإننا نحتاج شغل بوساطة قوة خارجية على هذه الشحنة الصغيرة المنقولة ، وهذا الشغل حسب مبدأ حفظ الطاقة يختزن في الشحنة على شكل طاقة تسمى طاقة الوضع الكهربائية .

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

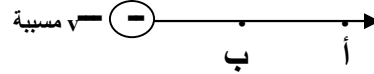
(١) قوة التنافر الكهربائية بين الشحنتين . (٢) تحول طاقة الوضع التي اختزنت في الشحنة عند نقلها إلى طاقة حركة .

* نتائج هامة :

(١) لو كانت الشحنة المسببة موجبة : جهد النقطة (أ) أقل من جهد النقطة (ب) يلزم شغل لنقل الشحنة من (أ) إلى (ب) .



(٢) لو كانت الشحنة المسببة سالبة : جهد النقطة (أ) أكبر من جهد النقطة (ب) لا يلزم شغل لنقل الشحنة من (أ) إلى (ب) .



* ويعرف الجهد الكهربائي بأنه : الحالة التي يتحدد فيها انتقال الشحنات من الموصل أو إليه عند اتصاله مع موصل آخر .

* يعرف الجهد الكهربائي لنقطة بأنه " الشغل المبذول من قوة خارجية لنقل وحدة الشحنات الموجبة من المالاتهية إلى تلك النقطة دون إحداث تغيير في طاقتها الحركية " .

* يعرف فرق الجهد بين نقطتين بأنه " الشغل المبذول على وحدة الشحنات الموجبة لنقلها بين النقطتين " .

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

فرق الجهد بين النقطتين أ ، ب هو :

$$ج\text{ب} = ج\text{أ} - ج\text{ب}$$

فرق الجهد بين النقطتين ب ، أ هو :

$$ج\text{ب} = ج\text{ب} - ج\text{أ}$$

التغير في فرق الجهد بين النقطتين أ ، ب

$$\text{هو} : \Delta ج\text{ب} = ج\text{ب} - ج\text{أ}$$

$$\text{ش أ} \leftarrow \text{ب} = \Delta ط \text{ و أ ب}$$

$$\text{ش أ} \leftarrow \text{ب} = ط \text{ و ب} - ط \text{ و أ}$$

$$\text{ط و ب} = \int_{ج\text{ب}} \underline{v} \times \underline{ج\text{ب}} \text{ منقولة}$$

$$\text{ط و أ} = \int_{ج\text{أ}} \underline{v} \times \underline{ج\text{أ}} \text{ منقولة}$$

$$\text{ش أ} \leftarrow \text{ب} = \int_{ج\text{ب}} \underline{v} \text{ منقولة} \times (\underline{ج\text{أ}} - \underline{ج\text{ب}})$$

$$\text{ش أ} \leftarrow \text{ب} = \int_{ج\text{ب}} \underline{v} \times \underline{ج\text{ب}} \text{ و } \int_{ج\text{أ}} \underline{v} \times \underline{ج\text{أ}}$$

ملاحظات :

- * يقاس الجهد بوحدة فولت وهي جول/كولوم .
- * جهد أي نقطة في المالاتنهاية = صفر .
- * جهد الأرض أو أي نقطة متصلة بالأرض = صفر .
- * طاقة الوضع في المالاتنهاية = صفر .
- * انتقال الشحنات يتم بفعل قوة المجال الكهربائي .
- * يعرف الفولت بأنه : فرق الجهد بين نقطتين عندما يلزم بذل شغل مقداره (١) جول لنقل وحدة الشحنات بين النقطتين .
- * شغل القوة الخارجية هو شغل غير محافظ أي :

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

حيث $\Delta \text{ط}$: التغير في الطاقة الميكانيكية

- * القوة التي تبذل شغلاً لنقل شحنة نقطية دون احداث تغيير في طاقة حركة الشحنة تساوي في المقدار وتعاكس بالاتجاه القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة المنقولة أي :

$$\text{ش ق كهربائية} = - \text{ش ق خارجية}$$

- * الشغل الذي تبذله القوة الخارجية في نقل شحنة من أ ← ب = $\Delta \text{ط}_\text{و}$
- * الشغل الذي تبذله قوة المجال لنقل شحنة من أ ← ب = - $\Delta \text{ط}_\text{و}$

سؤال (علل) : الجهد الكهربائي عند نقطة بعيدة جداً (في المالاتنهاية) 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 المالاتنهاية الى نقطة ما .
جواب : لأن القوة الخارجية لنقلها تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه القوة الكهربائية المؤثرة فيها .

سؤال (علل) : جهد الأرض = صفر ؟
جواب : وذلك لأنها تفقد الجسم شحنته لكبر حجمها فيصبح جهدها صفراً .

سؤال : ماذا نعني بقولنا أن الجهد الكهربائي في نقطة ما يساوي (٢) فولت ؟
جواب : أي أن شغلاً مقداره (٢) جول يبذل من قوة خارجية لنقل وحدة الشحنات الموجبة من المالاتنهاية إلى تلك النقطة بسرعة ثابتة .

سؤال : ماذا نعني بقولنا أن الجهد الكهربائي في نقطة ما يساوي (-٢) فولت ؟
جواب : أي أن شغلاً مقداره (٢) جول يبذل من قوة خارجية لنقل وحدة الشحنات الموجبة من تلك النقطة إلى المالاتنهاية بسرعة ثابتة .

ومن الجدير بالذكر أنه عندما يكون جهد النقطة الأولى يساوي جهد النقطة الثانية فإن المجال الكهربائي لا يؤثر بقوة في شحنة كهربائية تتحرك بين النقطتين (لا يلزم بذل شغل لنقل الشحنة بين النقطتين) .

مثال (١) : شحنة كهربائية قدرها (2×10^{-1}) كولوم موضوعة عند نقطة (أ) التي جهدها (٥) فولت ، احسب :
(١) طاقة الوضع الكهربائية للشحنة . (٢) الشغل اللازم لنقل الشحنة إلى نقطة (ب) التي جهدها (١٢) فولت .
(٣) التغير في طاقة وضع الشحنة ، عند نقلها من (أ) إلى (ب) .

الحل :

$$(١) \text{ (طو) } i = q \cdot v = 2 \times 10^{-1} \times 5 = 10 \times 10^{-1} \text{ جول .}$$

$$(٢) \text{ ش }_{\text{أ ب}} = v \cdot q = (ج ب - ج أ) \times 2 \times 10^{-1} = (12 - 5) \times 10^{-1} \text{ جول .}$$

$$(٣) \Delta \text{ ط و }_{\text{أ ب}} = \text{ش }_{\text{أ ب}} = 14 \times 10^{-1} \text{ جول .}$$

مثال (٢) : إذا علمت أن الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها (3×10^{-1}) كولوم بين نقطتين في مجال كهربائي يساوي (4×10^{-1}) جول . جد فرق الجهد الكهربائي بينهما .

الحل :

$$\text{ش} = v \cdot q = \Delta \text{ج} \times 3 \times 10^{-1} = 4 \times 10^{-1} \Rightarrow \Delta \text{ج} = 8 \text{ فولت .}$$

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

الحل :

$$\text{ش} = v \cdot q = \Delta \text{ج} \times (-1.6 \times 10^{-19}) = -1.6 \times 10^{-19} \text{ ش} = -1.6 \times 10^{-19} \text{ جول .}$$

سؤال : وضح المقصود بالإلكترون فولت ؟

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

مثال (٤) : مستعيناً بالشكل المجاور ، إذا بدأت شحنة قدرها (٢) ميكروكولوم الحركة من السكون من النقطة (أ)

احسب طاقة الحركة للشحنة لحظة مرورها بالنقطة (ب) .

ج ب = ٢ فولت
ج أ = ٦ فولت

أ .
ب .

ص +

الحل :

$$\text{(ط ب)} = \text{(ط أ)}$$

$$\text{(ط ب)} + \text{(ط ب)} = \text{(ط أ)} + \text{(ط ب)}$$

$$\text{(ط ب)} = \text{(ط أ)} - \text{(ط ب)}$$

$$\text{(ط ب)} + \text{(ط ب)} = \text{(ط أ)}$$

$$\text{صفر} + \text{(ط ب)} = \text{(ط أ)}$$

$$\text{(ط ب)} = \text{(ط أ)} = 2 \times 10^{-6} \text{ جول}$$

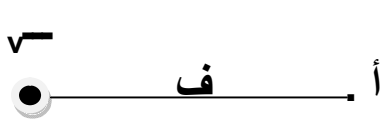
$$\text{(ط ب)} = 8 \times 10^{-6} \text{ جول}$$

الجهد الكهربائي لنقطة في مجال شحنة نقطية

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

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

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



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

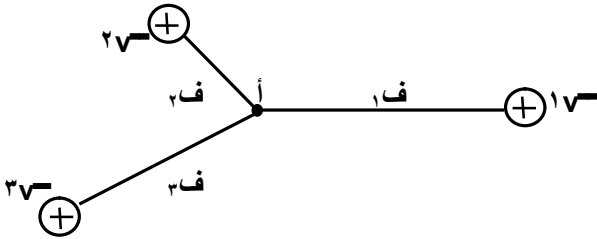
$$\text{ج} = \frac{\text{ق} \times \text{ف}}{\text{ف}}$$

$$\text{ج} = \frac{1}{\epsilon \pi \epsilon} \times \frac{\text{ف}}{\text{ف}}$$

وعندما يكون الوسط هو الهواء أو الفراغ فإن :

$$\text{ج} = \frac{1}{\epsilon \pi \epsilon} \times \frac{\text{ف}}{\text{ف}}$$

أما الجهد الناتج عن عدة شحنات نقطية فيساوي :



$$\text{ج} = \frac{1}{\epsilon \pi \epsilon} \left(\frac{\text{٢ف}}{\text{٢ف}} + \frac{\text{١ف}}{\text{١ف}} + \frac{\text{٣ف}}{\text{٣ف}} \right)$$

ملاحظات :

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

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

الحل :

$$ج = \frac{9 \times 10^9}{ف}$$

$$٨,٤ \times 10^{-1} \text{ فولت} = \frac{9 \times 10^9 \times 6,1 \times 10^{-9}}{٣ \times 10^{-1}}$$

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

(١) الجهد الكهربائي عند منتصف الخط الواصل بينهما .
(٢) الجهد الكهربائي عند نقطة تبعد (9) سم عن الشحنة الأولى . و (6) سم عن الشحنة الثانية .

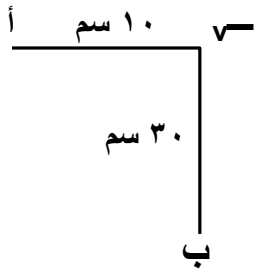
الحل :

$$\begin{aligned} (٢) \quad ج &= \frac{9 \times 10^9}{ف_1} + \frac{9 \times 10^9}{ف_2} \\ &= \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6}}{٦ \times 10^{-2}} + \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6}}{٩ \times 10^{-2}} \\ &= ٧,٥ \times 10^6 \text{ فولت} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (١) \quad ج &= \frac{9 \times 10^9}{ف_1} + \frac{9 \times 10^9}{ف_2} \\ &= \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6}}{٥ \times 10^{-2}} + \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6}}{٥ \times 10^{-2}} \\ &= ١٨ \times 10^6 \text{ فولت} \end{aligned}$$

مثال (٣) : من الشكل إذا علمت أن الجهد الكهربائي عند النقطة (أ) يساوي (2700) فولت جد :
(١) مقدار الشحنة q .
(٢) المجال عند النقطة ب .

الحل :



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

$$\frac{9 \times 10^9 \times q}{١} = 2700$$

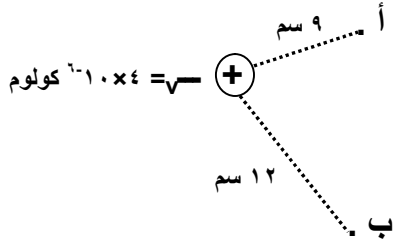
$$٣٠ \times 10^{-1} \text{ كولوم} = q$$

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

$$\frac{9 \times 10^9 \times 30 \times 10^{-1} \times 9}{٩} =$$

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

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



- (١) جهد النقطة أ . (٢) جهد النقطة ب . (٣) فرق الجهد بين النقطتين أ ، ب
 - (٤) جيب أ (٥) Δ جيب أ (٦) طاقة الوضع لإلكترون وضع عند أ .
 - (٧) التغير في طاقة وضع إلكترون عند نقله من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) .
 - (٨) الشغل اللازم لنقل الإلكترون من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) .
- الحل :

$$(٤) \text{ جيب أ} = - \text{ جيب ب} = - ١.٠ \times ١٠^{-٦} \text{ فولت}$$

$$(٥) \Delta \text{ جيب أ} = \text{ جيب ب} = ١.٠ \times ١٠^{-٦} \text{ فولت}$$

$$(٦) \text{ (ط) } \text{ جيب أ} = \frac{١.٠ \times ١٠^{-٦} \times ١.٦}{١.٠ \times ٤ \times ١٠^{-٩}} = ١.٦ \times ١٠^{-٦} \text{ جول}$$

$$(٧) \text{ طو اب} = \text{ جيب أ} \times \text{ جيب ب} = ١.٠ \times ١٠^{-٦} \times ١.٦ = ١.٦ \times ١٠^{-٦} \text{ جول}$$

$$(٨) \text{ ش اب} = \text{ طو اب} = ١.٦ \times ١٠^{-٦} \text{ جول}$$

$$(١) \text{ جيب أ} = \frac{١.٠ \times ٩^{-٩}}{١.٠ \times ٩^{-٦}} = ٩ \text{ فولت}$$

$$(٢) \text{ جيب ب} = \frac{١.٠ \times ٩^{-٩}}{١.٠ \times ١٢^{-٦}} = ٣ \text{ فولت}$$

$$(٣) \text{ جيب أ} = ٩ \text{ فولت} - \text{ جيب ب} = ٩ - ٣ = ٦ \text{ فولت}$$

ملاحظة :-

- (١) الشحنة الموجبة تكسب طاقة لأن قوة خارجية نقلتها ، والشحنة السالبة تخسر طاقة لأنها تحركت بسبب قوة المجال .
- (٢) طاقة الوضع الكهربائية المخزنة في شحنتين متجاورتين متساوية حيث $\text{طو } ١ = \text{طو } ٢ = \text{طو } ٣$.
- (٣) يمكن حساب طاقة الوضع بين شحنتين (أو كرتين) متجاورتين من العلاقة :

$$\text{طو } ١ = \frac{١.٠ \times ٩^{-٩}}{١.٠ \times ١٢^{-٦}}$$

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



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

$$(٣) \text{ طو} = \frac{q_1 \times q_2}{r} = \frac{2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{0.1} = 8 \times 10^{-11} \text{ جول}$$

$$(٤) \text{ طو} = \text{طو} = 8 \times 10^{-11} \text{ جول}$$

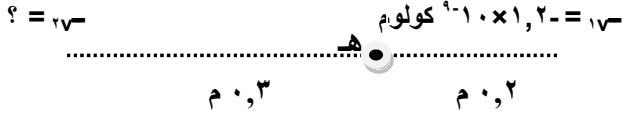
$$(١) \text{ ج} = \frac{q}{r} = \frac{2 \times 10^{-6}}{0.1} + \frac{4 \times 10^{-6}}{0.1} = 6 \times 10^{-5} \text{ فولت}$$

$$(٢) \text{ ج} = \frac{q}{r} = \frac{2 \times 10^{-6}}{0.1} + \frac{4 \times 10^{-6}}{0.1} = 6 \times 10^{-5} \text{ فولت}$$

$$(٤) \text{ طو} = \frac{q_1 \times q_2}{r} = \frac{2 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{0.1} = 8 \times 10^{-11} \text{ جول}$$

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

(١) مقدار ونوع الشحنة (٢٧) .
(٢) المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) .



الحل :

$$(١) \text{ ج} + \text{ج} = \text{صفر}$$

$$\text{صفر} = \frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} = \frac{2 \times 10^{-6}}{0.3} + \frac{1.2 \times 10^{-6}}{0.2}$$

$$\text{صفر} = \frac{2 \times 10^{-6}}{0.3} + \frac{1.2 \times 10^{-6}}{0.2}$$

$$2 \times 10^{-6} = 1.8 \times 10^{-6} \text{ كولوم}$$

$$(٢) \text{ م} + \text{م} = \text{م}$$

$$\frac{2 \times 10^{-6}}{0.3} + \frac{1.2 \times 10^{-6}}{0.2} = \frac{q}{r}$$

$$\frac{2 \times 10^{-6}}{0.3} + \frac{1.2 \times 10^{-6}}{0.2} = \frac{q}{0.2}$$

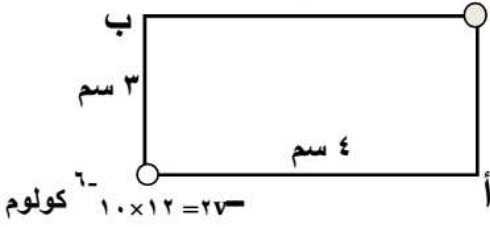
$$2 \times 10^{-6} + 1.2 \times 10^{-6} = q$$

$$q = 3.2 \times 10^{-6} \text{ كولوم (نحو اليمين)}$$

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

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

$$q_1 = -4 \times 10^{-6} \text{ كولوم}$$



$$\text{ش أ ب} = r \times \text{ج أ ب}$$

$$1,2 = 10^{-6} \times (10 - 27) \times 1 = 1,2 \text{ جول}$$

$$(2) \text{ ط أ ب} = \text{ش أ ب} = 1,2 \text{ جول}$$

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

الحل :

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

$$\left(\frac{1}{2-1 \times 12} + \frac{1}{2-1 \times 4} \right) 10^{-6} \times 9 =$$

$$10^{-6} \times 15 =$$

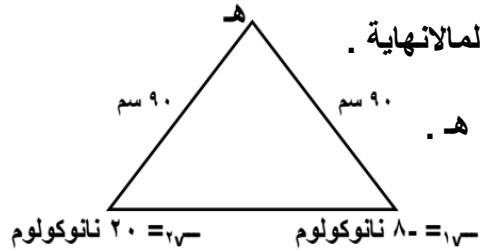
$$\text{ج ب} = \left(\frac{1}{2-1 \times 12} + \frac{1}{2-1 \times 4} \right) 10^{-6} \times 9 =$$

$$10^{-6} \times 27 =$$

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

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

الحل :



$$\text{ش أ ب} = r_1 \times r_2 = 20 - 9 = 11 \text{ سم}$$

$$11 - 9 = 2 \text{ سم} = 2 \times 10^{-2} \text{ م}$$

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

$$120 = \left(\frac{1}{9-1 \times 20} + \frac{1}{9-1 \times 8} \right) 10^{-9} \times 9 =$$

$$\text{ش هـ} = r_1 \times \text{ج هـ} = 120 - 0 = 120 \text{ فولت}$$

$$120 - 0 = 120 \text{ جول}$$

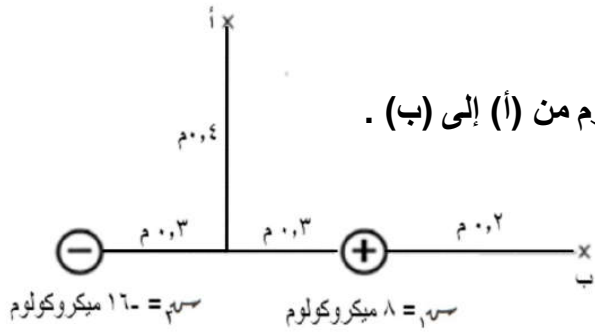
$$(2) \text{ ط أ ب} = \frac{1}{r_1} \times \frac{1}{r_2} = 10^{-9} \times 9 =$$

$$11 - 9 = 2 \text{ سم} = 2 \times 10^{-2} \text{ م}$$

$$\text{ط أ ب} = \frac{1}{2 \times 10^{-2}} \times \frac{1}{2 \times 10^{-2}} = 10^{-9} \times 9 = 9 \times 10^{-9} \text{ جول}$$

$$\text{ط أ ب} = r_1 \times \text{ج هـ} = 120 - 0 = 120 \text{ جول}$$

$$120 - 0 = 120 \text{ جول}$$



$$\text{ج ١} = \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \times 9 \times 10^9$$

$$= \left(\frac{1}{0,2} + \frac{1}{0,8} \right) \times 9 \times 10^9$$

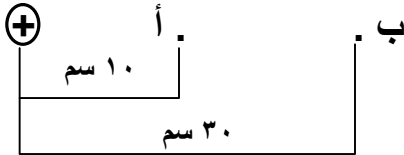
$$= 180 \times 10^9 \text{ فولت}$$

$$\text{ج ٢} = -10 \times 144 - 10 \times 180 + 10 \times 324 = -10 \times 324 \text{ فولت}$$

$$\text{ج ٢} = -10 \times 324 \text{ فولت}$$

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

$$\mu\text{C } 2 = -$$



مثال (٩) : اعتماداً على الشكل ، احسب :

١) فرق الجهد بين النقطتين أ ، ب .

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

الحل :

$$\text{١) } V = \sqrt{0,16 + 0,09} = 0,5 \text{ م}$$

$$\text{ج ١} = \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \times 9 \times 10^9$$

$$= \left(\frac{1}{0,2} + \frac{1}{0,8} \right) \times 9 \times 10^9$$

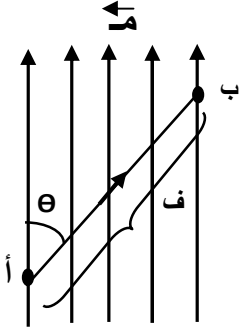
$$= 180 \times 10^9 \text{ فولت}$$

مثال (١٠) : من الشكل احسب ج ١ .

الحل :

فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم

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



$$ج\ أ ب = م\ ف\ أ ب\ ج\ ت\ أ\ ب\ \theta$$

حيث :

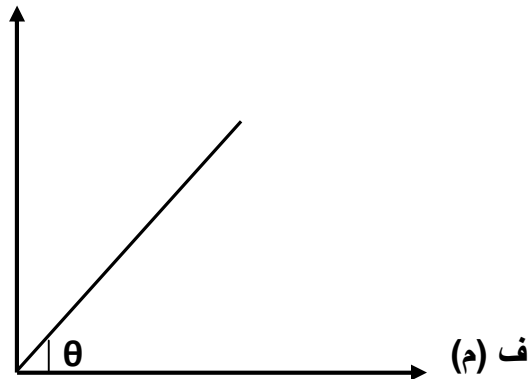
- م : المجال الكهربائي (فولت/م) وهي وحدة أخرى لقياس المجال الكهربائي .
- ف : البعد بين النقطتين أ ، ب
- (θ) : الزاوية بين خطوط المجال والمسافة .

ملاحظات :

- (١) يعتبر المجال الكهربائي ممال للجهد (انحدار الجهد) أي أن المجال الكهربائي يساوي التغير في الجهد لكل وحدة طول .
- (٢) فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين تقعان على نفس المستوى (الخط الواصل بينهما عمودي على خطوط المجال) يساوي صفر أي أن لهما نفس الجهد .
- (٣) الشغل عبر مسار مغلق في مجال كهربائي منتظم = صفر .

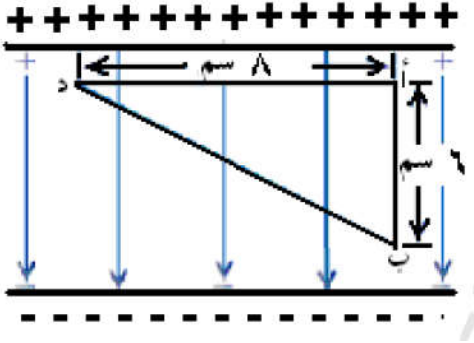
* عند تمثيل العلاقة بين فرق الجهد بين نقطتين والمسافة في مجال كهربائي منتظم بيانياً فإن :

ج (فولت)



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

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



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

الحل :

$$(١) \text{ م} = \frac{\text{ج}}{\text{ف}} = \frac{١١٠}{\sqrt{١٠ \times ١٠}} = ١١ \times ١٠^{-٦} \text{ نيوتن/كولوم}$$

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

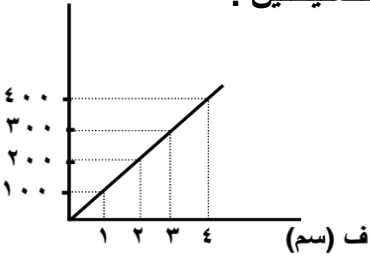
$$(٢) \text{ ج د ب} = \text{ج د ا} + \text{ج ا ب}$$

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

$$\text{ش ب د} = \text{ص} \times \text{ج د ب} = ١١ \times ١٠^{-٦} \times ٢ = ٢٢ \times ١٠^{-٦} \text{ جول}$$

مثال (٢) : مجال كهربائي منتظم ناشئ 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 :

→ (فولت)



(٢) فرق الجهد بين الصفيحتين .

الحل :

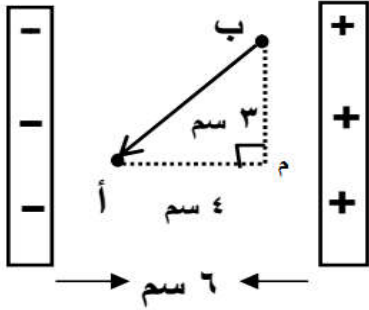
$$(١) \text{ م} = \frac{\text{ج}}{\text{ف}} = \frac{٤٠٠}{\sqrt{١٠ \times ٤}} = ١٠ \times ١^{-٤} \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$(٢) \text{ ج} = \text{م ف جتا } \theta = ١٠ \times ١^{-٤} \times ٥ \times ١^{-٤} \times \text{جتا } \theta = ٥٠٠ \text{ فولت}$$

مثال (٣) : يوضح الشكل لوحان متوازيان مشحونان بشحنتين مختلفتين إذا كان الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها (٢) ميكروكولوم من (أ) إلى (ب) يساوي (٢٤٠) جول ، احسب :

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

الحل :



$$(٢) \text{ ج} = \text{م ف جتا } \theta = ١٠ \times ١^{-٦} \times ٦ \times ١^{-٦} \times \text{جتا } \theta = ١٨٠ \text{ فولت}$$

$$= ١٨٠ \text{ فولت}$$

$$(١) \text{ ش ب ا} = \text{ص} \times \text{ج ب ا}$$

$$= ٢٤٠ \times ١٠^{-٦} = ٢ \times ١٠^{-٦} \times \text{ج ب ا}$$

$$\text{ج ب ا} = ١٢٠ \text{ فولت}$$

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

$$١٢٠ = \text{صفر} + \text{م ف جتا } \theta$$

$$١٢٠ = \text{م} \times ٤ \times ١^{-٦} \times \text{جتا } \theta$$

$$\text{م} = ٣ \times ١٠^{-٦} \text{ نيوتن/كولوم}$$

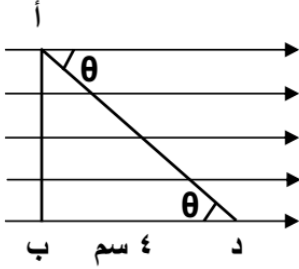
مثال (٤) : تحرك بروتون من السكون من النقطة (أ) عند اللوح الموجب إلى النقطة (ب) عند اللوح السالب في الحيز بين لوحين موصلين متوازيين مشحونين بشحنتين مختلفتين تفصل بينهما مسافة (٤) سم ، إذا كان المجال الكهربائي بين اللوحين (٦٢٥) نيوتن/كولوم احسب :
(١) فرق الجهد بين النقطتين .
(٢) التغير في طاقة وضع البروتون عند انتقاله بين اللوحين .
(٣) سرعة البروتون بعد قطعه الازاحة . (اعتبر شحنة البروتون 1.6×10^{-19} كولوم ، كتلة البروتون 1.67×10^{-27} كغم)

الحل :

$$(3) \quad \text{ط ح} = \frac{1}{2} \text{ك ع} \\ (0 - \frac{1}{2} \text{ع}) \times 1.67 \times 10^{-19} \times \frac{1}{2} = 1.6 \times 10^{-18} \times 4 \\ \text{ع} \approx 1.0 \times 6.9 \text{ م/ث}$$

$$(1) \quad \text{ج ب} = \text{م ف جتا} \theta = 625 \times 4 \times 10^{-19} \times 2 = 50 \text{ فولت} \\ (2) \quad \text{ط و ب} = \text{ج ب} \times \text{ر} = 1.6 \times 10^{-19} \times 2 = 3.2 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

مثال (٥) : في الشكل المجاور مجال كهربائي منتظم مقداره (١٠٠٠) فولت/م ، والنقاط (أ ، ب ، د) واقعة فيه



إذا كان طول ب د = ٤ سم ، احسب :
(١) الشغل اللازم لنقل شحنة (٢ × ١٠^{-١٩}) كولوم من (أ) إلى (د) .
(٢) عند أي نقطتين يكون الجهد متساوي .

الحل :

$$(1) \quad \text{ج د أ} = \text{ج د ب} + \text{م ف جتا} \theta + \text{صفر} \\ = 1000 \times 4 \times 10^{-19} \times 2 + 180 \times 10^{-19} \times 4 = 40 \text{ فولت} \\ \text{ش ا د} = \text{ر} \times \text{ج د ا} = 2 \times 10^{-19} \times 40 = 8 \times 10^{-18} \text{ جول}$$

(٢) النقطتين أ ، ب

مثال (٦) : تحرك جسيم شحنته (٢ × ١٠^{-١٩}) كولوم ، وكتلته (٤ × ١٠^{-١٢}) كغم من السكون ، من اللوح الموجب إلى اللوح السالب في الحيز بين لوحين متوازيين ، إذا كانت المسافة بين اللوحين (١ × ١٠^{-١}) م وسرعة وصول الجسيم إلى اللوح السالب (٤ × ١٠^{-٤}) م/ث ، احسب :
(١) فرق الجهد بين طرفي المواسع .
(٢) القوة المؤثرة في الجسيم أثناء حركته .

الحل :

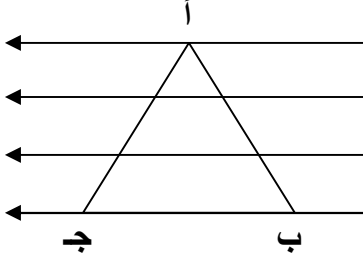
$$\text{ط و} = \text{ر} \times \text{ج} \quad \leftarrow \text{ج} = 3.2 \times 10^{-19} \text{ م/ث} \\ \text{ج} = 16 \text{ فولت} \\ (2) \quad \text{م} = \frac{\text{ج}}{\text{ف}} = \frac{16}{1.6 \times 10^{-19}} = 10^{20} \text{ فولت/م} \\ \text{ق} = \text{م} \times \text{ر} = 1.6 \times 10^{-19} \times 10^{20} = 16 \text{ نيوتن}$$

$$(1) \quad \text{ط ح} = \frac{1}{2} \text{ك ع} \\ \text{ط ح} = \frac{1}{2} \times 4 \times 10^{-19} \times (16 - 0) = 3.2 \times 10^{-18} \text{ جول}$$

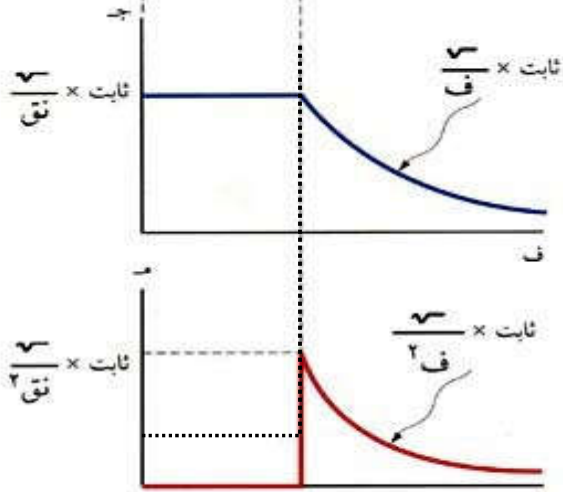
مثال (٧) : مجال كهربائي منتظم قدره (١٠) فولت/م ، تحركت خلاله شحنة قدرها (2×10^{-1}) كولوم في المسار (أ ب ج أ) الذي يمثل مثلث متساوي الاضلاع طول ضلعه (١٠) سم فإذا كان ب ج يوازي خطوط المجال ، احسب :

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

الحل :



الجهد الكهربائي لموصل كروي مشحون



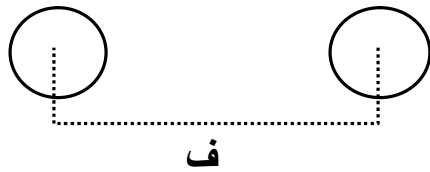
$$ج = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

* ولحساب الجهد الكهربائي عند نقطة تبعد مسافة (ف) يعطى بالعلاقة :

$$ج = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

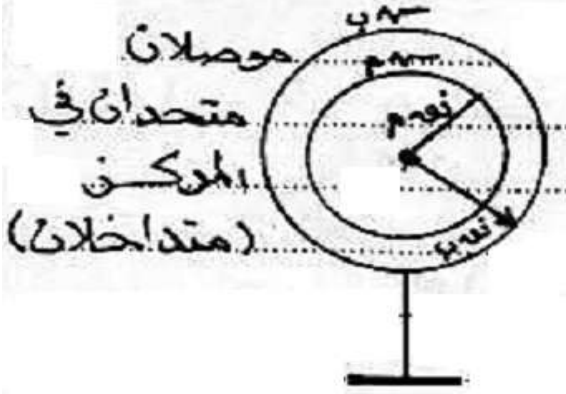
للموصل الكروي جهد ناتج عن شحنته يسمى الجهد المطلق كما أن له جهد حثي ناتج عن تأثير الشحنات المحيطة به يسمى الجهد الحثي وعليه يعطى الجهد الكلي للموصل بالعلاقة :

$$جكلي = جمطلق + جحثي$$



$$جكلي = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

حيث (ف) : المسافة بين مركزي الموصلين



* ملاحظة : إذا اتحد الموصلان في المركز نعوض بدل (ف) = نق الكبير لكليهما في الجهد الحثي .

سؤال : هل من الممكن أن يكون جهد موصل مشحون بشحنة موجبة سالب ؟

جواب : ممكن أن يكون جهده سالب إذا كان الجهد الحثي السالب المؤثر عليه أكبر من جهده المطلق .

سؤال : هل من الممكن أن يكون جهد موصل مشحون بشحنة سالبة موجب ؟

جواب : ممكن أن يكون جهده موجب إذا كان الجهد الحثي الموجب المؤثر عليه أكبر من جهده المطلق .

سؤال : عرف الجهد المطلق . وعلى ماذا يعتمد ؟

جواب : هو الجهد الناشئ عن وجود شحنة على سطح الموصل نفسه . ويعتمد على :
(١) حجم الموصل (٢) مقدار الشحنة على السطح (٣) نوع الوسط العازل

سؤال : عرف الجهد الحثي (التأثيري) . وعلى ماذا يعتمد ؟

جواب : هو الجهد الذي يكتسبه الموصل نتيجة وجوده في مجال شحنة خارجية . ويعتمد على :
(١) مقدار الشحنة المؤثرة . (٢) بعد الشحنة عن مركز الموصل . (٣) نوع الوسط العازل .

سؤال : متى يكون الجهد الكلي للموصل يساوي صفراً .

جواب : (١) عندما يكون موصولاً بالأرض .

(٢) عندما يكون معزول وغير مشحون .

(٣) إذا كان مجموع الجهود الحثية مساوي لجهده المطلق ومخالف بالإشارة .

مثال (١) : موصل كروي موضوع في الفراغ مشحون ومعزول نصف قطره (٤) سم ، وشحنته (١٠×٣٢ كولوم) احسب الجهد الكهربائي عند سطح الموصل .

الحل :

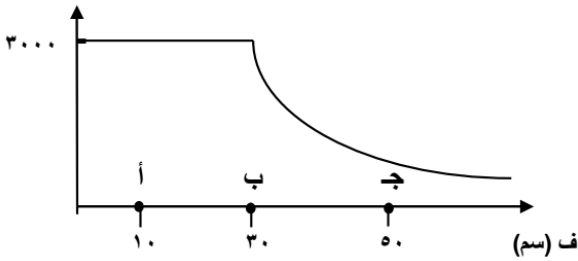
$$ج = \frac{\sqrt{}}{نق} ١٠ \times ٩ =$$

$$١٠ \times ٧٢ = \frac{١٠ \times ٣٢ \times ١٠ \times ٩}{٢ \times ١٠ \times ٤} =$$

مثال (٢) : يوضح الشكل البياني العلاقة بين الجهد الكهربائي لموصل كروي مشحون والبعد عن مركزها ، احسب :
(١) نصف قطر الموصل (٢) الجهد الكهربائي عند النقطة (أ) . (٣) الجهد الكهربائي عند النقطة (ب) .
(٤) الجهد الكهربائي عند النقطة (ج) . (٥) الشغل اللازم لنقل شحنة (٢) ميكروكولوم من (أ) إلى (ج) .

الحل :

ج (فولت)



(١) نق = ٣٠ سم

(٢) ج ا = ٣٠٠٠ فولت

(٣) ج ب = ٣٠٠٠ فولت

(٤) $\frac{ج ب}{ف ا} = \frac{ج ج}{ج ب}$

$\frac{٣٠}{٥٠} = \frac{ج ج}{٣٠٠٠}$ ← ج ج = ١٨٠٠ فولت

(٥) ش ا ج = $\sqrt{}$ × ج ا ج = $١٠ \times ٢٤ = (٣٠٠٠ - ١٨٠٠) \times ١٠ \times ٢ = ١٠ \times ٢٤$ جول

مثال (٣) : كرة موصلة نصف قطرها (٣) سم ، موضوعة في الهواء تحمل شحنة كهربائية سالبة قدرها (١٠×٥ كولوم) احسب :

(١) جهد الكرة . (٢) فرق الجهد بين نقطتين تبعدان عن مركز الكرة (١٠) سم ، (١٥) سم ، على الترتيب .

الحل :

$$ج = \frac{\sqrt{}}{ف ا} ١٠ \times ٩ =$$

$$١٠ \times ٣٠ = \frac{١٠ \times ٥ - ١٠ \times ٩}{٢ \times ١٠ \times ١٥} =$$

$$ج ١ = ١٠ \times ٣٠ - ١٠ \times ٤٥ = ج ٢ =$$

$$١٠ \times ١٥ =$$

(١) ج = $\frac{\sqrt{}}{نق} ١٠ \times ٩ =$

$$١٠ \times ١٥ = \frac{١٠ \times ٥ - ١٠ \times ٩}{٢ \times ١٠ \times ٣} =$$

(٢) ج ١ = $\frac{\sqrt{}}{ف ا} ١٠ \times ٩ =$

$$١٠ \times ٤٥ = \frac{١٠ \times ٥ - ١٠ \times ٩}{٢ \times ١٠ \times ١٠} =$$

مثال (٦) : (س) موصل كروي معزول وقطره (٤) سم ، وجهده المطلق (٩٠) فولت ، (ص) موصل كروي آخر معزول وقطره (٦) سم ، وجهده المطلق (-١٨٠) فولت ، إذا وضع هذا الموصلان في الهواء بحيث كان البعد بين مركزيهما (٢٧) سم ، فاحسب ما يلي :
(١) شحنة كل من الموصلين .
(٢) الجهد الكلي للموصل (س) .

الحل :

$$(١) \text{ جـ س} = \frac{٩٠ \times ٩}{\text{نقـ س}}$$

$$٩٠ = \frac{٩٠ \times ٩}{٢-١.٠ \times ٢} \text{ سـ} \leftarrow = ٢-١.٠ \times ٢ \text{ كولوم}$$

$$\text{جـ ص} = \frac{٩٠ \times ٩}{\text{نقـ ص}}$$

$$-١٨٠ = \frac{٩٠ \times ٩}{٢-١.٠ \times ٣} \text{ صـ} \leftarrow = ٢-١.٠ \times ٣ \text{ كولوم}$$

$$(٢) \text{ جـ س} = \text{جـ مطلق} + \text{جـ حثي}$$

$$= \frac{٩٠ \times ٩}{\text{نقـ س}} + \frac{٩٠ \times ٩}{\text{ف}}$$

$$= \frac{٩٠ \times ٩}{٢-١.٠ \times ٢} - \frac{٩٠ \times ٩}{٢-١.٠ \times ٢٧}$$

$$= ٧٠ \text{ فولت}$$

مثال (٧) : كرتان نصف قطر الأولى (٥) سم ، وتحمل شحنة (-٤) ميكروكولوم ، ونصف قطر الثانية (١٠) سم ، وتحمل شحنة قدرها (٢٠) ميكروكولوم ، وصلت الكرتان بسلك رفيع طويل جداً احسب :
(١) الشحنة على كل كرة .
(٢) جهد كل كرة (الجهد المشترك) .

الحل :

$$(١) (٢٧- + ١٧-) = \text{قبل} (٢٧- + ١٧-) \text{ بعد}$$

$$-٤- \times ١٠ + ٢٠ \times ١٠ = (٢٧- + ١٧-) \text{ بعد}$$

$$٢٧- - ١٦ = ٢٧-$$

$$\text{جـ ١} = ٢$$

$$\frac{٢٧-}{\text{نقـ ٢}} \times ٩ = \frac{١٧-}{\text{نقـ ١}} \times ٩$$

$$\frac{(٢٧- - ١٦) \times ٩}{٢-١.٠ \times ١٠} = \frac{١٧- \times ٩}{٢-١.٠ \times ٥}$$

$$٢٧- - ١٦ = ٢٧- ٢$$

$$\frac{٢٧- \times ١٦}{٣} = ٢٧-$$

$$\frac{٢٧- \times ٣٢}{٣} = ٢٧-$$

$$(٢) \text{ جـ ١} = \frac{١٧- \times ٩}{\text{نقـ ١}}$$

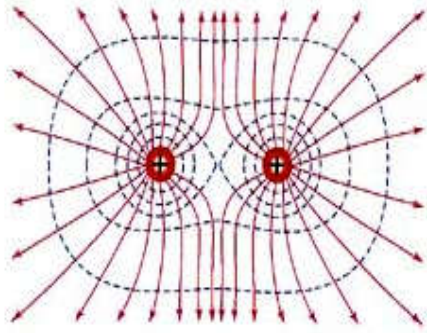
$$= \frac{١٦ \times ٩}{٣} \times \frac{٩}{٢-١.٠ \times ٥}$$

$$= \frac{٤٨}{٥} \times ٩ \text{ كولوم}$$

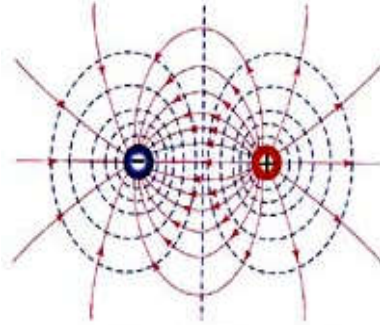
$$\text{جـ ١} = ٢ = \frac{٤٨}{٥} \times ٩ \text{ كولوم}$$

السطوح متساوية الجهد

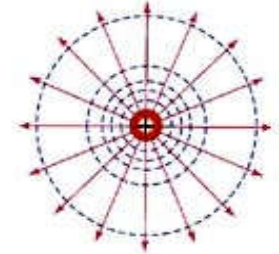
تعرف سطوح تساوي الجهد بأنها " المحل الهندسي للنقاط المتساوية في الجهد " ، ويمكن أن يكون وهمي أو حقيقي .
بعض السطوح متساوية الجهد



ج - شحنتان نقطيتان متساويتان متشابهتان في الشحنة.



ب) شحنتان نقطيتان مختلفتان في الشحنة.



أ) شحنة نقطية (موجبة).

خصائص السطوح المتساوية في الجهد

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

سؤال (علل) : يعتبر سطح الموصل الكروي سطح تساوي جهد .
جواب : لأن جهود جميع النقاط الواقعة على السطح متساوية .

سؤال (علل) : تقارب سطوح تساوي الجهد عند رأس الموصل المخروطي وتباعدها عند قاعدته .
جواب : وذلك لأن الكثافة السطحية للشحنة (σ) تزداد عند الرأس وتقل عند القاعدة وبالتالي يكون المجال الكهربائي أكبر عند الرأس وتتقارب سطوح تساوي الجهد عنده .

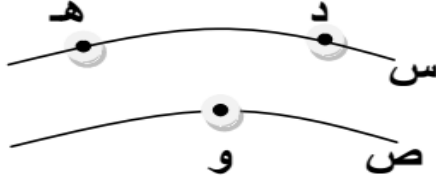
حيث : أ المساحة

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

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

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

الحل :



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

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

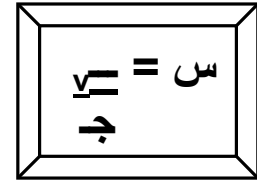
$$(٣) \text{ ش د} = \text{ش د هـ} \times \text{جر د هـ} = -٢ \times ١٠^{-٦} \times ٢ = -٤ \times ١٠^{-٦} \text{ جول}$$

المواسعة الكهربائية

المواسع الكهربائي : هو جهاز يستخدم لتخزين الشحنات الكهربائية ، والطاقة الكهربائية ، لاستخدامها حين الحاجة إليهما .
يتكون المواسع من موصلين بينهما مادة عازلة .
وتستخدم المواسعات في كثير من التطبيقات العملية ، فهي تستخدم في تركيب معظم الدارات الكهربائية والإلكترونية ، وفي دارات الإرسال والاستقبال في الإذاعة والتلفاز .

تعرف المواسعة (السعة) بأنها " النسبة بين مقدار الشحنة على أحد الموصلين وفرق الجهد بينهما " .

$$\text{السعة} = \frac{\text{الشحنة}}{\text{فرق الجهد}}$$



تقاس السعة بوحدة كولوم/فولت وتسمى فاراد .

يعرف الفاراد بأنه " مواسعة موصل يحتاج شحنة قدرها (١) كولوم لرفع جهده بمقداره (١) فولت "

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

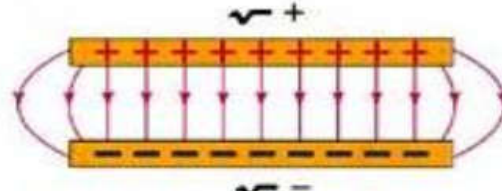
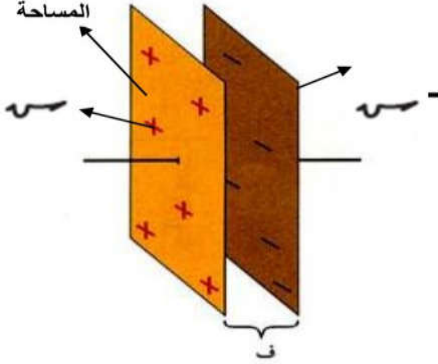
* تصنف المواسعات من حيث القيمة إلى :

(١) مواسعات ثابتة القيمة ويرمز لها بالرمز (— | | —) .

(٢) مواسعات متغيرة القيمة ويرمز لها بالرمز (— | | —) .

المواسع الكهربائي ذي اللوحين المتوازيين

يتألف المواسع الكهربائي ذو اللوحين المتوازيين من لوحين متوازيين ، مساحة كل منهما (أ) . أحدهما مشحون بشحنة (+) ، والآخر مشحون بشحنة (-) ، وتفصل بينهما مادة عازلة ويكون المجال الكهربائي بينهما منتظم . وتعتبر المسافة بين لوحي المواسع صغيرة جداً مقارنة بأبعاد اللوحين .



رسم تخطيطي لخطوط المجال

الكهربائي بين لوحي مواسع ذي لوحين متوازيين .

* لو فرضنا وجود صفيحة (أ) تحمل شحنة موجبة فإن جهدا المطلق موجب وعند تقريب صفيحة أخرى (ب) تحمل شحنة سالبة منها فإن الصفيحة (ب) سوف تؤثر في الصفيحة (أ) بجهد حثي سالب فيصبح الجهد الكلي للصفيحة (أ) مساوياً للمجموع الجبري لجهدا المطلق الموجب والحثي السالب ولهذا فإن الجهد الكلي للصفيحة (أ) ينخفض وتزداد قدرتها على حمل الشحنات الكهربائية .

ولحساب مواسعة المواسع ذي اللوحين المتوازيين نستخدم العلاقة :

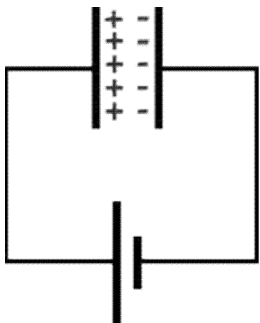
$$C = \frac{\epsilon \cdot A}{d}$$

العوامل التي تعتمد عليها سعة المواسع ذي اللوحين المتوازيين :

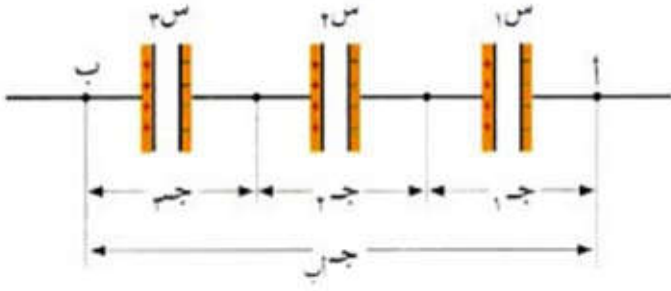
- (١) مساحة اللوحين . طردية
- (٢) المسافة بين اللوحين . عكسية
- (٣) سماحية الوسط الكهربائي . طردية

سؤال : كيف يتم شحن المواسع ذو اللوحين المتوازيين ؟

جواب : يتم بتوصيل هذين اللوحين ببطارية ويشحن أحد اللوحين بشحنة موجبة لاتصاله بقطب البطارية الموجب وفي نفس الوقت يشحن اللوح الآخر بشحنة سالبة نظراً لاتصاله بقطب البطارية السالب وينتج عن ذلك وجود فرق جهد بين اللوحين اقل من فرق الجهد بين قطبي البطارية فإن البطارية تستمر في شحن اللوحين إلى أن يتساوى فرق الجهد بين اللوحين وبين قطبي البطارية .



توصيل المواسعات الكهربائية

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

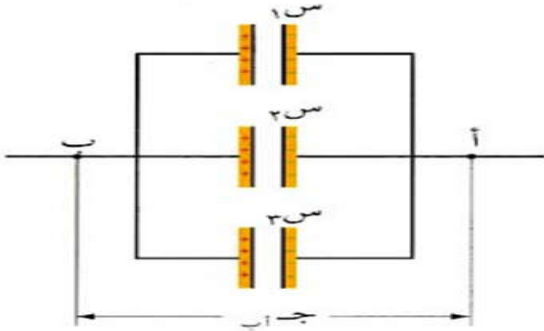
$$\begin{aligned} \text{ج كلي} &= \text{ج ١} + \text{ج ٢} + \text{ج ٣} \\ \frac{3V}{3\Omega} + \frac{2V}{2\Omega} + \frac{1V}{1\Omega} &= \frac{V}{\Omega} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{3\Omega} + \frac{1}{2\Omega} + \frac{1}{1\Omega} = \frac{1}{\Omega}$$

حيث Ω السعة المكافئةلاحظ أن السعة تقل عند التوصيل على التوالي .

يجوز استخدام العلاقة :

$$\frac{\Omega_1 \times \Omega_2}{\Omega_1 + \Omega_2} = \Omega$$

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

$$\begin{aligned} 3V + 2V + 1V &= \text{كلية } V \\ \cancel{3\text{ج}} \times 3\Omega + \cancel{2\text{ج}} \times 2\Omega + \cancel{1\text{ج}} \times 1\Omega &= \text{ج} \times \Omega \end{aligned}$$

$$\Omega_1 + \Omega_2 + \Omega_3 = \Omega$$

لاحظ أن السعة تزداد عند التوصيل على التوازي .ملاحظة : عند تماثل مواسعات عددها (ن) في المقدار فإن :

$$(٢) (\Omega) \text{ توازي} = \text{ن} \times \text{س احداها}$$

$$(١) \frac{1}{\Omega} \times \text{ن} = \frac{1}{\text{س احداها}}$$

الطاقة المخزنة في مواسع مشحون

١

$$ط = \frac{1}{2} C V^2$$

٢

$$ط = \frac{1}{2} C V^2$$

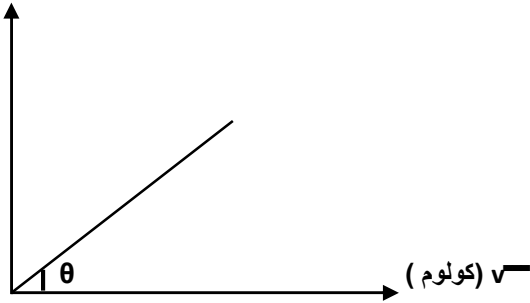
٣

$$ط = \frac{1}{2} C V^2$$

وتخزن الطاقة في المواسع على شكل طاقة وضع كهربائية (كامنة) .

يخزن المواسع الطاقة الكهربائية في المجال المنتظم بين لوحيه وبملاحظة العلاقة البيانية بين شحنة المواسع وجهده (فولت) \rightarrow نلاحظ أن :

- (١) المساحة تحت المنحنى تساوي الطاقة المخزنة في المواسع .
- (٢) ميل الخط المستقيم يساوي مقلوب المواسعة . أي :



$$ظا \theta = \frac{Q}{V} = \frac{1}{C}$$

ملاحظة مهمة : في دارة مواسع كهربائي تحتوي على مفتاح :

(١) نطبق مبدأ حفظ الشحنة .

(٢) نستبدل مكان الشحنة بعد الإغلاق بالقانون العام ($V = C Q$) .

(٣) نخرج جهد مشترك - حيث -

إذا شحن مواسع مواسع آخر أو أكثر فإنه يتصل معهم اجباري على التوازي (ألواح متشابهة) وهم يتصلون مع بعضهم إما على التوالي أو على التوازي حسب السؤال ونجد المواسعة المكافئة لهم حسب نوع التوصيل .

مثال (١) : مواسع كهربائي ذو لوحين متوازيين ، مساحة كل منهما (١٠٠) سم^٢ ، والمسافة بينهما (١) مم .
وصل لوحاه بفرق جهد مقداره (١٢٠) فولت ، احسب :
(١) مواسعة المواسع . (٢) الشحنة التي يخزنها . (٣) المجال الكهربائي في الحيز بين اللوحين .

الحل :

$$(١) \text{ س } = \frac{\epsilon \times A}{d} = \frac{٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢} \times ١٠٠ \times ١٠^{-٤}}{١ \times ١٠^{-٣}} = ٨,٨٥ \times ١٠^{-١١} \text{ فاراد .}$$

$$(٢) \text{ ج } = \text{ س } \times \text{ فولت } = ٨,٨٥ \times ١٠^{-١١} \times ١٢٠ = ١,٠٦ \times ١٠^{-٩} \text{ كولوم .}$$

$$(٣) \text{ م } = \frac{\text{ج}}{\text{ف}} = \frac{١,٠٦ \times ١٠^{-٩}}{١ \times ١٠^{-٣}} = ١,٠٦ \times ١٠^{-٦} \text{ فولت / م .}$$

مثال (٢) : موصل كروي شحنته (٢٠) ميكروكولوم ، وجهد (٢) فولت ، احسب :
(١) مواسعته . (٢) نصف قطره .

الحل :

$$(١) \text{ س } = \frac{ق}{\text{ف}} = \frac{٢٠ \times ١٠^{-٦}}{٢} = ١٠ \times ١٠^{-٦} \text{ فاراد}$$

$$(٢) \text{ س } = \frac{\text{ق}}{٤\pi r^2} \Rightarrow r = \sqrt{\frac{\text{ق}}{٤\pi \text{ س}}} = \sqrt{\frac{٢٠ \times ١٠^{-٦}}{٤ \times ٣,١٤ \times ١٠^{-٦}}} = ١,٢٥ \text{ م .}$$

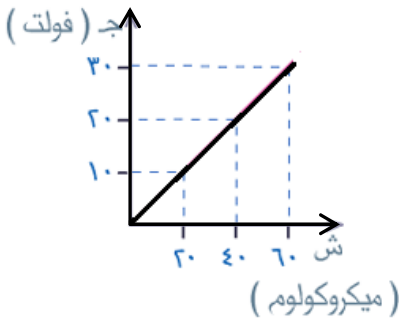
مثال (٣) : المنحنى في الشكل المجاور ، يمثل العلاقة بين شحنة مواسع وفرق الجهد بين لوحيه معتمداً على بيانات الشكل ، احسب :

- (١) الطاقة الكهربائية المختزنة في المواسع .
(٢) مواسعة المواسع .

الحل :

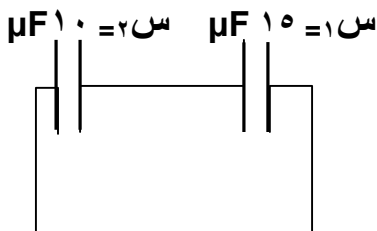
$$(١) \text{ ط } = \frac{١}{٢} \text{ س } \times \text{ فولت }^٢ = \frac{١}{٢} \times ٣٠ \times ١٠^{-٦} \times ٦٠^٢ = ٥,٤ \times ١٠^{-٤} \text{ جول}$$

$$(٢) \text{ س } = \frac{\text{ق}}{\text{ف}} = \frac{٦٠ \times ١٠^{-٦}}{٣٠} = ٢ \times ١٠^{-٦} \text{ فاراد}$$



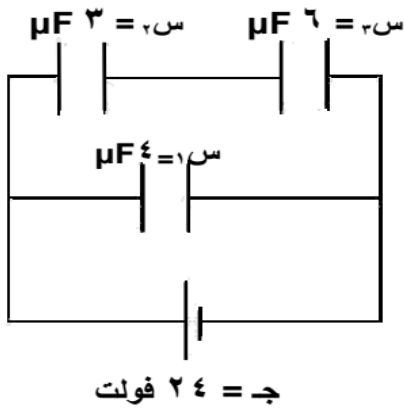
مثال (٤) : اعتماداً على البيانات المثبتة على الشكل المجاور احسب فرق الجهد الكهربائي لمصدر الشحن إذا كانت شحنة المواسع الأول (٣٠٠) ميكروكولوم .

الحل :



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

$$\text{جهد المصدر } = \frac{\text{ق}}{\text{س}} = \frac{٣٠٠ \times ١٠^{-٦}}{٦ \times ١٠^{-٦}} = ٥٠ \text{ فولت}$$



مثال (٥) : استعن بالبيانات المثبتة على الشكل واحسب ما يلي :
(١) المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات .
(٢) شحنة كل مواسع .

الحل :

(١) س٢ و س٣ على التوالي

$$س٢ = \frac{١٨}{٩} = \frac{٣ \times ٦}{٣+٦} = ٢ \text{ ميكروفاراد}$$

س١ و س٢ على التوازي

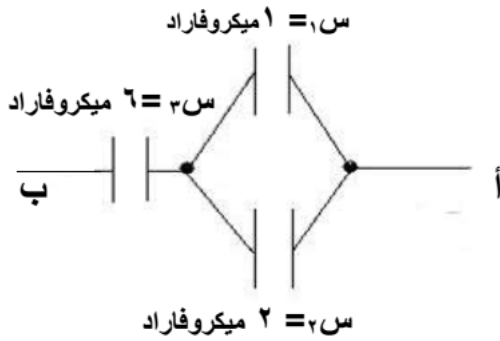
$$س٣ = ٤ + ٢ = ٦ \text{ ميكروفاراد}$$

$$(٢) س١ = ١٧ = س٢ \times ج = ١٠ \times ٢ = ٢٠ \text{ كولوم}$$

$$س٢ = ٤٨ = س٣ \times ج = ٨ \text{ كولوم}$$

$$س٣ = ٢٧ = س٣ \times ج = ٤٨ \text{ كولوم}$$

مثال (٦) : 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

$$س٣ = ٢ + ١ = ٣ \text{ ميكروفاراد}$$

س١ و س٢ على التوالي

$$س٣ = \frac{٦ \times ٣}{٦+٣} = ٢ \text{ ميكروفاراد}$$

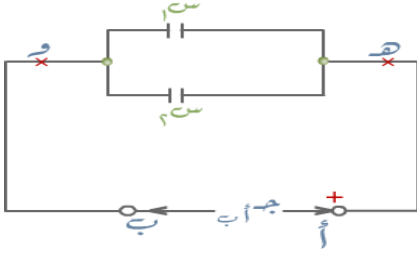
$$(٢) س٣ = ٢٠ = س٣ \times ج = ٢٠ \times ٢ = ٤٠ \text{ كولوم}$$

$$س١ = ٢٠ = س١ \times ج = ٢٠ \times ١ = ٢٠ \text{ كولوم}$$

$$ج = ٢٠ = \frac{١٢٠}{٦} = \frac{١٢٠}{٣} = ٤٠ \text{ فولت}$$

$$ج = ٤٠ = \frac{١٢}{٣} = ٤٠ \text{ فولت}$$

مثال (٧) : مواسعان (س_١ ، س_٢) ، سعة الأول (٢) ميكروفاراد وسعة الثاني (٥) ميكروفاراد تم وصلهما بمصدر كهربائي كما في الشكل فرق الجهد بين طرفيه (ج.ب) = ١٨ فولت ، احسب :



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

الحل :

(١) س_١ و س_٢ على التوازي

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

$$(٢) س_١ = ١٨ \times ٢ = ٣٦ \text{ كولوم}$$

$$س_٢ = ١٨ \times ٥ = ٩٠ \text{ كولوم}$$

$$(٣) -صكبة = س_م \times ج.ب$$

$$١٨ \times ٧ = ١٢٦ \text{ كولوم}$$

$$١٢٦ = ١٠ \times ١٢.٦ \text{ كولوم}$$

$$\text{لاحظ أن } -صكبة = س_١ + س_٢$$

$$١٢٦ = ١٠ \times ٩٠ + ١٠ \times ٣٦$$

$$١٢٦ = ١٠ \times ١٢٦$$

$$(٤) ط = \frac{١}{س_م} = \frac{١}{٧} \text{ فولت} = ١٨ \times ٧ \times \frac{١}{٧} = ١٨ \text{ فولت}$$

$$= ١٨ \times ٧ \times \frac{١}{٧} = ١٨ \text{ فولت}$$

مثال (٨) : وصلت ست مواسعات متساوية على التوازي فكانت السعة المكافئة لها (٩) ميكروفاراد ، احسب مواسعتها المكافئة إذا وصلت على التوالي .

الحل :

$$س_{\text{توازي}} = ن \times س$$

$$٩ = ٦ \times س$$

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

$$٩ = \frac{١}{س} \times ٦ = \frac{١}{س} \times ن = \frac{١}{س}$$

$$س = \frac{١}{٩} = ١,١١ \text{ ميكروفاراد}$$

مثال (٩) : مواسع كهربائي ذو لوحين متوازيين مواسعته (٣ × ١٠^{-١١}) فاراد ، وصل لوحاه بفرق جهد (٢٠) فولت إذا علمت أن المسافة بين لوحيه (٧,٧ × ١٠^{-٣}) م ، والوسط الفاصل بينهما هواء ، احسب :
(١) الشحنة على كل من لوحيه .
(٢) مساحة أي من لوحيه .

الحل :

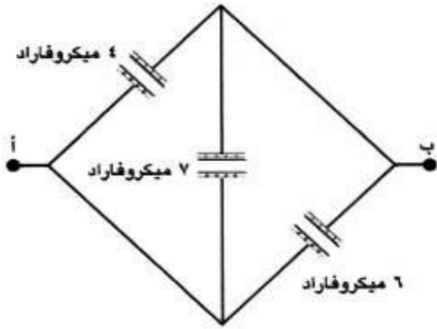
$$(١) س = س \times ج = ٢٠ \times ٣ \times ١٠^{-١١} = ٦ \times ١٠^{-١٠} \text{ كولوم}$$

$$(٢) س = \frac{ق \times ج}{ف}$$

$$\frac{٦ \times ١٠^{-١٠} \times ٢٠}{٣ \times ١٠^{-٣}} = ١٠^{-١٠} \times ٤$$

$$٦ = ١٠^{-١٠} \times ٤$$

مثال (١٠) : وصلت مجموعة من المواسعات كما في الشكل فإذا علمت أن (جيب = ٤٨ فولت) جد :



$$(٣) \quad \text{ط} = \frac{1}{\frac{1}{2}} \Rightarrow \frac{1}{\frac{1}{2}} = 2 \Rightarrow 2 \times 48 \times 10^{-10} \times 192 = 1.536 \times 10^{-7} \text{ كولوم}$$

$$= 1.536 \times 10^{-7} \text{ كولوم}$$

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

الحل :

(١) المواسعات الثلاث على التوازي

$$س_م = 4 + 7 + 6 = 17 \text{ ميكروفاراد}$$

$$(٢) \quad \text{ج} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{2} = 0.5 \Rightarrow 0.5 \times 48 \times 10^{-10} \times 192 = 4.608 \times 10^{-7} \text{ كولوم}$$

$$\text{ج} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{2} = 0.5 \Rightarrow 0.5 \times 48 \times 10^{-10} \times 7 = 1.68 \times 10^{-7} \text{ كولوم}$$

$$\text{ج} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{2} = 0.5 \Rightarrow 0.5 \times 48 \times 10^{-10} \times 6 = 1.44 \times 10^{-7} \text{ كولوم}$$

مثال (١١) : ثلاث مواسعات متصلة كما في الشكل ، إذا كانت شحنة

المواسع الأول (٢ × ١٠^{-١٠}) كولوم ، والسعة مقدره

بالميكروفاراد جد :

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

الحل :

(١) س_١ و س_٢ على التوالي

$$س = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2 \text{ ميكروفاراد}$$

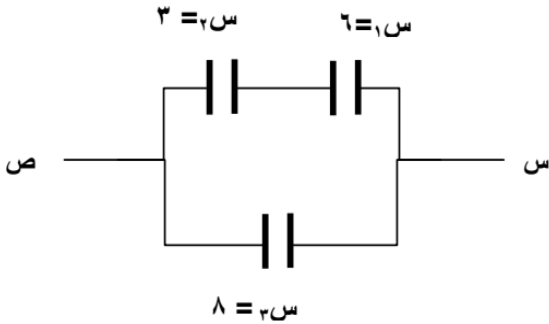
س_٣ و س_١ و س_٢ على التوازي

$$س_م = 8 + 2 = 10 \text{ ميكروفاراد}$$

$$(٢) \quad \text{ج} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{2} = 0.5 \Rightarrow 0.5 \times 2 = 1 \text{ فولت}$$

$$\text{ج} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{2} = 0.5 \Rightarrow 0.5 \times 4 = 2 \text{ فولت}$$

$$\text{ج} = 2 + 1 = 3 \Rightarrow 3 = 6 \text{ فولت}$$

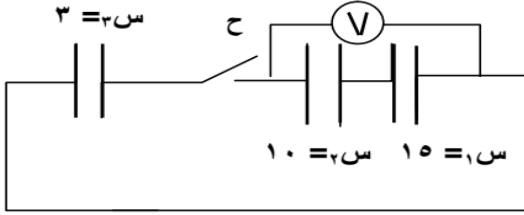


$$(٣) \quad \text{ط} = \frac{1}{\frac{1}{2}} \Rightarrow \frac{1}{\frac{1}{2}} = 2 \Rightarrow 2 \times 36 \times 10^{-10} \times 8 = 5.76 \times 10^{-7} \text{ جول}$$

$$= 5.76 \times 10^{-7} \text{ جول}$$

$$(٤) \quad \text{ج} = 6 \text{ فولت}$$

مثال (١٢) : يوضح الشكل ثلاثة مواسعات موصولة س_١ ، س_٢ مشحونة ، س_٣ غير مشحونة ، إذا كانت قراءة الفولتميتر والمفتاح مفتوح (٣٠) فولت ، والسعة بالنانوفاراد ، احسب قراءة الفولتميتر والمفتاح مغلق .



الحل :

$$\text{س١توالي} = \frac{10 \times 15}{10 + 15} = 6 \text{ نانوفاراد}$$

$$\text{س١قبل} = \text{س٢} \times \text{ج} = 10 \times 6 = 60 \text{ كولوم}$$

$$\sum \text{س١قبل} = \sum \text{س١بعد}$$

$$10 \times 180 = \text{س٢م} \times \text{جمشترك}$$

$$10 \times 180 = (10 \times 3 + 10 \times 6) \times \text{جمشترك}$$

$$\text{جمشترك} = 20 \text{ فولت . (وهي قراءة الفولتميتر)}$$

مثال (١٣) : في الدارة الكهربائية الممثلة بالشكل المجاور ، إذا أُغلق المفتاح (ح_١) لفترة كافية لشحن المواسع س_١ ثم فتح ، ومباشرة أُغلق المفتاح ح_٢ ، معتمداً على البيانات التالية ج = ٢٥ فولت ، س_١ = ٤٠ ميكروفاراد

س_٢ = ٦٠ ميكروفاراد ، احسب :

(١) قراءة الفولتميتر (V) . (٢) الطاقة المخزنة في المواسع س_٢ .

الحل :

$$(١) \text{س١} = \text{ج} \times \text{س١} = 1000 = 10 \times 40 \times 25$$

$$\sum \text{س١قبل} = \sum \text{س١بعد}$$

$$1000 = \text{س٢م} \times \text{جمشترك}$$

$$1000 = (10 \times 60 + 10 \times 40) \times \text{جمشترك}$$

$$\text{جمشترك} = 10 \text{ فولت .}$$

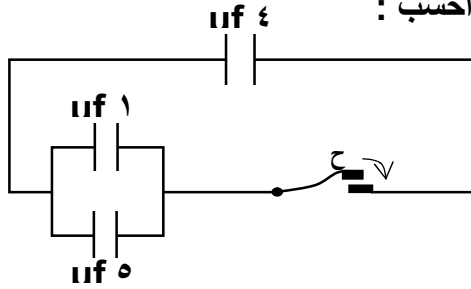
$$\text{جمشترك} = \text{ج} = 10 \text{ فولت . (وهي قراءة الفولتميتر)}$$

$$(٢) \text{ط} = \frac{1}{2} \text{س} \times \text{ج}^2 = \frac{1}{2} \times 60 \times 10^2 = 3000 \text{ جول}$$

$$= 3000 \text{ جول}$$

مثال (١٤) : في الشكل المجاور ، جهد المواسع (س_١ = ٤ μf) يساوي (٢٠) فولت عندما كان المفتاح (ح) مفتوحاً

والمواسعان (س_٢ = ١ μf ، س_٣ = ٥ μf) غير مشحونين ، احسب :



(١) جهد المواسع (٤ μf) عند إغلاق المفتاح .

(٢) الشحنة على المواسعين (١ μf و ٥ μf) بعد إغلاق المفتاح .

الحل :

$$(١) \quad ٢٠ \times ١^{-١} \times ٤ = ١ \text{ ج} \times ١ \text{ س} = ١٧ -$$

$$= ١٠ \times ١^{-١} \times ٨٠ = \text{كولوم}$$

$$\sum_{\text{قبل}} = \sum_{\text{بعد}}$$

$$١٠ \times ١^{-١} \times ٨٠ = \text{ج} \times \text{س} \times \text{ج} \text{ مشترك}$$

$$١٠ \times ١^{-١} \times (٥ + ١ + ٤) = ١^{-١} \times ٨٠ \times \text{ج} \text{ مشترك}$$

$$\text{ج} \text{ مشترك} = ٨ \text{ فولت}$$

$$\text{ج} \text{ مشترك} = ١ \text{ ج} = ٢ \text{ ج} = ٣ \text{ ج} = ٨ \text{ فولت}$$

$$(٢) \quad ٨ \times ١^{-١} \times ١ = \text{ج} \text{ مشترك} \times ٢ \text{ س} = ٢٧ -$$

$$= ٨ \times ١^{-١} \times ٨ = \text{كولوم}$$

$$٨ \times ١^{-١} \times ٥ = \text{ج} \text{ مشترك} \times ٣ \text{ س} = ٣٧ -$$

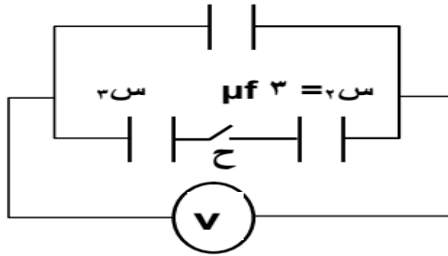
$$= ٤٠ \times ١^{-١} \times ٤ = \text{كولوم}$$

مثال (١٥) : في الشكل مواسعان (س_٢ ، س_٣) غير مشحونان ، فإذا كانت قراءة الفولتميتر والمفتاح (ح) مفتوح

تساوي (١٥) فولت ، وأصبحت بعد إغلاق المفتاح (١٢) فولت ، احسب مواسعة المواسع (س_٣) .

الحل :

$$\text{س} = ٨ \mu f$$



ورقة عمل

س١: وضعت ثلاث شحنات نقطية مقدار كل منها (٤×10^{-1} ، ٥×10^{-1} ، ٥×10^{-1}) كولوم بالترتيب على استقامة واحدة فإذا كان البعد بين الأولى والثانية (٢٠) سم ، وبين الثانية والثالثة (٣٠) سم . جد محصلة القوى الكهربائية المؤثرة في الشحنة الأولى .
الجواب: ($٥,٥$ نيوتن ، نحو اليسار) .

س٢: شحنتان احدهما ($٤,٦ \times 10^{-1}$) كولوم ، والأخرى ($٤,٨ \times 10^{-1}$) كولوم ، والبعد بينهما (٥٠) سم ، فإذا وضعت شحنة ثالثة مقدارها (١×10^{-1}) كولوم على بعد (٤٠) سم من الأولى و (٣٠) سم من الثانية جد مقدار محصلة القوى الكهربائية المؤثرة على الشحنة الثالثة .
الجواب: (٦×10^{-1} نيوتن) .

س٣: أ، ب، جـ مثلث متساوي الساقين وقائم الزاوية في (ب) ، أب = ١٠ سم ، وضع عند رأسيه أ ، جـ الشحنات (٦×10^{-1} ، ٨×10^{-1}) كولوم بالترتيب ، أحسب مقدار واتجاه القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة مقدارها (٢×10^{-1}) كولوم وضعت عند النقطة (ب) .
الجواب: (ق = $٣,٦ \times 10^{-1}$ نيوتن ، $\theta = ٣٧^\circ$) .

س٤: شحنتان متماثلتان المسافة بينهما ٦ سم ، فكانت قوة التنافر بينهما (١×10^{-1}) نيوتن ، أحسب قيمة الشحنتين .
الجواب: (٢×10^{-1} كولوم) .

س٥: كرتان صغيرتان مشحونتان مجموع شحنتيهما ٥ ميكروكولوم ، والمسافة بين مركزيهما (١) م ، فكان مقدار القوة الكهربائية المتبادلة بينهما (٤×10^{-1}) نيوتن . أحسب مقدار كل من الشحنتين .
الجواب: (٣×10^{-1} كولوم ، ٢×10^{-1} كولوم) .

س٦: كم يجب أن تكون المسافة بين شحنتين نقطيتين موضوعتين في الهواء ، مقدار الأولى (١×10^{-1}) كولوم ، ومقدار الثانية (٤×10^{-1}) كولوم ، لتكون القوة المتبادلة بينهما (٩×10^{-1}) نيوتن .
الجواب: ($٢,٠$ م) .

س٧: يمثل الشكل المجاور شحنتان كهربائيتين (ش١، ش٢) وموضوعتان في الهواء اعتماداً على القيم المثبتة عليه احسب :
(١) القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين .
(٢) المجال الكهربائي عند نقطه (د) مقداراً واتجاهاً .
ش١ = ٤×10^{-1} ، ش٢ = ٣×10^{-1}



الجواب: (١٢×10^{-1} نيوتن ، ٣٦٠٠ نيوتن/كولوم نحو اليسار)

س٨: شحنتان كهربائيتان نقطيتان ش١ ، ش٢ = ١٦×10^{-1} كولوم ، تفصلها عن بعضها مسافة (١) م ، إذا كانت نقطة التعادل تبعد عن الشحنة الأولى (٣) م للخارج على امتداد الخط الواصل بينهما ، احسب مقدار (ش١) وحدد نوعها .
الجواب: ش١ = ٩×10^{-1} كولوم ، نوعها : سالبة .

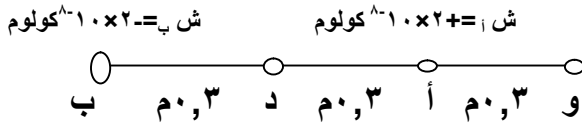
س٩: ابتداءً إلكترون حركته من السكون من الصفيحة السالبة إلى الصفيحة الموجبة في مجال كهربائي منتظم بين صفيحتين متوازيتين ووصل الصفيحة الموجبة خلال ($٥,١ \times 10^{-1}$) ثانية ، فإذا كان البعد بين الصفيحتين (٢) سم ، جد :
(١) مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين . (٢) سرعة الإلكترون عندما يصل الصفيحة الموجبة .
علماً بأن : (كتلة الإلكترون = ٩×10^{-٣١} كغم ، شحنة الإلكترون = $١,٦ \times 10^{-١٩}$ كولوم)

الجواب: (١×10^{-1} نيوتن/كولوم ، $٧,٢ \times 10^{-1}$ م/ث) .

س١٠: شحنتان نقطيتان المسافة بينهما (١٠٠) سم ويفصل بينهما الهواء ، مقدار الشحنة الأولى (١٠×١^{-٦}) كولوم ، والثانية (-١٠×١٠^{-٦}) كولوم ، أحسب :

- (١) الجهد في منتصف المسافة بينهما .
(٢) جهد النقطة الأولى .
(٣) طاقة الوضع الكهربائية للشحنة الأولى .
(٤) الشغل اللازم لجعل المسافة بينهما (٨٠) سم .
- الجواب : (-١٠×١٠^{-٩} جول/كولوم ، -١٠×١٠^{-٩} فولت ، -٠,٤٥ جول ، -٠,١١٢٥ جول)

س١١: شحنتين كهربائيتين (أ) ، (ب) موضوعتين في الهواء ، بالإعتماد على البيانات المثبتة على الشكل ، جد :



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

س١٢: شحنة كهربائية نقطية موجبة مقدارها (٣×١٠^{-٧}) كولوم تبعد مسافة (٢) سم عن شحنة كهربائية أخرى سالبة مقدارها (-٢×١٠^{-٦}) كولوم ، احسب مقدار طاقة الوضع الكهربائية للشحنة الموجبة . الجواب : (-٢٧×١٠^{-٦} جول) .

س١٣: شحنتان نقطيتان مقدارهما (-١٠×١^{-٨} ، +١٠×٤^{-٨}) كولوم موضوعتان في الهواء ، والمسافة بينهما (٦) سم احسب :

- (١) بعد النقطة التي ينعدم عندها الجهد وتقع على الخط الواصل بين الشحنتين .
(٢) الشغل اللازم لجعل المسافة بينهما (٤) سم .
(٣) الشغل اللازم لاستبدال الشحنة (-١٠×١^{-٨}) كولوم ، بالشحنة (٢×١٠^{-٨}) كولوم .
- الجواب : (٢,١ سم عن الأولى ، -١٠×٣^{-١٠} جول ، ١٨×١٠^{-١٠} جول) .

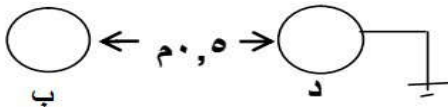
س١٤: أ ، ب ، ج ثلاث موصلات كروية متماثلة . الموصل (أ) مشحون والآخران غير مشحونان تلامس الموصل (أ) مع الموصل (ب) ثم فصلا فكانت (ق_{أب} = ١٦×١٠^{-١٠}) نيوتن ثم تلامس (أ) مع (ج) وفصلا جد القوة المتبادلة بين (أ) و (ج) علماً أن المسافة بين (أ ، ب) تساوي المسافة بين (أ ، ج) . الجواب : (٤×١٠^{-١٠} نيوتن) .

س١٥: كرتان معدنيتان نصف قطر كل منهما (١) سم والمسافة بين مركزيهما (١٦) سم ، موضوعتان في الهواء ، فإذا كانت شحنة الأولى (-١٢٠×١٠^{-٦}) كولوم ، والجهد في منتصف المسافة بينهما (٩×١٠^{-٦}) فولت ، أوجد :

(١) شحنة الكرة الثانية .
(٢) جهد كل كرة .
(٣) مقدار المجال في منتصف المسافة بينهما .

الجواب : (-٢٠٠×١٠^{-٦} كولوم ، -٩,٦٧٥×١٠^{-٧} فولت ، ١٧,٣٢٥×١٠^{-٧} فولت ، ٤,٥×١٠^{-٨} نيوتن/كولوم) .

س١٦: كرتان متماثلتان نصف قطر كل منهما (١٠) سم ، وشحنة الكرة (ب) ٣ ميكروكولوم ، وكما في الشكل ، أحسب :



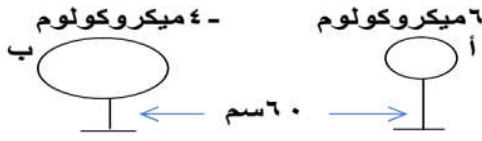
الجواب : (-٠,٦ ميكروكولوم ، ٢,٥٩٢×١٠^{-١٠} فولت) .

س١٧: موصل كروي نصف قطره (٥) سم يحمل شحنة مقدارها (٤×١٠^{-٦}) كولوم ، محاط إحاطة تامة لموصل كروي متحد معه في المركز نصف قطره (٩) سم ، ويحمل شحنة مقدارها (-٣×١٠^{-٦}) كولوم ، أحسب فرق الجهد بين الموصلين . الجواب : (٢,٣×١٠^{-١٠} فولت) .

مهارات في الفيزياء
الكهرباء السكونية

سائد عساف

٠٧٩٥٨٥٣٣١٤/٠٧٨٥٥٨٢٣٤٤



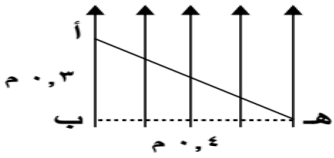
س١٨: في الشكل المجاور أحسب :

- (١) الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها (٢) ميكروكولوم من سطح الموصل (ب) إلى سطح الموصل (أ) .
- (٢) الجهد والمجال في مركز الموصل (أ) .
- (٣) الجهد والمجال في منتصف المسافة بين مركزي الموصل .
- (٤) هل يزداد جهد (ب) أم ينقص عند توصيل (أ) بالأرض.

الجواب : (١,٤ جول ، ١٠×٤٨ فولت ، م داخل = صفر ، ١٠×٦ فولت ، م = ١٠×١٠ نيوتن/كولوم ، ينقص) .

س١٩: يمثل الشكل المجاور مجالاً كهربائياً منتظماً مقداره (٣١٠) فولت/م ، اعتماداً على القيم احسب :

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



الجواب : (- ٣٠٠ فولت ، -١٠×٣ جول) .

س٢٠: جسم كتلته (١) غم يحمل شحنة سالبة قدرها (-١٠) μC ، تحرك من السكون بتأثير مجال كهربائي منتظم مقداره (١٠×١) نيوتن / كولوم مسافة (٢٠) سم احسب :

- (١) القوة التي يؤثر بها المجال في الجسم . (٢) سرعة الجسم النهائية . (٣) الشغل الذي بذله المجال .

الجواب : (١ نيوتن ، ٢٠ م/ث ، ٠,٢ جول) .

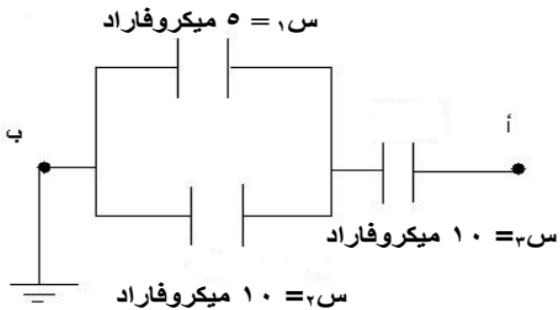
س٢١: مجال كهربائي منتظم قدره (٣١٠) نيوتن/كولوم وضعت شحنة نقطية كتلتها (٢×١٠^{-٧}) كغ وشحنتها (٢×١٠^{-١٢}) كولوم فتحركت من السكون بتأثير المجال الكهربائي . احسب :

- (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 . (٥) الشغل المبذول من المجال لتحريك الشحنة مسافة (٢) م .
- (٦) التغير في طاقة حركة الشحنة إلى أن تقطع مسافة (٢) م . (٧) التغير في طاقة وضع الشحنة إلى أن تقطع مسافة (٢) م .

الجواب : (٢×١٠^{-٩} نيوتن ، ١٠×١^{-٢} م/ث ، ٣١٠ ث ، ١٠×٥^{-٣} م ، ١٠×١^{-٥} جول ، ١٠×١^{-٥} جول ، -١٠×١^{-٥} جول) .

س٢٢: في الشكل المجاور ، إذا علمت أن شحنة المواسع س_١ تساوي (١٠٠) ميكروكولوم احسب :

- (١) المواسعة المكافئة للمواسعات الثلاث . (٢) شحنة المواسع س_٢ . (٣) الجهد الكهربائي للنقطة أ .

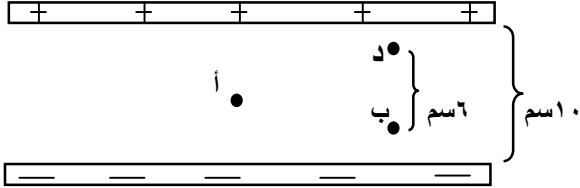


الجواب : (٦ ميكروفاراد ، ٣٠٠ كولوم ، ٥٠ فولت) .

اسئلة متنوعة على الفصل

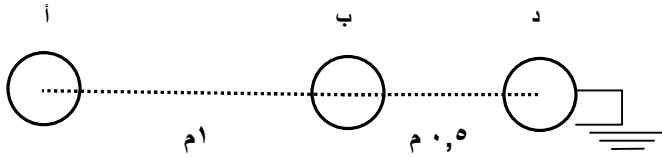
س١ : مواسع ذو لوحين متوازيين المجال الكهربائي بين لوحيه (٨٠) فولت/م . كما في الشكل ، عينت النقاط (أ، ب) داخل المجال والنقطة (د) على اللوح الموجب . احسب :

(١) سرعة شحنة مقدارها (٤) نانوكولوم وكتلتها (٠,٥) ملي غرام عند النقطة ب ، إذا تحركت من السكون من النقطة د .



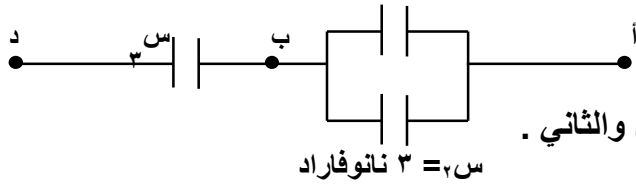
(٢) فرق الجهد بين لוחي المواسع .

س٢ : ثلاث كرات موصلة (أ، ب، د)، نصف قطر كل منها (١) سم ، شحنة (أ) ، (ب) تساوي (-٢ ، ٣) ميكروكولوم على الترتيب ، في حين تتصل الكرة (د) بالأرض ، كما في الشكل إذا علمت أن أب = م ، ب د = م٠,٥ احسب :



(١) شحنة الكرة (د) .
(٢) جهد الكرة (أ) .

س٣ : إذا كان فرق الجهد بين النقطتين (أ ، د) يساوي (٦٠) فولت وشحنة المواسع الأول (٢٤٠) نانوكولوم احسب :
(١) شحنة المواسع الثاني .



(٢) موسعة المواسع الثالث .

(٣) الطاقة المختزنة في كلا المواسعين الأول والثاني .

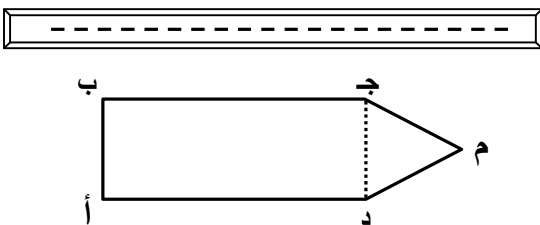
٣ = ٧ س نانوفاراد

س٤ : وصل مواسع موسعته (٤) ميكروفاراد وجهده (٦٠) فولت مع مواسع آخر غير مشحون موسعته (٦) ميكروفاراد احسب شحنة المواسع الثاني بعد التوصيل .

س٥ : كرة موصلة مشحونة ، موسعتها (س) وجهدها (ج) لامست وعاء غير مشحون موسعته (٢س) وضع ماذا يحدث لجهد الكرة .

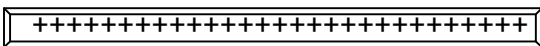
(١) إذا كان التلامس من الخارج . (٢) إذا كان التلامس من الداخل بحيث غمرت الكرة كلياً داخل الوعاء .

س٦ : يؤثر مجال كهربائي منتظم شدته (٥٠٠) فولت/م على جسم على شكل مستطيل طولة (٢) م وعرضه (١) م وفي نهايته مثلث متساوي الاضلاع كما في الشكل مستعيناً بالبيانات اوجد :



(١) ج ب (٢) ج ب ج (٣) ج ب ج

(٤) ج ب ج

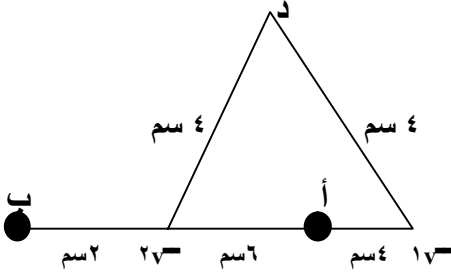


س٧ : شحنتان نقطيتان الأولى (١٢) μC ، والثانية (-٨) μC موضوعتان في الهواء وتبعدان عن بعضهما مسافة (١٠) سم ، احسب :

(١) مقدار الجهد الكهربائي عند النقاط أ و ب المبينة في الشكل .

(٢) الجهد عند النقطة (د) .

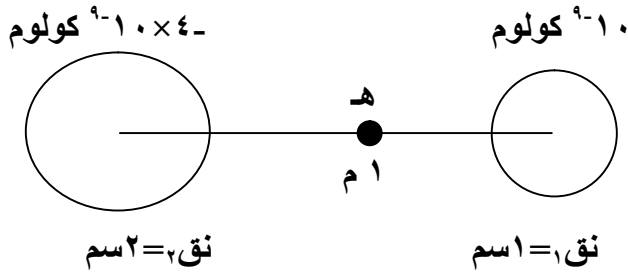
(٣) الشغل اللازم لنقل شحنة (٣) ميكروكولوم من النقطة (د) إلى النقطة (أ) .



س٨ : من الشكل احسب :

(١) جهد كل كرة .

(٢) جهد نقطة تنصيف المسافة بينهما .

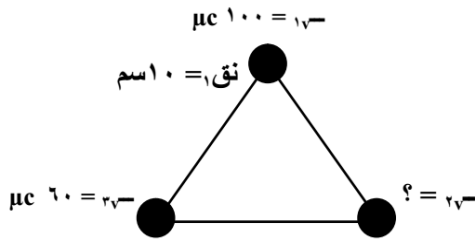


س٩ : كرتان متحدتان في المركز نصف قطر الأولى (٩) سم وشحنتها (١٨٠) μC ونصف قطر الثانية (١٨) سم وشحنتها (-٩٠) μC احسب :

(١) جهد كل من الكرتين .

(٢) فرق الجهد بين سطحي الكرتين .

س١٠ : ثلاث كرات موصلة متماثلة موضوعة على رؤوس مثلث متساوي الأضلاع طول ضلعه (١٠٠) سم فإذا كان جهد الكرة الأولى يساوي صفراً فاحسب شحنة الكرة الثانية .



س١١ : مواسع ذو لوحين متوازيين سعته في الهواء (٢) μF يتصل مع بطارية فرق الجهد بين طرفيها (١٠) فولت احسب الشحنة التي على المواسع .

س١٢ : موصلان كرويان متحدان في المركز نصفاً اقطارهما (٥ ، ١ ، ٥) سم على الترتيب الخارجي موصول بالأرض والداخلي مشحون بشحنة مقدارها (١٠٠) μC احسب :

(١) مواسعة المواسع .

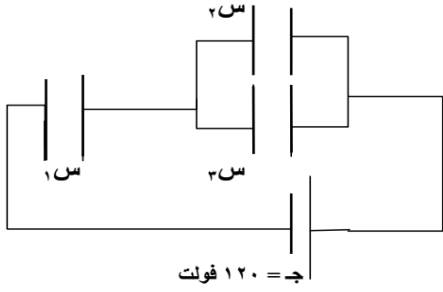
(٢) فرق الجهد بين لوحيه .

س١٣ : ثلاث مواسعات سعتهما على الترتيب (٦ ، ٩ ، ١٨) μF موصولة مع بطارية فرق الجهد بين طرفيها (١٨) فولت كيف تصل هذه المواسعات موضحاً بالرسم للحصول على :

(١) أكبر سعة وما مقدار شحنة وجهد كل منها .

(٢) أقل سعة وما مقدار شحنة وجهد كل منها .

س١٤ : في الشكل المجاور ما مقدار السعة المكافئة وما مقدار شحنة كل مواسع علماً أن
س١ = ١ μf ، س٢ = ٢ μf ، س٣ = ٣ μf ، س٤ = ٤ μf

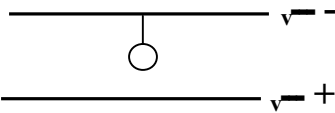


س١٥ : تحرك إلكترون من السكون داخل مجال كهربائي منتظم شدته (٩٠) نيوتن/كولوم احسب :
(١) تسارع الإلكترون داخل المجال . (٢) الزمن اللازم ليخرج الإلكترون من المجال الذي يبلغ طوله (٢) م .
(اعتبر $e = 1.6 \times 10^{-19}$ كولوم ، ك = 9×10^9 كغم^{-١})

س١٦ : جسيم شحنته (٥ $\times 10^{-٦}$) كولوم معلق بواسطة خيط عازل كتلته (٩) غم موضوع في مجال منتظم

شدته (١٠) نيوتن/كولوم ، فإذا اتزن الجسم جد :

(١) الشد في الخيط . (٢) إذا عكس المجال احسب الشد في الخيط .



س١٧ : مواسع كهربائي ذو لوحين متوازيين ، مساحة كل منهما (١٠٠) سم^٢ ، والمسافة بينهما (١) مم . وصل

لوحا المواسع بفرق جهد مقداره (١٢٠) فولت ، فإذا كان الهواء هو الوسط الفاصل بين اللوحين . احسب :
(١) مواسعة المواسع . (٢) شحنة المواسع .

س١٨ : وضعت شحنة نقطية (٤ $\times 10^{-٦}$) كولوم عند النقطة (أ) و على بعد (١٨) سم من مركز موصل كروي

نصف قطره (٢) سم يحمل شحنة (٦ $\times 10^{-٦}$) كولوم جد :

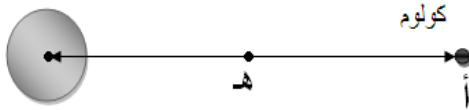
(١) جهد الموصل الكروي (٢) مواسعة الموصل الكروي

(٣) الشغل اللازم لنقل إلكترون من المالانهاية إلى النقطة

(هـ) التي تنصف المسافة بين الشحنة النقطية

و مركز الموصل .

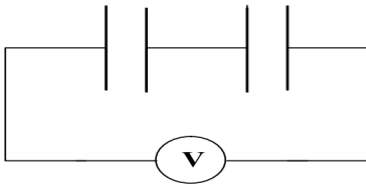
كولوم 1.0×10^{-٦}



س١٩ : من الشكل المجاور إذا علمت أن قراءة الفولتميتر (١٥٠) فولت ، وأن س١ = ١ μf وشحنة المواسع

الأول (٣٠) μc ، احسب :

(١) شحنة المواسع الثاني . (٢) الطاقة المخزنة في المواسعين .

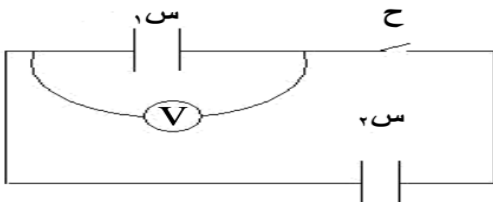


س٢٠ : في الشكل المرسوم جانباً كانت قراءة الفولتميتر (٧) والمفتاح ح مفتوحاً (٤٠) فولت ، فإذا كان المواسع س٢

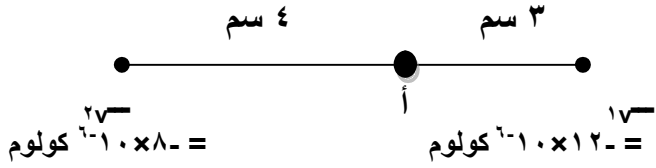
غير مشحون ومواسعته (٢) μF ، ومواسعة المواسع س١ (٤) μF ، احسب :

(١) قراءة الفولتميتر بعد غلق المفتاح ح .

(٢) الطاقة المخزنة في المواسع س٢ بعد غلق المفتاح ح .

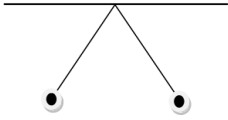


س٢١: كم يجب أن تكون مساحة كل من لوحين متوازيين ، البعد بينهما (١) مم ، حتى تكون مواسعته (١) فاراد ؟ إذا كان الهواء هو الوسط الفاصل بين اللوحين .

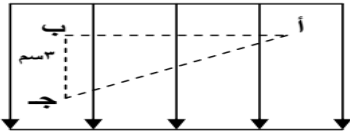


س٢٢: في الرسم المجاور أين يجب وضع شحنة ثالثة موجبة قدرها (٥) ميكروكولوم لتصبح محصلة المجالات عند النقطة (أ) تساوي صفراً .

س٢٣: كرتان متماثلتان مشحونتان ، كتلة كل منهما تساوي (٣ x 10^-١) كغم معلقتان في حالة اتزان بخيط كما في الشكل طول كل خيط يساوي (١٥, ٠) م ، أوجد مقدار الشحنة في كل كرة إذا كانت الزاوية بين الخيطين (٦٠°) .



س٢٤: لوحين فلزيين المسافة بينهما (١, ٠) م والمجال الكهربائي بينهما (٣ x 10^١) نيوتن / كولوم كما في الشكل المجاور حسب المعطيات المثبتة على الشكل احسب :



(١) سم نقطتين متساويتان في الجهد . (٢) فرق الجهد بين اللوحين .
(٣) الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها (٢ x 10^-١) كولوم من ج الى أ .

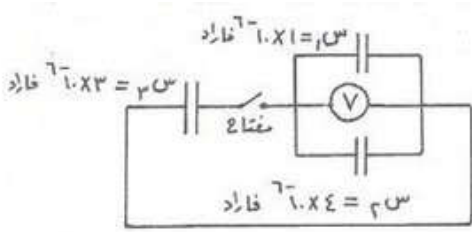
س٢٥: في الشكل ثلاث مواسعات ، (١ س ، ٢ س) مشحونان ، (٣ س) غير

مشحون فإذا كانت قراءة الفولتميتر والمفتاح

مفتوح تساوي (٢٠) فولت ، احسب :

(١) شحنة المواسع (١ س) قبل غلق المفتاح .

(٢) قراءة الفولتميتر بعد إغلاق المفتاح .



س٢٦: موصلان كرويان نصف قطر الأول (٥) سم ، ويحمل شحنة قدرها (٤ + x 10^-٨) كولوم ، ونصف قطر

الثاني (١٠) سم وغير مشحون ، والبعد بين مركزيهما (٢٠) سم ، فإذا وصلا معاً بسلك رفيع احسب :

(١) الشحنة على كل كرة بعد التوصيل .

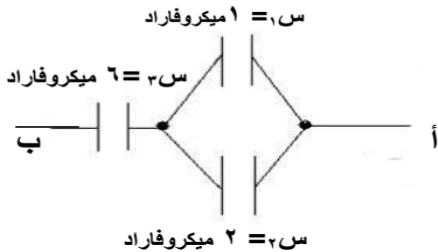
(٢) جهد كل كرة (الجهد المشترك) .

س٢٧: مواسع ذي لوحين متوازيين بينهما الهواء إذا كانت مساحة كل لوح (٨) سم^٢ ، وكان البعد بين

اللوحين (١٠) ملم . وإذا علمت أن $\epsilon = 8,8 \times 10^{-12}$ فاراد / متر وأن المواسع موصول ببطارية

فرق الجهد بين قطبيها (٦) فولت . جد :

(١) مواسعة المواسع . (٢) شحنة المواسع . (٣) المجال الكهربائي بين اللوحين .



س٢٨: استعن بالبيانات المثبتة على الشكل المجاور واحسب ما يلي :

(١) المواسعة المكافئة . (٢) جهد كل مواسع .

(٣) الطاقة المختزنة في المواسع المكافئ . (٤) جهد النقطة أ .

اسئلة وزارية وحلولها على وحدة الكهرباء السكنونية

اسئلة الوزارة (٢٠٠٧) صيفي

ب) شحنتان كهربائيتان نقطيتان موضوعتان في الهواء كما في الشكل ، بالاعتماد على المعلومات المثبتة عليه احسب ما يأتي :

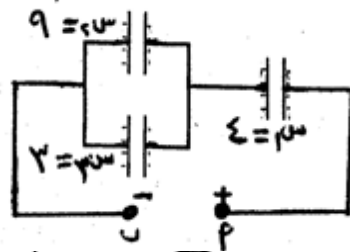
(١) القوة الكهربائية المتبادلة بينهما مقدراً واتجهاً .
 (٢) الشغل المبذول لنقل شحنة موجبة مقدارها (2×10^{-10}) كولوم من المالا نهائية إلى النقطة (د).

U - 1 = q1 x q2 / (4 pi epsilon_0 r^2) = 9 x 10^9 x (8 x 10^-6) x (5 x 10^-6) / (6 x 10^-2)^2 = 100 N

U - 2 = q1 x q2 / (4 pi epsilon_0 r^2) = 9 x 10^9 x (8 x 10^-6) x (5 x 10^-6) / (6 x 10^-2)^2 = 100 N

U - 3 = W = q x U = 2 x 10^-10 x 100 = 2 x 10^-8 J

ج) يبين الشكل المجاور مجموعة من المواسعات الموصولة معاً، وقيم مواسعاتها معطاة بالميكروفاراد، فإذا كانت شحنة المواسع (س) = (120×10^{-10}) كولوم.

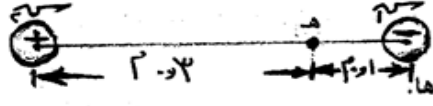


U - 1 = (C1 + C2) x C3 / (C1 + C2 + C3) = (3 + 4) x 5 / (3 + 4 + 5) = 15 microF

U - 2 = W = q x U = 120 x 10^-10 x 15 = 1.8 x 10^-6 J

اسئلة الوزارة (٢٠٠٧) شتوي

(ب) شحنتان كهربائيتان نقطيتان موضوعتان في الهواء؛ (س٣م) -10×10^{-9} كولوم ، (١١ علامة)



(س٣م) $-10 \times 9 +$ كولوم ، كما في الشكل ،
بالاعتماد على المعلومات المثبتة عليه، أجب عما يأتي :
أولاً : احسب المجال الكهربائي في النقطة (هـ) مقداراً واتجاهاً.
ثانياً : إذا وضعت في النقطة (هـ) شحنة كهربائية نقطية (س٣م) -2×10^{-10} كولوم ، فاحسب ما يأتي :
(١) القوة الكهربائية المؤثرة في (س٣م) مقداراً واتجاهاً.
(٢) طاقة الوضع الكهربائية للشحنة (س٣م).

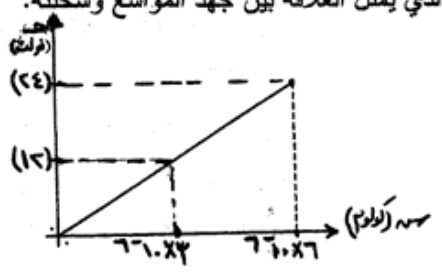
Handwritten solution for part (b):

① $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} = \frac{9 \times 10^9}{(0.09)^2} = 1.11 \times 10^{11}$ N/C

② $F = qE = (-10 \times 10^{-9}) \times (1.11 \times 10^{11}) = -1.11 \times 10^3$ N

③ $U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r} = \frac{9 \times 10^9}{0.09} \times (-10 \times 10^{-9}) \times (2 \times 10^{-10}) = -2 \times 10^{-8}$ J

(ج) وصل مواسع كهربائي ذو لوحين متوازيين البعد بينهما (2×10^{-3}) م ، بفرق جهد مقداره (٢٤) فولت حتى



شحن كلياً، اعتماداً على الرسم البياني المجاور، الذي يمثل العلاقة بين جهد المواسع وشحنه.
احسب ما يأتي :
(١) مواسعة المواسع الكهربائي.
(٢) الطاقة الكهربائية المخزنة في المواسع.
(٣) المجال الكهربائي بين لوحي المواسع.

Handwritten solution for part (c):

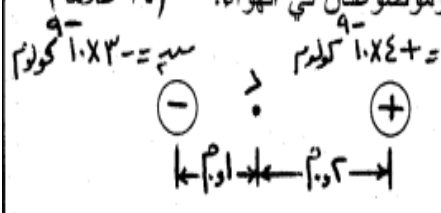
① $C = \frac{Q}{V} = \frac{24 \times 10^{-6}}{24} = 1 \times 10^{-6}$ F

② $U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 10^{-6} \times (24)^2 = 2.88 \times 10^{-4}$ J

③ $E = \frac{V}{d} = \frac{24}{0.002} = 1.2 \times 10^4$ V/m

اسئلة الوزارة (٢٠٠٨) شتوي

ب- يمثل الشكل المجاور شحنتان كهربائيتان نقطيتان (سم، سم) وموضوعتان في الهواء. (١٤ علامة)
 اعتماداً على القيم المثبتة عليه احسب :
 ١- القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين.
 ٢- المجال الكهربائي عند النقطة (د) مقدراً واتجاهاً.
 ٣- التغير في طاقة الوضع الكهربائية في نقل الشحنة (سم) إلى النقطة (د).



Handwritten student solution for the physics problem:

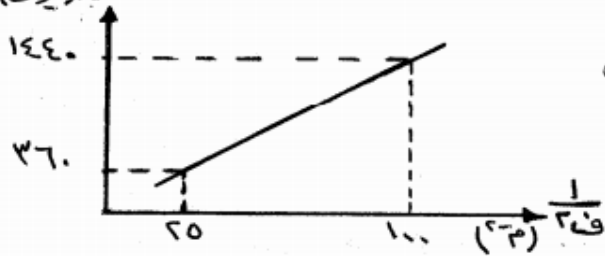
1- $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{(1.2 \times 10^{-6})(1.3 \times 10^{-6})}{(0.3)^2} = 1.56 \times 10^{-2} \text{ N}$

2- $E = k \frac{q}{r^2}$
 From +1.2 μC: $E_1 = 9 \times 10^9 \frac{1.2 \times 10^{-6}}{(0.2)^2} = 2.7 \times 10^5 \text{ V/m}$
 From -1.3 μC: $E_2 = 9 \times 10^9 \frac{1.3 \times 10^{-6}}{(0.1)^2} = 1.17 \times 10^6 \text{ V/m}$
 Resultant field $E = 1.17 \times 10^6 - 2.7 \times 10^5 = 9 \times 10^5 \text{ V/m}$ (to the right)

3- $W = q \Delta V = q (k \frac{q_1}{r_1} - k \frac{q_2}{r_2}) = 1.3 \times 10^{-6} (9 \times 10^9 (\frac{1.2}{0.2} - \frac{1.3}{0.1})) = 1.17 \times 10^{-2} \text{ J}$

اسئلة الوزارة (٢٠٠٩) صيفي

ب) يُمثّل الرسم البياني المجاور العلاقة بين القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين موجبتين ومقلوب مربع المسافة بينهما، إذا علمت أن الشحنتين متساويتين في المقدار، مستعيناً بالرسم احسب: (١٢ علامة)
(١) مقدار كل من الشحنتين.
(٢) طاقة الوضع الكهربائية الناجمة عن أي من الشحنتين والمؤثرة في الشحنة الأخرى عندما تكون المسافة بينهما (٠.٢) م.



(١) مقدار كل من الشحنتين.
(٢) طاقة الوضع الكهربائية الناجمة عن أي من الشحنتين والمؤثرة في الشحنة الأخرى عندما تكون المسافة بينهما (٠.٢) م.

①	$1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$	①	$1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$
②	$1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$	②	$1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$
③	$1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$	③	$1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$
④	$1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$	④	$1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$
⑤	$1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$	⑤	$1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$

① $\Delta \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$

① $1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$

① $1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$

① $1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$

① $1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$

① $1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$

① $1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$

① $1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$

① $1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$

① $1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$

① $1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$

① $1.1 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-9}$

اسئلة الوزارة (٢٠٠٩) شتوي

ب- الشكل المجاور يمثل شحنة كهربائية نقطية مقدارها $(+1 \times 10^{-10})$ كولوم، تبعد مسافة $(0,2)$ م عن مركز موصل كروي مشحون نصف قطره $(0,05)$ م في الهواء بالاستعانة بالقيم المثبتة عليه احسب: (٨ علامات)

(١) المجال الكهربائي المؤثر في الشحنة النقطية.
(٢) الجهد الكهربائي الكلي للكرة.

$U = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{10^{-10}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times (0.2)^2} = 1.1 \times 10^3 \text{ V/m}$
 (١) $U = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{10^{-10}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.2} = 4.5 \times 10^2 \text{ V}$
 (٢) $U = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{10^{-10}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.05} = 9.0 \times 10^2 \text{ V}$

$U = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{10^{-10}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.2} = 4.5 \times 10^2 \text{ V}$
 $U = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{10^{-10}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.05} = 9.0 \times 10^2 \text{ V}$
 $U = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{10^{-10}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.2} = 4.5 \times 10^2 \text{ V}$
 $U = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{10^{-10}}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12} \times 0.05} = 9.0 \times 10^2 \text{ V}$

ب- بيّن الشكل مجموعة من المواسعات الموصولة معاً، إذا كانت شحنة المواسع (س) تساوي (144×10^{-10}) كولوم فاحسب:

(١) المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات.
(٢) شحنة وجهد المواسع (س).

السؤال الثالث: (١٨ علامة)

$U = \frac{Q}{C} = \frac{144 \times 10^{-6}}{3 \times 10^{-6} + 6 \times 10^{-6}} = 16 \text{ V}$
 $Q_1 = C_1 U = 3 \times 10^{-6} \times 16 = 48 \times 10^{-6} \text{ C}$
 $Q_2 = C_2 U = 6 \times 10^{-6} \times 16 = 96 \times 10^{-6} \text{ C}$

$U = \frac{Q}{C} = \frac{144 \times 10^{-6}}{3 \times 10^{-6} + 6 \times 10^{-6}} = 16 \text{ V}$
 $Q_1 = C_1 U = 3 \times 10^{-6} \times 16 = 48 \times 10^{-6} \text{ C}$
 $Q_2 = C_2 U = 6 \times 10^{-6} \times 16 = 96 \times 10^{-6} \text{ C}$

$U = \frac{Q}{C} = \frac{144 \times 10^{-6}}{3 \times 10^{-6} + 6 \times 10^{-6}} = 16 \text{ V}$
 $Q_1 = C_1 U = 3 \times 10^{-6} \times 16 = 48 \times 10^{-6} \text{ C}$
 $Q_2 = C_2 U = 6 \times 10^{-6} \times 16 = 96 \times 10^{-6} \text{ C}$

اسئلة وزارة (٢٠١٠) صيفي

ج) تَبَّت لوحان فلزيان مشحونان متوازيان قبالة بعضهما البعض داخل أنبوب مفرغ من الهواء وعلى بُعد (2×10^{-2}) م من بعضهما. فتولد بينهما مجالاً كهربائياً قدره (3×10^6) فولت/م. احسب : (٩ علامات)

١) فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين.

٢) مقدار القوة المؤثرة في شحنة نقطية مقدارها (-1×10^{-10}) كولوم وضعت بين اللوحين.

٣) الشغل الذي يبذله المجال في نقل شحنة مقدارها (-1×10^{-10}) كولوم من اللوح السالب إلى اللوح الموجب.

١) عند وصل اللوحين معاً يصبحان موثقاً

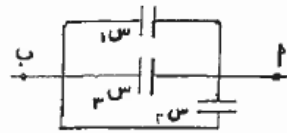
٢) $1 = \frac{Q}{C} = \frac{Q}{\epsilon_0 \frac{A}{d}} \Rightarrow Q = \epsilon_0 \frac{A}{d} \times 3 \times 10^6$

٣) $Q = 1.5 \times 10^{-8} \text{ كولوم}$

٤) $W = Q \times V = 1.5 \times 10^{-8} \times 3 \times 10^6 = 4.5 \times 10^{-2} \text{ جول}$

٥) $F = q \times E = (-1 \times 10^{-10}) \times (3 \times 10^6) = -3 \times 10^{-4} \text{ نيوتن}$

٦) $W = q \times V = (-1 \times 10^{-10}) \times (3 \times 10^6) = -3 \times 10^{-4} \text{ جول}$



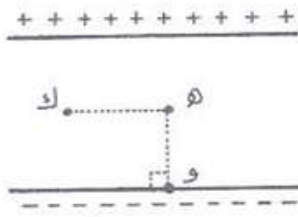
ب) ثلاث مواسعات مواسعة كلٍ منهما (6×10^{-10}) فاراد، متصلة معاً كما في الشكل، إذا علمت أن شحنة س = (360×10^{-10}) كولوم، احسب :

١) السعة المكافئة للمجموعة. (٢) فرق الجهد (٣) ب). (٥ علامات)

١) $C_{eq} = 3 + 3 = 6 \text{ فاراد}$

٢) $Q = C \times V \Rightarrow V = \frac{Q}{C} = \frac{360 \times 10^{-10}}{6} = 60 \times 10^{-10} \text{ فولت}$

٣) $W = Q \times V = 360 \times 10^{-10} \times 60 \times 10^{-10} = 2.16 \times 10^{-17} \text{ جول}$



ب) يمثل الشكل لوحين فلزيين متوازيين لا نهائيين، الفرق في الجهد بينهما (٢) فولت، وتصل بينهما مسافة (٠,١) م. إذا كانت النقطتان (هـ، ك) تقعان في منتصف المسافة بين اللوحين، والنقطة (و) تقع على اللوح السالب. احسب : (١) المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) (٢) فرق الجهد (جـ د).

(١١ علامة)

(٣) الشغل المبذول لنقل إلكترون من (و) إلى (ك).

Handwritten calculations for the first problem:

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 \cdot A} = \frac{1 \times 10^{-6}}{8.85 \times 10^{-12} \times 1} = 1.13 \times 10^5 \text{ V/m}$$

$$V = E \cdot d = 1.13 \times 10^5 \times 0.1 = 1.13 \times 10^4 \text{ V}$$

$$W = q \cdot V = 1.6 \times 10^{-19} \times 1.13 \times 10^4 = 1.81 \times 10^{-15} \text{ J}$$

ب) بيّن الشكل ثلاث مواسعات : (س١، س٢) مشحونين، والمواسع (س٣) غير مشحون. فإذا كانت قراءة الفولتمتر (V) والمفتاح (ح) مفتوح تساوي (٢٠) فولت. احسب : (٨ علامات)

(١) شحنة المواسع (س١) قبل غلق المفتاح.
(٢) قراءة الفولتمتر (V) بعد غلق المفتاح.

Capacitor values: $C_1 = 1 \mu\text{F}$, $C_2 = 3 \mu\text{F}$, $C_3 = 4 \mu\text{F}$

Handwritten calculations for the second problem:

$$C_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1} + \frac{1}{3}} = \frac{3}{4} \mu\text{F}$$

$$Q = C_{eq} \cdot V = \frac{3}{4} \times 10^{-6} \times 20 = 1.5 \times 10^{-5} \text{ C}$$

$$Q_1 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \cdot Q = \frac{1}{1+3} \times 1.5 \times 10^{-5} = 0.375 \times 10^{-5} \text{ C}$$

$$Q_2 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \cdot Q = \frac{3}{1+3} \times 1.5 \times 10^{-5} = 1.125 \times 10^{-5} \text{ C}$$

$$Q_3 = C_3 \cdot V = 4 \times 10^{-6} \times 20 = 8 \times 10^{-5} \text{ C}$$

اسئلة الوزارة (٢٠١١) صيفي

ب) تحرك جسيم شحنته (2×10^{-10}) كولوم، وكتلته (4×10^{-10}) كغم من تسكون، من اللوح الموجب إلى اللوح السالب في الحيز بين لوحي مواسع ذي لوحين متوازيين، إذا كانت المسافة بين اللوحين (1×10^{-2}) م وسرعة وصول الجسيم إلى اللوح السالب (4×10^6) م/ث، فاحسب:
 (١) فرق الجهد بين طرفي المواسع.
 (٢) القوة الكهربائية المؤثرة في الجسيم أثناء حركته (بإهمال تأثير الجاذبية الأرضية). (٨ علامات)

Handwritten student solution for part (b):

$$\Delta \phi = - \int E \cdot dl = - \int \frac{Q}{\epsilon_0 A} \cdot dl = - \frac{Q}{\epsilon_0 A} \Delta x$$

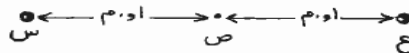
$$\Delta \phi = - \frac{Q}{\epsilon_0 A} \Delta x \Rightarrow \Delta \phi = - \frac{2 \times 10^{-10}}{8.85 \times 10^{-12} \times 1 \times 10^{-2}} \times \Delta x$$

$$\Delta \phi = - 2.26 \times 10^3 \Delta x$$

والمجال الكهربائي $E = \frac{\Delta \phi}{\Delta x} = - 2.26 \times 10^3$ فولت/متر

القوة المؤثرة $F = qE = 2 \times 10^{-10} \times 2.26 \times 10^3 = 4.52 \times 10^{-7}$ نيوتن

ج) يمثل الشكل ثلاث نقاط (س، ص، ع) على استقامة واحدة، عند النقطة (س) شحنة مقدارها (2×10^{-10}) كولوم، احسب مقدار الشحنة الواجب وضعها عند (ع) ليكون المجال المحصل عند (ص) مساوياً (٥٤ × ١٠^{-٦}) نيوتن/كولوم، واتجاهه نحو (ع). (٨ علامات)



Handwritten student solution for part (c):

المجال عند (ص) من الشحنة (س) $E_S = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2 \times 10^{-10}}{a^2}$

المجال عند (ص) من الشحنة (ع) $E_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{a^2}$

لأن المجالين متساويين في المقدار ونحو (ع) $E_S = E_C$

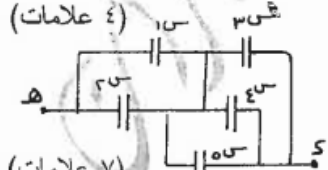
$$\frac{2 \times 10^{-10}}{a^2} = \frac{Q}{a^2} \Rightarrow Q = 2 \times 10^{-10} \text{ كولوم}$$

$$1 \times 9 = \frac{1 \times 18}{2 - 1 \times 1} \Rightarrow 1 \times 9 = 18$$

$$1 \times 9 = \frac{1 \times 18}{2 - 1 \times 1} \Rightarrow 1 \times 9 = 18$$

$$1 \times 9 = \frac{1 \times 18}{2 - 1 \times 1} \Rightarrow 1 \times 9 = 18$$


(أ) احسب المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات بين النقطتين (د، هـ) علماً أنها متساوية وقيمة كل منها (٢) مايكروفاراد.
 (ب) الشكل المجاور يمثل العلاقة بين تردد الضوء الساقط والطاقة المكتسبة من الخلايا المتحدية في الخلية الكهروضوئية.



(٤) Δ $\text{MF } \Sigma = C + C = \dots$
 (٥) $\text{MF } \Gamma = C + C + C = \dots$
 (٦) $\text{MF } \underline{C} \underline{E} = \frac{1 \times 2}{1 + 2} = \dots$

اسئلة الوزارة (٢٠١٢ شتوي)

المسئلة الأول : (١٧ علامة)
 أ) يُمثل الشكل موصل كروي نصف قطره (٣) سم مشحون بشحنة $(2 + 10^{-10})$ كولوم. احسب: (١٠ علامات)
 (١) المجال الكهربائي عند النقطتين (٢) و (ب).
 (٢) الجهد الكهربائي عند النقطتين (٢) و (ب).
 (٣) الشغل اللازم لنقل شحنة $(1 + 10^{-10})$ كولوم من المالانهاية إلى سطح الموصل.



المسئلة الثاني : (١٦ علامة)
 (٢٢) $\text{MF } \Sigma = C + C = \dots$
 (١٨) $\text{MF } \Gamma = C + C + C = \dots$
 (٤٥-٤٢) $\text{MF } \underline{C} \underline{E} = \frac{1 \times 2}{1 + 2} = \dots$
 (٢٠) $\text{MF } \underline{C} \underline{E} = \frac{1 \times 2}{1 + 2} = \dots$

ب) مواسع (س١) مشحون بمواسعته (٢) ميكروفاراد وجهده (١٥) فولت وصل مع مواسع آخر (س٢) غير مشحون ومواسعته (٤) ميكروفاراد. احسب:
 (١) جهد المواسع (س٢) بعد التوصيل.
 (٢) مقدار التغير في الطاقة الكهربائية المختزنة في المواسع (س١).

Handwritten solution for the above problem:

$$Q_1 = C_1 V_1 = (10 \times 10^{-6}) \times 15 = 1.5 \times 10^{-4} \text{ كولوم}$$

$$C_2 = 4 \times 10^{-6} \text{ فاراد}$$

$$C_1 + C_2 = 10 \times 10^{-6} + 4 \times 10^{-6} = 14 \times 10^{-6} \text{ فاراد}$$

$$Q = C_{\text{total}} V = 14 \times 10^{-6} \times V = 1.5 \times 10^{-4}$$

$$V = \frac{1.5 \times 10^{-4}}{14 \times 10^{-6}} = 10.71 \text{ فولت}$$

أو باستخدام حفظ الطاقة:

$$\frac{1}{2} C_1 V_1^2 = \frac{1}{2} (C_1 + C_2) V^2$$

$$\frac{1}{2} \times 10 \times 10^{-6} \times 15^2 = \frac{1}{2} \times 14 \times 10^{-6} \times V^2$$

$$1.5 \times 10^{-4} \times 15 = 7 \times 10^{-6} \times V^2$$

$$2.25 \times 10^{-3} = 7 \times 10^{-6} \times V^2$$

$$V^2 = \frac{2.25 \times 10^{-3}}{7 \times 10^{-6}} = 321.43$$

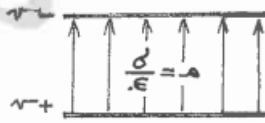
$$V = 17.93 \text{ فولت}$$

السؤال الثاني: (١٦ علامة)

(٣ علامات)

أ) علل:

نقل مواسعة موصل مشحون عند تقريبه من موصل ثاني مشحون بشحنة مشابهة لشحنة الأول.



ب) يُمثل الشكل لوحين فلزيين متوازيين مساحة كل منهما (٢) أحدهما مشحون بشحنة موجبة (+٣) والآخر مشحون بشحنة سالبة

مماثلة (-٣) وتصلهما مسافة (٢). أثبت أن فرق الجهد بين اللوحين يعطى بالعلاقة: $\Delta V = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$

(٤ علامات)

يتبع الصفحة الثانية ...

السؤال الثاني: (١٦ علامة)

أ) لاهم جهد الموصل الثاني بزاوية سبب انجذاب الشحنات من الموصل الثاني

ب) وسحنته ٢٨ نانوكولومب لانه سحنته ٤٥ نانوكولومب لانه سحنته ٤٩ نانوكولومب

Handwritten solution for the second question:

أ) إذا زالت الشحنة من الموصل الثاني...

$$Q_1 = 45 \text{ نانوكولومب}$$

$$Q_2 = 28 \text{ نانوكولومب}$$

$$Q_{\text{total}} = 49 \text{ نانوكولومب}$$

$$C_1 = 2 \text{ فاراد}$$

$$C_2 = 2 \text{ فاراد}$$

$$C_{\text{total}} = 4 \text{ فاراد}$$

$$V = \frac{Q_{\text{total}}}{C_{\text{total}}} = \frac{49 \times 10^{-9}}{4} = 12.25 \text{ فولت}$$

$$Q_1' = C_1 V = 2 \times 12.25 = 24.5 \text{ نانوكولومب}$$

$$Q_2' = C_2 V = 2 \times 12.25 = 24.5 \text{ نانوكولومب}$$

اسئلة الوزارة (٢٠١٢) صيفي

ب) شحنتان كهربائيتان نقطيتان موضوعتان في الهواء، معتمداً على البيانات المثبتة على الشكل (١٢ علامة)

احسب: ١- القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة (١,٣).
٢- مقدار المجال الكهربائي عند النقطة (أ).
٣- طاقة الوضع الكهربائية للشحنة (١,٣)

١٣ الفرض (ب) - ١- $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 10^{-10} \times 10^{-9}}{5^2} = 3.6 \times 10^{-10} \text{ نيوطن}$

١٤ - ٢- $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 10^{-9}}{3^2} = 10^9 \text{ فولت/متر}$

١٥ - ٣- $W = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r} = \frac{9 \times 10^9 \times 10^{-10} \times 10^{-9}}{5} = 1.8 \times 10^{-9} \text{ جول}$

٢٠ $U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r} = \frac{9 \times 10^9 \times 10^{-9} \times 10^{-9}}{1} = 9 \times 10^{-9} \text{ جول}$

ج) معتمداً على البيانات المثبتة على الشكل، وإذا علمت أن $U_{AB} = 20 \text{ فولت}$ ، (٦ علامات)

وقراءة الفولتميتر $V = 8 \text{ فولت}$ ، احسب:
١- الشحنة على كل من المواسعين (س ١، س ٢).
٢- مواسعة المواسع (س ٢).

السؤال الثاني: (٢٥ علامة)

٥٣ الفرض (د) (١) $Q = CV = 1 \times 10^{-6} \times 16 = 1.6 \times 10^{-5} \text{ كولوم}$

(٢) $Q = CV = 1 \times 10^{-6} \times 25 = 2.5 \times 10^{-5} \text{ كولوم}$

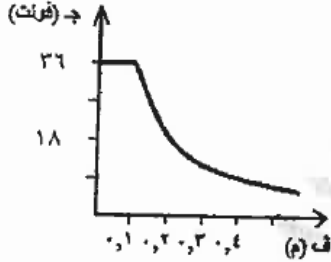
(٣) $Q = CV = 1 \times 10^{-6} \times 48 = 4.8 \times 10^{-5} \text{ كولوم}$

١٢ فولت = ٤ - ٢ = ٢

٣ س $R = \frac{U}{I} = \frac{20}{6} = 3.33 \text{ س}$

اسئلة وزارية (٢٠١٣) شتوي

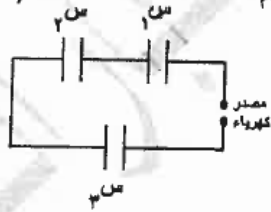
أ) يبين الرسم البياني المجاور العلاقة التي تربط الجهد الكهربائي لموصل كروي مشحون بشحنة موجبة (٩ علامات)
والبُعد عن مركزه. معتمداً على البيانات المثبتة جيد :



- ١) نصف قطر الموصل الكروي.
- ٢) شحنة الموصل الكروي.
- ٣) الشغل المبذول لنقل شحنة $(+4 \times 10^{-10})$ كولوم من نقطة (أ) والتي تبعد (٠.٤) م عن مركز الموصل الكروي إلى نقطة (ب) التي تقع على سطح الموصل.

٤٤	١	١ - نصف قطر الموصل الكروي
٤٤	٢	$q = 4\pi r^2 \sigma = 4\pi (0.1)^2 \times 10^{-10} = 1.256 \times 10^{-10} \text{ كولوم}$
٤٤	٣	$W = q \times V = 4 \times 1.256 \times 10^{-10} \times 36 = 1.81 \times 10^{-8} \text{ جول}$
٤٢٦٣٧		

ب) ثلاثة مواسعات كهربائية متماثلة، المواسعة الكهربائية لكل منها (6×10^{-10}) فاراد، تتصل معاً كما في الشكل، فإذا كانت شحنة المواسع (س) تساوي (12×10^{-10}) كولوم،



- احسب :
- ١) الطاقة الكهربائية المخزنة في المواسع (س).
 - ٢) فرق الجهد بين طرفي المصدر.

٥٥	١	$W = \frac{1}{2} qV = \frac{1}{2} (12 \times 10^{-10}) \times 36 = 2.16 \times 10^{-8} \text{ جول}$
٥٥	٢	$V = \frac{q}{C} = \frac{12 \times 10^{-10}}{6 \times 10^{-10}} = 2 \text{ فولت}$
		وبما أن المواسعات متماثلة ولها نفس السعة C فهي متساوية.
		∴ جهد المصدر $V = 3 \times 2 = 6 \text{ فولت}$
		أو $V = 2 + 2 + 2 = 6 \text{ فولت}$

اسئلة وزارية (٢٠١٣) صيفي

السؤال الأول: (٢٢ علامة)

أ) يوضح الشكل المجاور مجالاً كهربائياً منتظماً مقداره (١٠) فولت/م، النقاط ٢، ب، د واقعة في المجال وتمثل رؤوس مثلث متساوي الأضلاع طول ضلعه (٢) سم والخط الواصل بين ٢، د عمودي على خطوط المجال. احسب الشغل المبذول في نقل شحنة كهربائية موجبة مقدارها (١٠ × ١٠^{-٦}) كولوم من النقطة ٢ إلى ب، عبر المسار ٢ د ب. (٥ علامات)

ب) وُصلت ثلاثة مواسعات كهربائية كما في الشكل المجاور، إذا علمت أن فرق الجهد بين النقطتين (٢، ب) يساوي (٢٠) فولت عندما كان المفتاح (ج) مفتوحاً، والمواسع ١، ٢، ٣ غير مشحونين. عند إغلاق المفتاح (ج) احسب:

١- المواسعة المكافئة للمواسعات. ٢- شحنة المواسع (١، ٢، ٣). (٩ علامات)

ج) موصلان كرويان متجاوران، إذا علمت أن شحنة الأول سالبة والثاني غير مشحون، فسر ما يحدث لكل من الجهد والشحنة على الموصل الثاني بعد وصله بالأرض. (علمان)

Handwritten solution for question 22:

١- المواسعة المكافئة للمواسعات $C_{eq} = \frac{C_1 C_2 C_3}{C_1 C_2 + C_1 C_3 + C_2 C_3}$

٢- شحنة المواسع (١، ٢، ٣) $Q_1 = \frac{C_1}{C_1 + C_2 + C_3} Q_{total}$

ج) موصلان كرويان متجاوران، إذا علمت أن شحنة الأول سالبة والثاني غير مشحون، فسر ما يحدث لكل من الجهد والشحنة على الموصل الثاني بعد وصله بالأرض.

عند وصل الموصل الثاني بالأرض يصبح جهد الموصل الثاني يساوي صفر.

على شحنة موجبة مقبولة $Q_2 = -Q_1$ حيث Q_1 سالبة.

اسئلة وزارية (٢٠١٤) شتوي

السؤال الأول: (٢١ علامة)

أ) يوضح الشكل المجاور مجال كهربائي منتظم وتمثل الخطوط (س، ص، ع) سطوح متساوية الجهد معتمداً على الشكل، أجب عما يأتي:

١- رتب السطوح متساوية الجهد تنازلياً حسب قيمة جهد كل منها.

٢- فسر لماذا لا يلزم بذل شغل لنقل شحنة نقطية من النقطة (أ) إلى النقطة (ب). (٣ علامات)

Handwritten solution for question 21:

السؤال الأول: (٢١ علامة)

١- رتب السطوح متساوية الجهد تنازلياً حسب قيمة جهد كل منها.

٢- فسر لماذا لا يلزم بذل شغل لنقل شحنة نقطية من النقطة (أ) إلى النقطة (ب).

لأن الشحنة نقطية لا يوجد فيها الجهد وبالتالي لا يوجد شغل.

السؤال الثاني : (٢٢ علامة)

في الشكل المجاور شحنة نقطية (١،٣) تبعد عن مركز موصل كروي مشحون مسافة (١) م ، معتمداً على الشكل وبياناته، احسب:

١- جهد النقطة (ب) والتي تبعد عن مركز الموصل مسافة (١٠ × ١) م.

٢- الشغل اللازم لنقل إلكترون من النقطة (أ) إلى سطح الموصل.

التصحيح السليم

(٧ علامات)

١- جهد النقطة (ب) والتي تبعد عن مركز الموصل مسافة (١٠ × ١) م.

$$V = \frac{kQ}{r} + \frac{kq}{R}$$

$$V = \frac{9 \times 10^9 \times 1.3 \times 10^{-6}}{1} + \frac{9 \times 10^9 \times 1.3 \times 10^{-6}}{0.1}$$

$$V = 1.17 \times 10^4 + 1.17 \times 10^5 = 1.287 \times 10^5 \text{ فولت}$$

٢- الشغل اللازم لنقل إلكترون من النقطة (أ) إلى سطح الموصل.

$$W = q \Delta V = 1.6 \times 10^{-19} \times (1.287 \times 10^5 - 1.17 \times 10^4)$$

$$W = 1.6 \times 10^{-19} \times 1.17 \times 10^5 = 1.872 \times 10^{-14} \text{ جول}$$

السؤال الخامس : (٢٤ علامة)

معتدماً على الشكل المجاور وبياناته. إذا كان فرق الجهد بين النقطتين (ب ، د) يساوي (١٥) فولت، فاحسب:

١- المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات.

٢- فرق الجهد بين النقطتين (أ ، د).

٣- الطاقة المخزنة في المواسع (س،ز).

(٧ علامات)

السؤال الخامس : (٢٤ علامة)

١- المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات.

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{3+2} + \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{4} = \frac{2}{4} + \frac{1}{5} = \frac{5}{10} + \frac{2}{10} = \frac{7}{10}$$

$$C_{eq} = \frac{10}{7} \mu F$$

٢- فرق الجهد بين النقطتين (أ ، د).

$$V_{AD} = V_{AB} + V_{BC} + V_{CD}$$

$$15 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

$$15 = \frac{Q}{4} + \frac{Q}{5} + \frac{Q}{4}$$

$$15 = \frac{5Q}{10} + \frac{2Q}{10} + \frac{2.5Q}{10} = \frac{9.5Q}{10}$$

$$Q = \frac{150}{9.5} = 15.79 \mu C$$

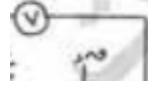
$$V_{AD} = \frac{Q}{C_{eq}} = \frac{15.79 \times 10^{-6}}{\frac{10}{7}} = 1.105 \text{ فولت}$$

٣- الطاقة المخزنة في المواسع (س،ز).

$$W = \frac{1}{2} C V^2$$

$$W = \frac{1}{2} \times 4 \times 10^{-6} \times (1.105)^2 = 2.45 \times 10^{-6} \text{ جول}$$

(أ) اثبت أن وحدة قياس المجال الكهربائي (نيوتن/كولوم) تكافئ (فولت/متر).
(استخدم قوانين المجال الكهربائي المنتظم).

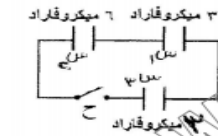


المسألة	المطلوب	البيانات	الحل
٢٠١٤	اثبت أن وحدة قياس المجال الكهربائي (نيوتن/كولوم) تكافئ (فولت/متر).	المجال الكهربائي = الشحنة / المساحة	$E = \frac{Q}{A}$
		المجال الكهربائي = نيوتن / كولوم	$E = \frac{F}{q}$
		المجال الكهربائي = فولت / متر	$E = \frac{V}{r}$
		المجال الكهربائي = نيوتن / كولوم = فولت / متر	$\frac{N}{C} = \frac{V}{m}$

اسئلة الوزارة (٢٠١٤) صيفي

السؤال الخامس : (١١ علامة)

(أ) اعتماداً على الشكل المجاور وبياناته. احسب:
١- طاقة الوضع الكهربائية للشحنة (١٧٣).
٢- الشغل اللازم لنقل إلكترون من النقطة (أ) إلى اللانهاية.



(أ) معتمداً على الشكل المجاور وبياناته، إذا كان فرق الجهد الكهربائي بين

طرفي المواسع س٣ يساوي (٢٠) فولت قبل إغلاق المفتاح (ح)،

والمواسعين س١، س٢ غير مشحونين.

احسب بعد إغلاق المفتاح (ح) :

١- الشحنة الكهربائية لكل مواسع. ٢- الطاقة الكهربائية المختزنة في المواسع (س٣). (٧ علامات)

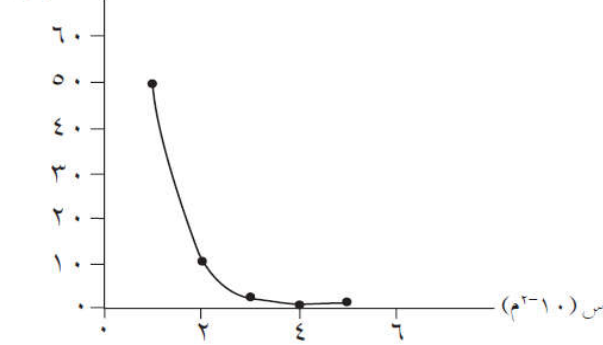
إجابات أسئلة الفصل الأول

(١)

رقم الفقرة	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١
رمز الإجابة الصحيحة	ج	ب	ب	د	أ	ج	د	ب	أ

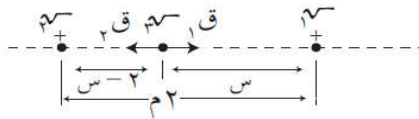
ق (نيوتن)

(٢)



س (١٠-م ^٢)	ق (نيوتن)
١	٥٠,٦٢٥
٢	١٢,٦٥٦
٣	٥,٦٢٥
٤	٣,١٦٤
٥	٢,٠٢٥

(٣) يجب أن تقع الشحنة الثالثة سم بين الشحنتين الأولى والثانية. فإذا افترضنا بعد سم عن سم^١ هو مسافة (س)، فإن بعدها عن سم^٢ يكون (س-٢) كما هو مبين في الشكل المجاور. ولكي تكون القوة المحصلة المؤثرة في سم صفراً، فلا بد أن تكون القوتان، متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه، أي أن:



$$q_1 = q_2 \Leftrightarrow \frac{q_1 q_2}{s^2} \times 910 \times 9 = \frac{q_1 q_2}{(s-2)^2} \times 910 \times 9$$

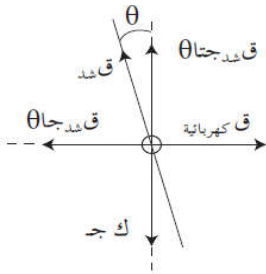
$$\frac{1}{s^2} = \frac{1}{(s-2)^2} \Leftrightarrow \frac{1}{s} = \frac{1}{s-2} \Leftrightarrow \frac{1}{s} - \frac{1}{s-2} = 0 \Leftrightarrow \frac{s-2-s}{s(s-2)} = 0 \Leftrightarrow \frac{-2}{s(s-2)} = 0$$

(٤) القوة الكهربائية بين شحنتين نقطيتين قوة متبادلة، وحسب القانون الثالث لنيوتن فإن ق_{١٢} ← ← ق_{٢١} ←، لذا فإن: $1 - \frac{q_1}{q_2}$

(٥) بما أن كل من الكرتين في وضع اتزان، لذا فإن القوة المحصلة المؤثرة في كل منهما تساوي صفراً كما هو مبين في الشكل المجاور، ومن تحليل القوى بالاتجاهين السيني والصادي نجد أن:

ق_ج جتا θ - ك ج. (١)، حيث ق_ج: قوة الشد في الخيط

ق_{كهربائية} = ق_ج جا θ (٢)، حيث ق_{كهربائية}: القوة الكهربائية بين الشحنتين



$$\frac{q_1 q_2}{r^2} \times 910 \times 9 =$$

وبالتعويض عن ق_ج من المعادلة (١) في المعادلة (٢)، نجد أن:

$$ق_{كهربائية} - ك ج \theta = \frac{q_1 q_2}{r^2} \times 910 \times 9$$

$$\sqrt{\frac{ك ج \theta^2}{910 \times 9}} = \frac{ق_{كهربائية}}{ك} \quad \text{حيث: } \theta = 26.0^\circ, \text{ م، ومنها نجد: } \sqrt{4.4 \times 10^{-10}} \text{ كولوم.}$$

$$(٦) أ) م = \frac{q \cdot 10^{-9}}{r^2}$$

$$م_1 = م_2 = \frac{10^{-9} \times 2 \times 10^{-9}}{(0,8)^2} \approx 3,125 \times 10^{-17} \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$م_ج = م_1 + م_2 = 10^{-9} \times 0,56 = 10^{-9} \times 0,28 \times 2 = 5,6 \times 10^{-10} \text{ نيوتن/كولوم باتجاه (م)}$$

$$(ب) ق = م_ج - م_ب = 5,6 \times 10^{-10} - 1,28 \times 10^{-18} \approx 5,6 \times 10^{-10} \text{ نيوتن، باتجاه المجال.}$$

$$(ج) ج_1 = ج_2 = 9 \times 10^{-9} \left(\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} \right)$$

وبما أن الشحنتين متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الإشارة، والنقطة تقع في منتصف المسافة بينهما، إذاً (ج = صفر)

$$(٧) (أ) ج_1 = ج_2 = ج_3 = (ج_1 - ج_2) + (ج_2 - ج_3) = (م_1 - م_2) \cos \theta + صفر$$

$$= 325 \times 0,8 \times \cos 180^\circ = -260 \text{ فولت.}$$

$$(ب) ش_1 = ش_2 = ش_3 = 1,6 \times 10^{-19} \times (260) = 4,16 \times 10^{-17} \text{ جول.}$$

$$(٨) بما أن: ق = 9 \times 10^{-9} \times \frac{1}{r^2} \Leftrightarrow r = \sqrt{\frac{9 \times 10^{-9}}{ق}} = 0,232 \text{ م}$$

وعندما يتلامس الجسمان المشحونان، فإن الشحنة تنتقل بينهما حتى يتساويان في الجهد، وبما أنهما متماثلان فإن الشحنة تتوزع بينهما بالتساوي، فتكون الشحنة على كل منهما: $q = 2 \text{ ميكروكولوم}$.

$$\Leftrightarrow ق = 9 \times 10^{-9} \times \frac{1}{(2)^2} = 0,1125 \text{ نيوتن (تنافر).}$$

$$(٩) \Phi_{\text{الكعب}} = \frac{q}{\epsilon_0} = \frac{10^{-10} \times (40 - 10)}{8,85 \times 10^{-12}} = 2,82 \text{ نيوتن م}^2/\text{كولوم.}$$

$$\Phi_{\text{أحد الأوجه}} = \frac{1}{6} \Phi_{\text{الكعب}} = 0,47 \text{ نيوتن م}^2/\text{كولوم.}$$

$$(١٠) \Phi = \frac{q}{\epsilon_0} = \frac{10^{-10} \times 44,25}{8,85 \times 10^{-12}} = 5 \text{ نيوتن م}^2/\text{كولوم} = 44,25 \text{ بيكوكولوم}$$

$$(١١) (أ) م = \frac{6000}{3 \times 10^{-2}} = 2 \times 10^5 \text{ فولت/م.}$$

$$(ب) \Delta ط_ح = ش - \Delta ط_ر = 1,6 \times 10^{-19} \times 6000 - 9,6 \times 10^{-17} \text{ جول.}$$

$$(ج) م = \frac{6000}{3 \times 10^{-2}} = 2 \times 10^5 \text{ فولت/م، أي أن المجال تضاعف. أما الطاقة الحركية للإلكترون فتبقى ثابتة لأن فرق الجهد}$$

بين اللوحين يبقى ثابتاً.

(١٢) (أ) ه ← و

$$(ب) م_1 - م_2 = \frac{ج}{ف} - \frac{١٠٠}{٢-١٠ \times ٥} = ٢٠٠٠ \text{ فولت / م .}$$

$$(ج) ش_1 - ش_2 = \sqrt{٣} \text{ مرف } - \theta = ١٠^{-١} \times ١,٦ - ٢-١٠ \times ٢,٥ \times ٢٠٠٠ \times ١٠^{-١} \times ٨ = ١٨٠ \text{ جتا } ١٠^{-١} \times ٨ \text{ جول.}$$

$$(د) ج_1 - ج_2 - ج_3 - ج_4 = \text{مرف } - \text{مرف } - \text{مرف } - \text{مرف } = ٢٠٠٠ \times ٢,٥ \times ٢-١٠ \times ١ - ٥٠ \text{ فولت.}$$

$$(هـ) ش_1 - ش_2 = \sqrt{٣} \text{ مرف } - ٩٠ \text{ جتا } ٩٠ = \text{صفر}$$

$$(و) ج_1 - ج_2 - ج_3 - ج_4 = \text{مرف } - \text{مرف } - \text{مرف } - \text{مرف } = ٩٠ \text{ صفر}$$

$$(ز) ق - ق = \sqrt{٣} - \sqrt{٣} = ٢-١٠ \times ٢ - ٢٠٠٠ \times ٢-١٠ \times ٤ = ٢-١٠ \times ٤ \text{ نيوتن باتجاه المجال.}$$

(١٣) (أ) نق = ١٠ سم .

(ب) م = صفر .

$$(ج) \text{ لحساب المجال عند سطح الموصل، نحسب أولا الشحنة على سطحه حيث: } ج = ٩ \times ١٠ \times \frac{\sqrt{٣}}{\text{نق}}$$

$$١٨ - ٩ \times ١٠ \times \frac{\sqrt{٣}}{٢-١٠ \times ١٠} \text{، ومنها نجد: } \sqrt{٣} = ٢ - ١٠ \times ١٠ \text{ كولوم} \leftarrow$$

$$\text{م} = \frac{\sqrt{٣} \times ٩ \times ١٠}{\text{نق}^2} = \frac{\sqrt{٣} \times ٩ \times ١٠ \times ٢}{٢(٢-١٠ \times ١٠)} = ١٨٠ \text{ نيوتن/كولوم}$$

$$(د) ج_1 - ج_2 = ج_3 - ج_4 = ٩ = \left(\frac{١٠^{-١} \times ٢}{٢-١٠ \times ٢٠} - \frac{١٠^{-١} \times ٢}{٢-١٠ \times ١٠} \right) \times ٩ \times ١٠ \text{ فولت.}$$

(١٤) ليكن عدد المواسعات في هذه المجموعة ن، وعليه فإن: س توازي = س + س + ... + س = ن س، بينما س توازي = $\frac{س}{ن}$ وبما أن: س توازي = ١٠٠ س توازي \Leftrightarrow ن س = ١٠٠ $\frac{س}{ن}$ \Leftrightarrow ن = ١٠٠، ومنها: ن = ١٠٠ مواسعات.

$$(١٥) (أ) س = \frac{\sqrt{٣}}{ج} = \frac{٢-١٠ \times ٨٠}{١٦} = ٥ \text{ فاراد} = ٥ \text{ ميكروفاراد.}$$

$$(ب) س = \frac{٤ \text{ أ}}{ف} \leftarrow \frac{٤ \text{ أ}}{س} = \frac{٤-١٠ \times ١ \times ١٢-١٠ \times ٨,٨٥}{٢-١٠ \times ٥} = ١,٧٧ \times ١٠^{-١} \text{ م}$$

$$(ج) \sigma = \frac{\sqrt{٣}}{أ} = \frac{٢-١٠ \times ٨٠}{٤-١٠ \times ١} = ٠,٨ \text{ كولوم/م}^2$$

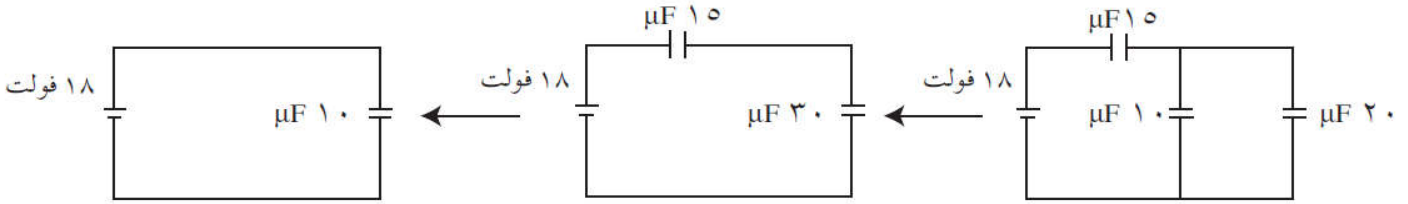
$$(د) م = \frac{\sigma}{٤} = \frac{٠,٨}{١٢-١٠ \times ٨,٨٥} = ٩,٠٤ \times ١٠^{-١} \text{ نيوتن / كولوم،}$$

$$\text{أو م} = \frac{ج}{ف} = \frac{١٦}{١٠^{-١} \times ١,٧٧} = ٩,٠٤ \times ١٠^{-١} \text{ فولت/م.}$$

$$(هـ) ط = \frac{١}{٢} \sqrt{٣} = \frac{١}{٢} \times ١٦ \times ٢-١٠ \times ٨٠ = ١٦ \times ٢-١٠ \times ٦,٤ = ٤-١٠ \text{ جول.}$$

$$(و) ط = \frac{١}{٢} س ج = \frac{١}{٢} \times ٥ \times ٢-١٠ \times ٥ \times (٤٢)^2 = ٤٤,١ = ٤-١٠ \text{ جول.}$$

(١٦)



$$\begin{aligned} \leftarrow \mathcal{V} = \text{س مكافئة} - \text{ج} = 18 \times 10^{-10} \times 10 = 18 \times 10^{-10} \times 10 = 18 \times 10^{-10} \text{ كولوم} = \mathcal{V} \mu F 30 \\ \leftarrow \mathcal{V} = \frac{18 \times 10^{-10} \times 18}{10^{-10} \times 30} = \frac{18 \times 18}{30} = 10.8 \text{ فولت} = \text{ج} \mu F 10 \\ \text{ط} \mu F 10 = \frac{1}{4} \text{ س ج} = \frac{1}{4} \times 10^{-10} \times 10 \times 10.8 = 2.7 \times 10^{-10} \text{ جول} \end{aligned}$$

(١٧) (أ) المواسعات الثلاثة موصولة على التوازي، لذا: س مكافئة = 4 + 7 + 17 = 10⁻¹⁰ فاراد.

(ب) بمأن: ج_{أب} = ج_{μF 4} = ج_{μF 7} = ج_{μF 17} = 48 فولت = س ج_{μF 4} = 48 × 10⁻¹⁰ × 4 = 1.92 ميكروكولوم،
س ج_{μF 7} = 48 × 10⁻¹⁰ × 7 = 3.36 ميكروكولوم، س ج_{μF 17} = 48 × 10⁻¹⁰ × 17 = 8.16 ميكروكولوم.

$$\begin{aligned} \text{ج} \frac{1}{4} \mathcal{V} = \text{ج} \frac{1}{4} \times 48 \times 10^{-10} \times 192 \times \frac{1}{4} = 48 \times 10^{-10} \times 460.8 \\ = 2.21184 \times 10^{-8} \text{ جول} \end{aligned}$$

$$(١٨) \text{ س } \mu F 4 = \text{س } \mu F 1 = \text{س } \mu F 5$$

عندما يكون المفتاح مفتوحاً $\mathcal{V} = \text{س} \mu F 1 = 20 \times 10^{-10} \times 4 = 80 \times 10^{-10}$ كولوم.

عند غلق المفتاح تتوزع هذه الشحنة على المواسع (س_١) وعلى المواسع (س_{٢٢} = 6μF) وهو المكافئ للمواسعين س_٢، س_٣ حتى يتساويان في الجهد. من قانون حفظ الشحنة:

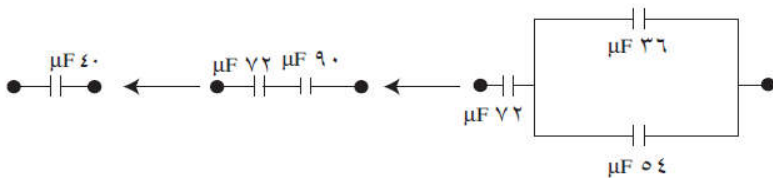
$$\mathcal{V} = \mathcal{V}_1 + \mathcal{V}_2$$

$$\mathcal{V} = \text{ج} \mu F 1 + \text{ج} \mu F 6$$

$$\text{ج} \mu F 1 = \frac{80 \times 10^{-10}}{1 + 6} = \frac{80 \times 10^{-10}}{7} = 11.43 \text{ فولت}$$

$$\mathcal{V}_1 = \text{ج} \mu F 1 = 11.43 \times 10^{-10} \times 1 = 11.43 \text{ كولوم}$$

$$\mathcal{V}_2 = \text{ج} \mu F 6 = 11.43 \times 10^{-10} \times 6 = 68.58 \text{ كولوم}$$



(١٩)

$$\leftarrow \text{ط} = \frac{1}{4} \text{ س ج} = \frac{1}{4} \times 10^{-10} \times 40 \times 10.0 = 1.0 \times 10^{-9} \text{ جول}$$