ملخص قوانين الفصل الأول: المجال الكهربائى

المصطلح	القانون	وحدة القياس	ملاحظات
تكميم الشحنة	$\text{ـــ}_{\text{المجسم}} = \text{ن} \times \text{ـــ}_{e}$	كولوم	شحنة الجسم = عدد الإلكترونات × شحنة الإلكترون
قانون كولوم	$\text{ق}_{\text{ك}} = \frac{\text{أ} \times \text{ـــ}_{1} \times \text{ـــ}_{2}}{\text{ف}^{2}}$	نيوتن	القوة الكهربائية كمية متجهة ، لذلك يجب أن نطبق قوانين محصلة القوى
المجال الكهربائي	$\overleftarrow{\text{مـ}} = \frac{\overleftarrow{\text{ق}_{\text{ك}}}}{\text{ـــ}_{.}}$	نيوتن / كولوم	المجال الكهربائي كمية متجهة $\text{مـ} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{\text{ـــ}}{\text{ف}^{2}}$
المجال الكهربائي المنتظم	$\text{مـ} = \frac{\sigma}{\varepsilon_{.}} = \frac{\text{ـــ}}{\rho\varepsilon}$	نيوتن / كولوم	يعتمد المجال الكهربائي على السماحية الكهربائية للوسط الفاصل بين الصفيحتين
الكثافة السطحية للشحنة	$\sigma = \frac{\text{ـــ}}{\rho}$	كولوم/ م^{٢}	مصدر المجال الكهربائي الشحنات الموزعة على سطحي الصفيحتين
التسارع	$\text{ت} = \frac{\text{مـ} \times \text{ـــ}}{\text{ك}}$	م/ ث^{٢}	حركة جسيم مشحون في مجال كهربائي منتظم ق محصلة = ك ت مـ ش = ك ت
المجال الكهربائي المنتظم	$\text{مـ} = \frac{\text{ك جـ}}{\text{ـــ}}$	نيوتن / كولوم	اتزان جسيم مشحون في مجال كهربائي منتظم الجسيم متزن، فإن: ق$_{ك}$ = و ⟸ مـ ـــ$_{.}$ = ك جـ
معادلات الحركة بتسارع ثابت	$\text{ع}_{٢} = \text{ع}_{١} + \text{ت ز}$ $\text{ع}_{٢}^{٢} = \text{ع}_{١}^{٢} + ٢\text{ت}\,\Delta\text{س}$ $\Delta\text{س} = \text{ع}_{١}\,\text{ز} + \frac{١}{٢}\,\text{ت ز}^{٢}$		يكون اتجاه التسارع باتجاه القوة الكهربائية حيث (ع$_{٢}$): السرعة النهائية للجسيم، (ع$_{١}$): السرعة الابتدائية للجسيم، (Δس): الإزاحة التي يقطعها الجسيم، (ز): الزمن اللازم للحركة.

- وحدة قياس الشحنة الكهربائية هي الكولوم،ومن أجزائها:

ملي كولوم	$١٠^{-٣}$
ميكرو كولوم	$١٠^{-٦}$
نانو كولوم	$١٠^{-٩}$
بيكو كولوم	$١٠^{-١٢}$

ثوابت:

شحنة الإلكترون = ($١.٦ \times ١.^{-١٩}$) كولوم

ε : السماحية الكهربائية للوسط الفاصل ، وهي للفراغ أو الهواء $\varepsilon_{.}$ ومقداره يساوي $٨.٨٥ \times ١.^{-١٢}$ كولوم^{٢}/ نيوتن . م^{٢}

ثابت كولوم (أ) = $٩ \times ١.^{٩}$ نيوتن . م^{٢}/ كولوم^{٢}

إعداد الأستاذ مصطفى دعمس

متى يعود تاريخ اكتشاف الكهرباء السكونية؟
إلى القرن السادس قبل الميلاد على يد الفيلسوف طاليس .

ما المقصود بالشحنة الكهربائية؟
عبارة عن عدد صحيح من الإلكترونات السالبة أو البروتونات الموجبة

علل: الذرة في الظروف العادية متعادلة كهربائيا.
لأن عدد البروتونات الموجبة يساوي عدد الإلكترونات السالبة.

ما المقصود بالشحنة الأساسية؟
هي شحنة الإلكترون السالبة ، وهي أصغر شحنة حرة في الطبيعة، وتساوي (١.٦ ×١٠$^{-١٩}$) كولوم.

كيف يصبح الجسم مشحونا بشحنة كهربائية (موجبة أو سالبة)؟
عندما **يفقد** الجسم عدداً صحيحاً من الإلكترونات يشحن بشحنة **موجبة**،وعندما **يكسب** الجسم عدداً صحيحاً من الإلكترونات يشحن بشحنة **سالبة**.

اذكر نص مبدأ تكميم الشحنة بالكلمات،وعبر عنه بالرموز.
" تكون شحنة أي جسم مساوية لشحنة الإلكترون أو مضاعفاتها".
وبالتالي : شحنة الجسم = عدد الإلكترونات × شحنة الإلكترون

$$ش_{جسم} = ن \times ش_{e}$$

مبدأ تكمية الشحنة:
شحنة أي جسم = مضاعفات صحيحة لشحنة الإلكترون أو البروتون

$ش_{جسم}$: شحنة الجسم وتقاس بالكولوم
ن: عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة (عدد صحيح)
$ش_{e}$: شحنة الإلكترون وتساوي (- ١.٦ ×١٠$^{-١٩}$) كولوم.

في تجربة مماثلة للتجربة التي أجراها العالم (مليكان)، حصل باحثٌ على القيم الآتية لشحناتٍ كهربائيةٍ تحملها قطرات الزيت: ٣٢ × ١٠$^{-١٥}$ كولوم، ٩ × ١٠$^{-١٩}$ كلولم، ١,٣ × ١٠$^{-١٧}$ كولوم، أي هذه النتائج مقبولة علمياً؟
الإجابة:
القيمة: ٣٢ × ١٠$^{-١٥}$ كولوم مقبولة لأنها من مضاعفات شحنة الإلكترون.
القيمة: ٩ × ١٠$^{-١٩}$ كولوم غير مقبولة لأنها أقل من شحنة الإلكترون.
القيمة: ١,٣ × ١٠$^{-١٧}$ كولوم غير مقبولة لأنها ليست من مضاعفات من شحنة الإلكترون.

ما عدد الإلكترونات التي يجب أن يفقدها جسم لتصبح شحنته +٨.٤×١٠$^{-١٧}$ كولوم ؟
الحل :
حتى تصبح شحنة الجسم +٨ , ٤ × ١٠$^{-١٧}$ كولوم يجب أن يخسر عدداً من الإلكترونات (ن) حسب مبدأ تكميم الشحنة

$$ش_{جسم} = ن \times ش_{e}$$

٨ , ٤ × ١٠$^{-١٧}$ = ن × ١.٦ ×١٠$^{-١٩}$ (لاحظ لم تعوض اشارة الشحنة السالبة)

$$ن = \frac{٤.٨ \times ١٠^{-١٧}}{١.٦ \times ١٠^{-١٩}}$$

ن= ٣٠٠

جسم متعادل انتقل إليه ٩١٠ إلكترون،
ما مقدار الشحنة التي اكتسبها؟

هل يمكن لجسم مشحون ان يحمل شحنة (-٣.٢×١٠$^{-١٩}$) كولوم؟ فسر اجابتك

ما المقصود بالشحنة النقطية؟

الشحنة الكهربائية التي يحملها الجسم كأنها تتركز في نقطة، عندما تكون أبعاد الأجسام شحونة صغيرة جدًّا بالنسبة للمسافات بينها.

ما أنواع القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنات الكهربائية ؟

١) **قوة تنافر**: إذا كانت الشحنتان من النوع نفسه (⊕ ← ⊕ ⊕ →)

٢) **قوة تجاذب**: إذا كانت الشحنتان مختلفتين في النوع (⊖ ← ⊕ ⊕ →)

تمكن العالم (كولوم)،من تحديد العوامل التي تعتمد عليها القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين.اذكرها ؟

١- مقدار كل من الشحنتين ($س_1$ ، $س_2$) : العلاقة طردية

٢- مربع البعد بينهما ($ف^2$) : العلاقة عكسية

٣- السماحية الكهربائية للوسط الفاصل (ε): العلاقة عكسية

ما العوامل التي يعتمد عليها ثابت كولوم (أ) ؟

١- نوع مادة الوسط الفاصل بين الشحنتين (سماحية الوسط) .

٢- وحدات القياس المستخدمة في القانون.

ما وحدة ومقدار ثابت كولوم إذا كانت السماحية الكهربائية للوسط الفاصل هي الفراغ أو الهواء ε.

الحل : يمكن التوصل لوحدة قيا س ثابت كولوم من قانون كولوم على النحو الآتي:

$$ق_ك = \frac{أ\ س_1 س_2}{ف^2} \Leftarrow [أ] = \frac{[ق][ف^2]}{[س_1][س_2]} = \frac{\text{نيوتن.م}^2}{\text{كولوم}^2}$$

في النظام الدولي للوحدات ، تقاس الشحنة بوحدة الكولوم ، والمسافة بوحدة المتر، والقوة بوحدة نيوتن ، وتكون وحدة المقدار الثابت هي: نيوتن . م^2 / كولوم^2 .

$$\frac{1}{\varepsilon\pi 4} = \frac{1}{(10\times 8.85\times \pi 4)^{-12}}$$ ،وبالتعويض نجد أن

الثابت$(أ) = ٩\times ١٠^{9}$ نيوتن . م^2 / كولوم^2 ،

ما صفات القوة الكهربائية التي توصل إليها العالم (كولوم).؟

كيف تمكن العالم فارادي من تفسير تأثير القوة الكهربائية ذات تأثير عن بعد ؟ (مفهوم المجال الكهربائي).

بدلالة تأثير القوة الكهربائية فسّر فارادي بافتراض مفهوم المجال الكهربائي للحيز المحيط بالشحنة الكهربائية يظهر فيها تأثير القوة الناتجة عن هذه الشحنة تسمى **المجال الكهربائي** . وأن هذه القوة تقل كلما زادت المسافة حتى تنعدم القوة .

اذكر نص قانون كولوم بالكلمات،وعبّر عنه بالرموز.

القوة المتبادلة بين شحنتين كهربائيتين تتناسب طردياً مع مقدار كلٍ منهما ، وعكسياً مع مربع المسافة بينهما. وبالرموز:

$$ق_ك = \frac{أ\ س_1 س_2}{ف^2}$$

حيث ق ك : القوة الكهربائية وتقاس بوحدة نيوتن ،

$س_1$:الشحنة الكهربائية الأولى وتقاس بالكولوم

$س_2$:الشحنة الكهربائية الثانية وتقاس بالكولوم

أ : ثابت كولوم ويساوي $\frac{1}{\varepsilon\pi 4}$

ε : السماحية الكهربائية للوسط الفاصل ، وهي للفراغ أو الهواء ε. ومقداره يساوي ٨.٨٥ x ١٠$^{-12}$ كولوم^2/ نيوتن . م^2

شحنتان نقطيتان، الأولى (+٢) نانو كولوم، والثانية (+٤) نانو كولوم، والمسافة الفاصلة بينهما (٥ سم).إذا وضعت شحنة ثالثة مقدارها (−٦) نانو كولوم على الخط الواصل بين الشحنتين، بحيث تبعد مسافة (٢ سم) عن الشحنة الأولى. احسب القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة الثالثة؟

الجواب:

ق ٣١ = ٢٧ × ١٠$^{-5}$ نيوتن،باتجاه اليمين.

ق ٣٢ = ٢٤ × ١٠$^{-5}$ نيوتن،باتجاه اليسار.

ق المحصلة = ق ٣١ - ق ٣٢ = ٣ × ١٠$^{-5}$ نيوتن،باتجاه اليمين.

ملحوظات مهمة عند حل الأسئلة الحسابية على قانون كولوم

١. اقرأ السؤال جيداً.

٢. ترجم السؤال إلى رسم ورموز وأرقام.

٣. عند تعويض المسافة (ف) في القانون لا تنسَ تحويل وحدتها إلى (متر).

٤. القوة الكهربائية كمية متجهة ، ولذلك يجب أن نطبق قوانين محصلة القوى.

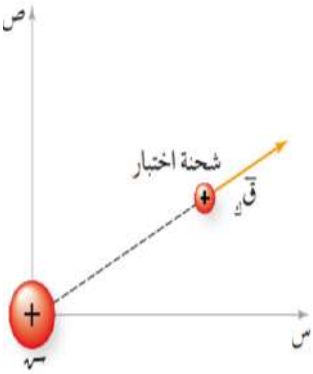
٥.عند تعويض قيّم الشحنات قم بتعويض قيمتها المطلقة أي من دون إشارات سالبة،وهذا على كل الكميات المتجهة ؛لأن إشارة الشحنة تدل على نوعها وليس على مقدارها، ولكنها تؤخذ بعين الاعتبار في تحديد الاتجاه.

٦. قم بحلّ أكبر قدر ممكن من الأسئلة وأعد حلّ السؤال نفسه أكثر من مرة على فترات متباعدة حتى تتمكن جيداً وتصبح أكثر دقة وسرعة في الحل.

.. أثرت شحنة مقدارها (– ٦ ميكرو كولوم) بقوة جذب مقدارها (٤٨٠ نيوتن)، في شحنة ثانية تبعد عنها مسافة (٣ سم)، ما مقدار الشحنة الثانية؟ وما نوعها؟ ($س_2$= ٨ × ١٠$^{-6}$ نيوتن،موجبة)

ما المقصود بشحنة الإختبار.وما أهميتها؟

شحنة نقطية موجبة (+١كولوم) صغيرة تستخدم في الكشف عن المجال الكهربائي،فإذا وضعت شحنة إختبارعند نقطة ضمن مجال كهربائي فإنها تتأثر بقوة كهربائية، ويكون اتجاه المجال في نفس اتجاه القوة المؤثرة عليها .

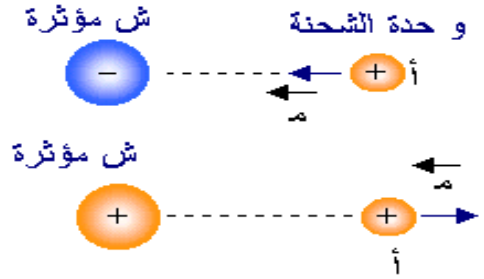


ما مصادر المجال الكهربائي؟

ينتج المجال الكهربائي عن الشحنات الكهربائية.

كيف يمكن تحديد اتجاه المجال الكهربائي؟

المجال الكهربائي كمية متجهة يحدد اتجاهه عند نقطة باتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة الاختبار الموجبة الموضوعة عند تلك النقطة . ويمكن تحديده من خلال المسار الذي تتبعه وحدة الشحنة كما هو موضح في الشكل .ومن المهم الانتباه :



١. أنها تتحرك بفعل التنافر بينها وبين الشحنة الموجبة على الكرة.
٢. أن مسارها هو الخط الهندسي الذي نقطة بدئه هي (أ) والذي يقع على الخط الواصل بين الشحنتين.
٣. يشير رمز السهم إلى اتجاه الحركة ، ولو بقيت شحنة الاختبار حرة لظلت تتحرك إلى مسافات كبيرة .
٤. اذا كانت النقطة المطلوب عندها حساب المجال مشحونة نهمل شحنتها ونعتبرها شحنة اختبارية صغيرة ؛لأن المجال الكهربائي لا يعتمد على مقدار شحنة الاختبار.
٥. يكون اتجاه المجال بنفس اتجاه القوة المؤثرة عليها ،ولكن إذا كانت الشحنة سالبة فإن القوة بعكس المجال .

المجال الكهربائي عند نقطة

يعرف بأنه القوة الكهربائية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة عند تلك النقطة. وبالرموز :

$$\overleftarrow{م} = \frac{\overleftarrow{ق_ك}}{ك}$$

لاحظ الأسهم التي تدل ان المجال الكهربائي والقوة الكهربائية كميتين متجهتين.ويمكن حساب المجال الكهربائي عند نقطة ما من العلاقة التالية:

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

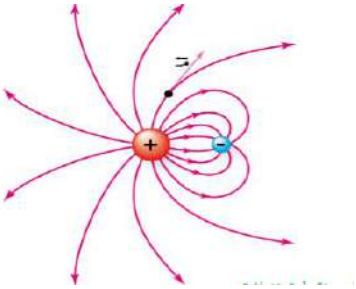
سؤال : ما وحدة قياس المجال الكهربائي ؟

يقاس المجال الكهربائي بوحدة (نيوتن / كولوم) .

خطوط المجال الكهربائي

خط المجال الكهربائي : المسار الذي تسلكه شحنة اختبار موجبة حرّة الحركة، عند وضعها في مجال كهربائي.

خصائص خطوط المجال الكهربائي:



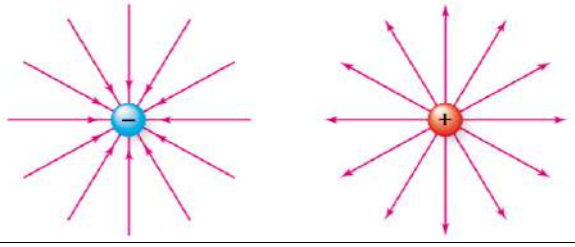
١. تتجه خطوط المجال الكهربائي **خارجه من الشحنة الموجبة**، وداخله في الشحنة السالبة.

٢.خطوط المجال الكهربائي **لا تتقاطع**.

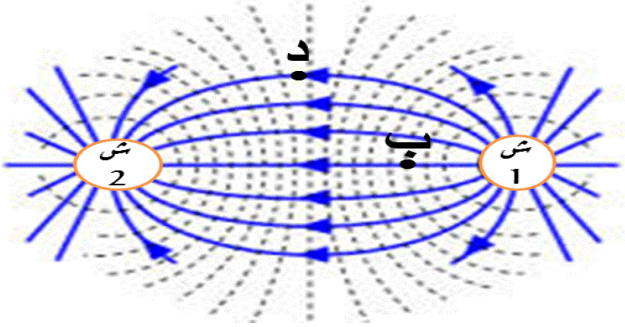
٣. تدل **كثافة خطوط المجال الكهربائي** في منطقة ما (عدد الخطوط التي تخترق وحدة المساحة عموديًّا) على **مقدار المجال الكهربائي**؛ حيث يكون مقدار المجال الكهربائي كبيرًا في المنطقة التي تتقارب فيها الخطوط، بينما يكون مقداره صغيرًا في المنطقة التي تتباعد فيها الخطوط.

٤. **يُحدَّد اتجاه المجال الكهربائي** عند نقطة ما **برسم مماس** لخط المجال الكهربائي عند تلك النقطة.

٥. تكون خطوط المجال متراصة وقريبة من الشحنة وتتباعد عن بعضها كلما ابتعدت عن الشحنة.



يبين الشكل خطوط المجال الكهربائي حول شحنتين نقطيتين،تأمل الشكل ثم اجب عما يلي:



أ- ما نوع كل من الشحنتين (ش١،ش٢)؟
ب- أي النقطيتين(ب،د) المجال الكهربائي أكثر مقداراً .ولماذا؟
ج- استنتج ثلاثة خصائص لخطوط المجال الكهربائي.

فسر لماذا لا تشكل خطوط المجال الكهربائي مسارات مغلقة.

إن خط المجال الكهربائي هو المسار الوهمي لحركة شحنة الاختبار، والمسار المغلق يتطلب عودة شحنة الاختبار نحو الشحنة الموجبة التي خرج منه خط المجال، ولا يمكن أن يحدث ذلك بسبب تنافر شحنة الاختبار الموجبة مع الشحنة الموجبة المولدة للمجال.

لماذا لا تتقاطع خطوط المجال الكهربائي ؟

لأنها لو تقاطعت يأخذ المجال في نقطة التقاطع أكثر من اتجاه وهذا مستحيل ،يخالف مفهوم الكمية المتجهة.

كيف يمكن الكشف عن أن خط المجال يتجه من الشحنة الموجبة إلى الشحنة السالبة.

عند وضع شحنة اختبار موجبة على خط المجال نجدها تتحرك مبتعدة عن الشحنة الموجبة ومقتربة من الشحنة السالبة، فاتجاه المجال هو اتجاه حركة شحنة الاختبار الموجبة.

مراجعة(١-١): صفحة ١٠

١- هل يمكن لجسم مشحون أن يحمل شحنة (٣ × ١٠$^{-١٩}$) كولوم؟ فسر جابتك.

٢- يعد الكولوم وحدة قياس كبيرة نسبياً من الناحية العملية. وضح ذلك عن طريق عدد الإلكترونات التي يفقدها جسم أ و يكسبها لتصبح شحنته (١) كولوم .

٣- بين كيف يمكن الإفادة من خطوط المجال الكهربائي في معرفة كل من:
أ- مقدار المجال الكهربائي في منطقة ما.
ب- اتجاه المجال الكهربائي عند نقطة.

٤- وضعت شحنة اختبار موجبة عند نقطة في مجال كهربائي فتأثرت بقوة باتجاه المحور سالب:
أ - ما اتجاه المجال عند تلك النقطة؟
ب- إ ذا وضع إلكترون بدلًا من شحنة الاختبار، فهل يتغير مقدار المجال الكهربائي أو اتجاهه عند تلك النقطة؟ فسر إجابتك.

الحل:

١: $ن = \frac{3 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.875$ (عدد غير صحيح، فإن هذه الشحنة ليست من مضاعفات شحنة الإلكترون وبالتالي لا يمكن أن نجد جسمًا شحنته ٣×١٠$^{-١٩}$

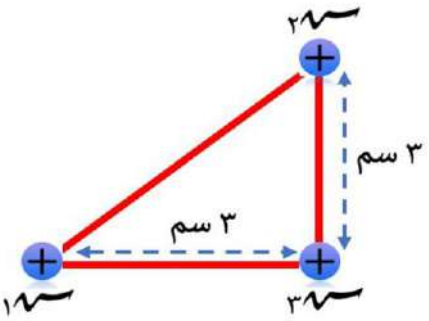
٢ : $\sum ش = ن \, e$
١= ن × ١.٦×١٠$^{-١٩}$
ن= ٠.٦٢٥ ×١٠^{١٩} إلكترون ، وهذا عدد كبير جدًا على الجسم أن يفقده أو يكسبه حتى تصبح شحنته (١) كولوم.

٣: أ) من كثافة الخطوط حيث يكون مقدار المجال كبيراً في المنطقة التي تتقارب فيها الخطوط حيث تكون كثافتها أكبر، بينما يكون مقداره صغيراً في المنطقة التي تتباعد فيها الخطوط حيث تكون كثافتها أقل.
ب) نحدد اتجاه المجال برسم مماس على خط المجال عند تلك النقطة.

٤: أ) بما أن شحنة الاختبار موجبة فإن اتجاه المجال يكون باتجاه القوة أي أن اتجاه المجال عند تلك النقطة يكون باتجاه محور الصادات السالب.
ب) مقدار المجال عند نقطة يعتمد على الشحنة مصدر المجال (المسببة للمجال) ولا يعتمد على مقدار الشحنة الموضوعة عند النقطة، اتجاه المجال يحدد باتجاه القوة.

تدريب: أثبت صحة العلاقة $مـ = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{\sum ش}{ف^{٢}}$

سؤال:
وضعت ثلاث شحنات نقطية على رؤوس مثلث قائم الزاوية، كما هو موضّح في الشكل. احسب القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة $\sum ش_{٣}$ إذا علمت أن: $\sum ش_{١}$ = ٢ ميكرو كولوم، $\sum ش_{٢}$ = ١.٥ ميكرو كولوم، $\sum ش_{٣}$ = ٢ ميكرو كولوم.



الجواب:
ق محصلة = $\sqrt{(ق_{٣١})^{٢} + (ق_{٣٢})^{٢}} = \sqrt{(٤٠)^{٢} + (٣٠)^{٢}}$
ق محصلة = ٥٠ نيوتن

ما العوامل التي يعتمد عليها المجال الكهربائي عند نقطة تقع في مجال تلك الشحنة؟

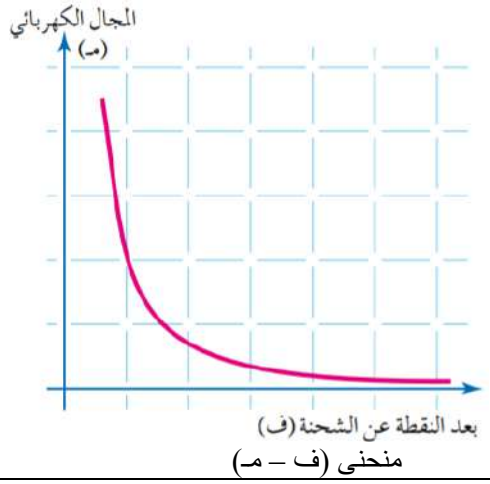
يبين الشكل نقطة تقع في المجال الكهربائي لشحنة نقطية (ش) على بعد (ف) منها، فإذا وضعت شحنة نقطية (ش.) عند تلك النقطة فإن المجال الكهربائي يؤثر فيها بقوة كهربائية (ق ك) وبما أن الشحنة الكهربائية المولدة للمجال الكهربائي نقطية، وكذلك الشحنة الكهربائية المتأثرة (ش.) فإنه طبقًا لقانون كولوم؛ تكون القوة الكهربائية المؤثرة في (ش.) ف^{٢}

$$ق_ك = \frac{أ\ ش\ ش.}{ف^{٢}}$$

$$\overleftarrow{م} = \frac{أ\ ش}{ف^{٢}}$$ ،وباختصار (ش.) فإن:

$$\overleftarrow{م} = \frac{أ\ ش}{ف^{٢}}$$

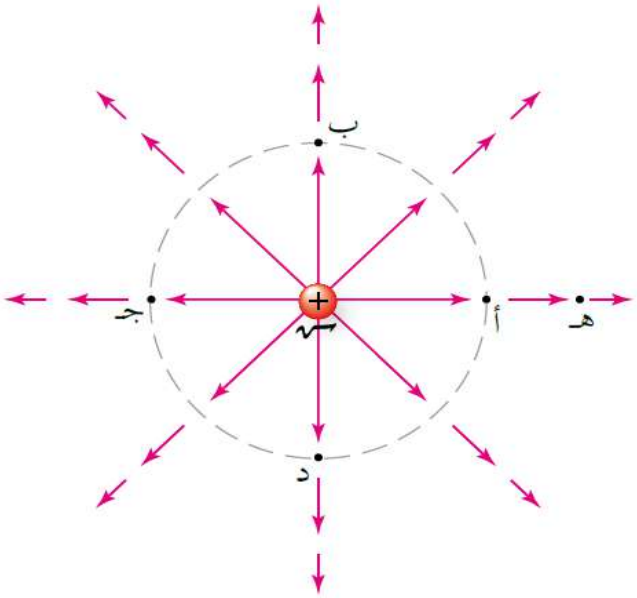
تبين العلاقة الأخيرة أن مقدار المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية عند نُقطة في الهواء يتناسب طردياً مع مقدار الشحنة الكهربائية المولدة للمجال الكهربائي (المصدر)، و عكسياً مع مربع المسافة بين الشحنة الكهربائية والنقطة المراد حساب المجال عندها. ويبين الشكل التمثيل البياني للعلاقة بين المجال الكهربائي الناشئ عند نُقطة وبعد هذه النقطة عن الشحنة.



منحنى (ف – م)

المجال الكهربائي غير منتظم

يعد المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية مجالًا غير منتظم أي أنه غير ثابت في المقدار والاتجاه. ففي الشكل يكون مقدار المجال الكهربائي عند النقاط (أ،ب،جـ،د) متساوياً؛ لأن لهذه النقاط البعد نفسه عن الشحنة النقطية (ش) ، إلا أن اتجاه المجال الكهربائي عند كل منها مختلف، وكذلك فإن مقدار المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) أقل من مقداره عند النقطة (أ) بالرغم من أن للمجال الكهربائي الاتجاه نفسه عند هاتين النقطتين.



المجال الكهربائي لشحنة نقطية موجبة

كيف نحسب المجال الكهربائي عند نقطة ؟

الجواب : نفرض وجود شحنة اختبار صغيرة موجبة في تلك النقطة .

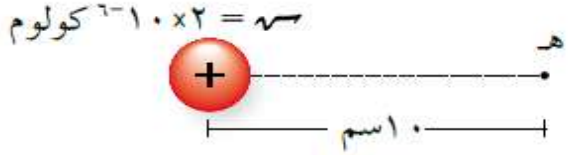
ماذا نعني بقولنا أن المجال الكهربائي عند نقطة يساوي(٧.٥) نيوتن / كولوم ؟

الحل :أي أن كل كولوم عند تلك النقطة يتأثر بقوة كهربائية مقدارها (٧.٥) نيوتن

ما الفرق بين الشحنة الكهربائية المولدة (المسببة) للمجال الكهربائي والشحنة الكهربائية المتأثرة (الموضوعة ش.)

ما نوع المجال الكهربائي الناشئ عن شحنات نقطية؟

مثال (١-١): يبين الشكل شحنة نقطية مقدارها ٢ × ١٠$^{-٦}$ كولوم، وضعت في الهواء، اذا كانت (هـ) نقطة تقع في مجال الشحنة الكهربائية وعلى بعد (١٠) سم منها فجد عند النقطة (هـ) :



١- المجال الكهربائي مقداراً واتجاهاً.

٢- القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة مقدارها(٩- × ١٠$^{-٩}$) كولوم توضع عند هذه النقطة مقداراً واتجاهاً.

الحل:

١- نحسب مقدار المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) من العلاقة:

$$مـ_{١} = \frac{أ\ سـ}{ف^{٢}} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٢ \times ١٠^{-٦}}{(١٠ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$$

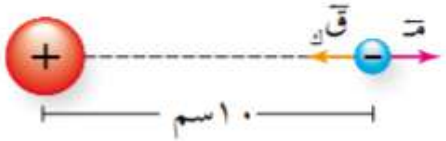
مـ = ١٨ × ١٠^{٤} نيوتن/ كولوم .

ونحدد اتجاه المجال الكهربائي باتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة اختبار موجبة نفترض وجودها عند النقطة (هـ)، فيكون اتجاه المجال الكهربائي باتجاه المحور السيني الموجب.

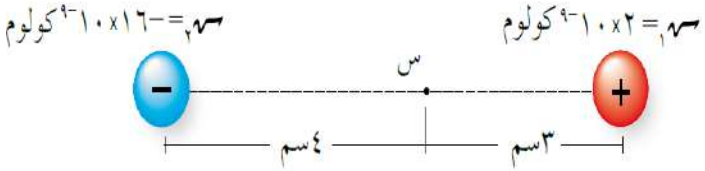
٢- يحسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة توضع عند النقطة (هـ) من العلاقة: **ق$_{ك}$ = مـ سـ**

=١٨ × ١٠^{٥} × ٢ × ١٠$^{-٩}$ = ٣٦ × ١٠$^{-٩}$ نيوتن.

لاحظ ان مقدار الشحنة الكهربائية يعوض من غير الإشارة ، وإذا كانت الشحنة المتأثرة سالبة،فإن اتجاه القوة الكهربائية يكون بعكس المجال الكهربائي؛ أي باتجاه المحور السيني السالب



(١-٢): يبين الشكل شحنتين نقطيتين موضعتين في الهواء، بالاعتماد على البيانات المثبتة في الشكل، جد :



١- المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (س) مقداراً واتجاهاً.

٢- القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة مقدارها(٢) بيكو كولوم توضع عند النقطة (س) مقداراً واتجاهاً.

الحل:

١- نحسب مقدار المجالين الكهربائيين (مـ ١، مـ ٢)عند النقطة(س) الناشئتين عن الشحنتين (سـ$_{١}$،سـ$_{٢}$) على الترتيب من العلاقة :

$$مـ_{١} = \frac{أ\ سـ_{١}}{ف_{١}^{٢}} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٢ \times ١٠^{-٩}}{(٣ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$$

=٢ × ١٠^{٤} نيوتن ، / كولومباتجاه المحورالسيني السالب

$$مـ_{٢} = \frac{أ\ سـ_{٢}}{ف_{٢}^{٢}} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{١٦ \times ١٠^{-٩}}{(٤ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$$

= ٩ × ١٠^{٤} نيوتن/ كولوم ، باتجاه المحورالسيني السالب

بما ان المجالين الكهربائيين (مـ$_{١}$،مـ$_{٢}$) بالاتجاه نفسه كما في الشكل فان المجال الكهربائي المحصل يساوي حاصل جمعهما:

مـ = مـ$_{١}$ + مـ$_{٢}$ = ١١ × ١٠^{٤} نيوتن/كولوم باتجاه السيني الموجب

٢- تتأثر الشحنة الكهربائية (٢) بيكوكولوم الموضوعة عند النقطة (س) في المجال الكهربائي المحصل (مـ)، بقوة كهربائية محصلة

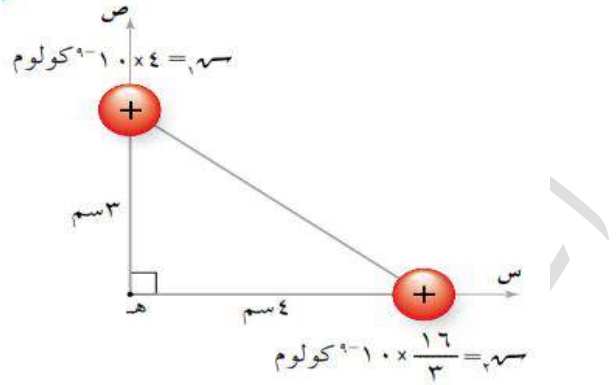
تحسب من العلاقة: **ق$_{ك}$ = مـ سـ**.

=١١ × ١٠^{٤} × ٢ × ١٠$^{-١٢}$

= ٢٢ × ١٠$^{-٨}$ نيوتن.

ويكون اتجاه القوة الكهربائية مع اتجاه المجال الكهربائي المحصل؛ أي باتجاه المحور السيني السالب ؛ لأن الشحنة الكهربائية المتأثرة موجبة.

(١-٣): شحنتان نقطيتان موضعتان في الهواء، كما يبين الشكل. جد المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (هـ) مقداراً واتجاهاً.



الحل: $\overleftarrow{م_1} = \frac{أ\ س_1}{ف_1^2} = \frac{9\times10^{9}\times4\times10^{-9}}{(4\times10^{-2})^2}$

$\overleftarrow{م_1} = 4\times10^{4}$ نيوتن/ كولوم ، باتجاه المحور السيني الموجب

$\overleftarrow{م_2} = \frac{أ\ س_2}{ف_2^2} = \frac{9\times10^{9}\times\frac{16}{3}\times10^{-9}}{(4\times10^{-2})^2}$

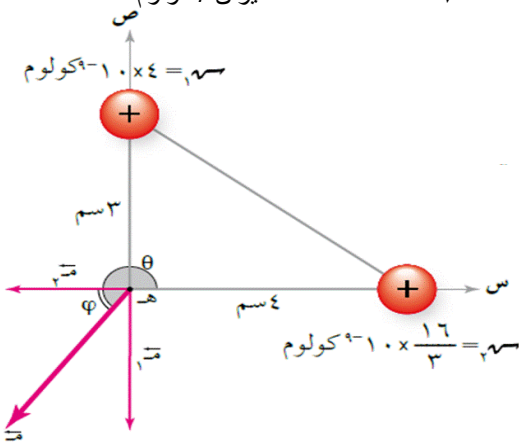
$\overleftarrow{م_2} = 3\times10^{4}$ نيوتن/ كولوم ، باتجاه المحور السيني السالب

وبما أن المجالين الكهربائيين($\overleftarrow{م_1}$ ، $\overleftarrow{م_2}$) متعامدان كما في الشكل التالي،فأن المجال الكهربائي المحصل يحسب من قاعدة فيثاغورس

$م_هـ = \sqrt{(م_1)^2+(م_2)^2}$

$= \sqrt{(4\times10^{4})^2+(3\times10^{4})^2}$

$= \sqrt{25} \times 10^{4} = 5\times10^{4}$ نيوتن / كولوم



ويبين الشكل السابق أن المجال الكهربائي المحصل يصنع زاوية (φ) مع المحور السيني السالب،حيث ظا $\varphi = \frac{م_1}{م_2} = \frac{4}{3}$ ،، فتكون $\varphi = 53^\circ$

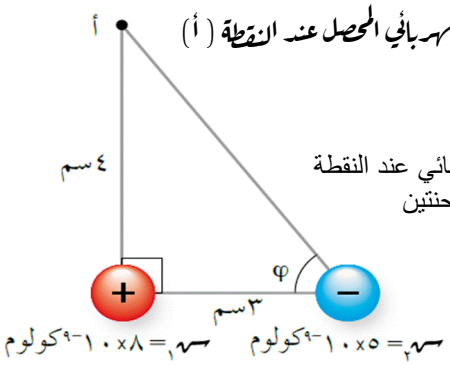
ويحدد اتجاه المجال الكهربائي المحصل بالزاوية المح صورة بين المحور السيني الموجب والمجال الكهربائي المحصل (θ)؛بعكس دوران عقارب الساعة،وعليه تكون:

$\theta = (180 + 53) = 233^\circ$

$\overleftarrow{م_1} = 4\times10^{4}$ نيوتن/ كولوم، 233°

مثال (١-٤): شحنتان نقطيتان موضوعتان في الهواء، كما هو مبين في الشكل.

ادرس الشكل ثم جد المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (أ) مقداراً واتجاهًا.



الحل:

نحسب مقدار المجال الكهربائي عند النقطة (أ) الناشئ عن كل من الشحنتين باستخدام العلاقة:

$\overleftarrow{م} = \frac{أ\ س}{ف^2}$

$م_1 = 9\times10^{9} \times \frac{8\times10^{-9}}{16\times10^{-4}} = 4.5\times10^{4}$ نيوتن/ كولوم

باتجاه المحور الصادي الموجب

$م_2 = 9\times10^{9} \times \frac{5\times10^{-9}}{25\times10^{-4}} = 1.8\times10^{4}$ نيوتن/ كولوم

باتجاه يصنع زاوية (φ) مع المحور السيني الموجب ، ولإيجاد محصلة المجالين الكهربائيين، نحلل ($م_2$) إلى مركبتين، لاحظ الشكل:

$م_{2س} = م_2 \text{ جتا}\varphi = 1.8\times10^{4} \times \frac{3}{5} = 1.08\times10^{4}$ نيوتن/كولوم

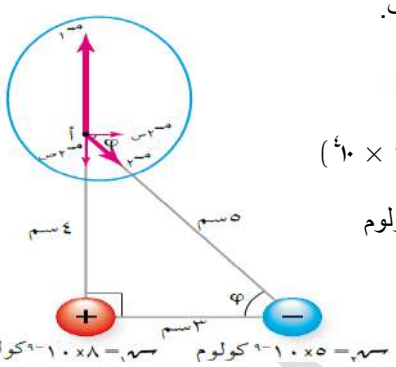
$م_{2ص} = م_2 \text{ جا}\varphi = 1.8\times10^{4} \times \frac{4}{5}$

$م_{2ص} = 1.44\times10^{4}$ نيوتن/ كولوم

نجد مجموع المركبات السينية:

$م_س = 1.8\times10^{4} \approx 1\times10^{4}$ نيوتن / كولوم

باتجاه المحور السيني الموجب.



نجد مجموع المركبات الصادية:

$م_ص = م_1 - م_{2ص}$

$= (4.5\times10^{4}) - (1.44\times10^{4})$

$م_ص = 3.06\times10^{4}$

$\approx 3\times10^{4}$ نيوتن / كولوم

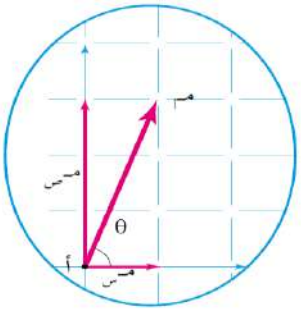
باتجاه (+ ص)

ولإيجاد المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (أ):

$م_أ = \sqrt{(1\times10^{4})^2+(3\times10^{4})^2} = \sqrt{10}\times10^{4}$ نيوتن / كولوم

باتجاه يصنع زاوية (θ) مع المحور السيني الموجب كما هو مبين في الشكل. حيث:

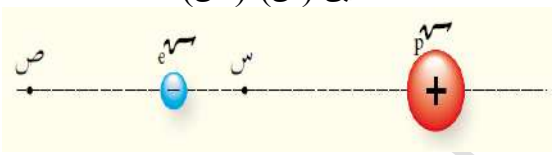
ظا $\theta = \frac{م_ص}{م_س} = \frac{3}{1}$ ، $\theta = 72^\circ$



$م_أ = \sqrt{10}\times10^{4}$ نيوتن / كولوم

مراجعة(١-٢): صفحة ١

١- يبين الشكل إلكترونًا وبروتونًا موضوعين على المحور السيني. حدد اتجاه المجال الكهربائي المحصل عند النقطتين (س)،(ص).



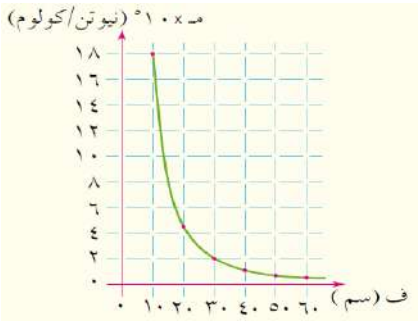
الحل:

٢- يبين الشكل المنحنى العلاقة بين المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية والبعد عنها. معتمدًا على الشكل جد مقدار كل مما يأتي:

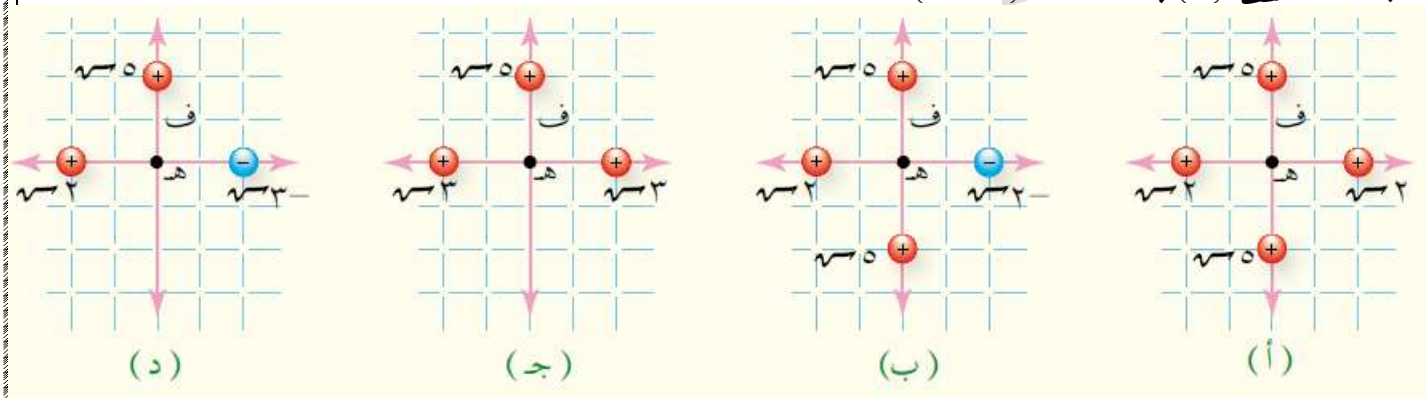
أ- المجال الكهربائي عند نقطة تبعد عن الشحنة (٣٠) سم.

ب- القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة (١×١٠^{-٩}) كولوم توضع عند نقطة تبعد (٢٠) سم عن الشحنة.

ج- الشحنة الكهربائية المولدة للمجال.



٣- يبين الشكل توزيعات مختلفة من الشحنات النقطية إذا كان (ف) يمثل بعد كل شحنة عن النقطة (هـ)، فجد المجال الكهربائي المحصل مقدارًا واتجاهًا عند النقطة (هـ) بدلالة كل من (س، ف).



٢- أ) من الشكل مقدار المجال الكهربائي عند نقطة تبعد عن الشحنة ٣٠ سم يساوي ٢×١٠^{٥} نيوتن / كولوم

ب) من الشكل مـ = ٤.٥×١٠^{٥} نيوتن / كولوم

بتطبيق العلاقة ق = مـ ش = ٤.٥×١٠^{-٤} *نيوتن*

جـ) نختار بعداً معيناً من الشكل ونستخرج مقدار المجال عنده مثل البعد ٣٠ سم يكون مـ = ٢×١٠^{٥} نيوتن / كولوم

$$مـ_{١} = \frac{أ\ س_{١}}{ف_{١}^{٢}} \Longleftarrow ٢ \times ١٠^{٥} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{س}{٣٠ \times ١٠^{-٤}}$$

$$س = \frac{٢ \times ١٠^{٥} \times ٣٠ \times ١٠^{-٤}}{٩ \times ١٠^{٩}} = ٢ \times ١٠^{-٦} = \text{كولوم}$$

٣- (أ) مـ المحصلة = صفر

(ب) مـ المحصلة = مـ$_{١}$ + مـ$_{٢}$ ،

$$مـ = أ(\frac{٢ \times س_{٢}}{ف_{٢}} + \frac{٢ \times س_{٢}}{ف_{٢}}) = \frac{٤ \times أ\ س_{٢}}{ف_{٢}}$$ باتجاه محور السينات الموجب

(جـ) مـ المحصلة = $\frac{٥ \times أ\ س_{٢}}{ف_{٢}}$ باتجاه محور الصادات السالب

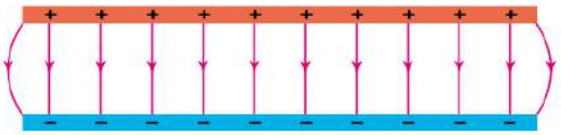
(د) مـ$_{١}$ = $\frac{٣ \times أ\ س_{٢}}{ف_{٢}}$ محور السينات الموجب ، مـ$_{٢}$ = $\frac{٢ \times أ\ س_{٢}}{ف_{٢}}$ محور السينات الموجب ، مـ$_{٣}$ = $\frac{٥ \times أ\ س_{٢}}{ف_{٢}}$ محور الصادات السالب

$$مـ\ محصلة = \sqrt{(\frac{٥ \times أ\ س_{٢}}{ف_{٢}})^{٢} + (\frac{٥ \times أ\ س_{٢}}{ف_{٢}})^{٢}}$$

$\theta = ٤٥^{\circ}$

كيف يمكن الحصول على مجال كهربائي منتظم؟

عند شحن صفيحتين موصلتين متوازيتين إحداهما بشحنة سالبة والأخرى بشحنة موجبة كما يبين الشكل



فإن الشحنة تتوزع على سطحيهما بانتظام، وينشأ **مجال كهربائي منتظم ثابت مقدارًا واتجاهًا عند النقاط جميعها** في الحيز بين الصفيحتين وبعيدًا عن الأطراف. ويمثَّل المجال الكهربائي المنتظم بخطوط مستقيمة متوازية والبعد بينها متساوٍ ، اتجاهها يمثل اتجاه المجال الكهربائي، وكثافتها تعبِّر عن مقداره.

لاحظ أن مصدر المجال الكهربائي في هذه الحالة الشحنات الموزعة على سطحي الصفيحتين.

الكثافة السطحية للشحنة (σ)

١- تعرف بإنها كمية الشحنة الكهربائية لكل وحدة مساحة. ويرمز لها بالرمز σ .

$$(\sigma = \frac{\text{مـ}}{\text{م}^2})$$

٢- تقاس بوحدة (كولوم/ م ٢).

٣- تعتمد على عاملين:

١- مقدار الشحنة على إحدى الصفيحتين،

٢- مساحة الصفيحة.

العلاقة الريا ضية للمجال الكهربائي المنتظم

فإذا كانت الكثافة السطحية للشحنة على الصفيحتين متساوية، وكان الوسط بين الصفيحتين هواءً أو فراغًا فإن المجال الكهربائي المنتظم يعطى بالعلاقة الريا ضية الآتية:

$$\text{مـ} = \frac{\sigma}{\varepsilon_.}$$

العوامل المؤثرة للمجال الكهربائي المنتظم

من العلاقة السابقة نستنتج، أن مقدار المجال الكهربائي المنتظم يعتمدعلى :

١- مقدار الشحنة على إحدى الصفيحتين،

٢- مساحة الصفيحة.

٣- الكثافة السطحية للشحنة (طرديًّا)

٤- السماحية الكهربائية للوسط الفاصل بين الصفيحتين

حركة جسيم مشحون في مجال كهربائي منتظم

عندما يو ضع جسيم مشحون كتلته (ك) في مجال كهربائي منتظم فإنه يتأثر بقوة كهربائية ثابتة مقدارًا واتجاهًا. فإذا تحرك الجسيم تحت تأثير هذه القوة فإنه سيكتسب تسارعًا (ت) ثابتًا مقدارًا واتجاهًا، وفقًا للقانون الثاني لنيوتن. لذلك فإن القوة الكهربائية تمثل ق المحصلة ، أي أن:

ق محصلة = ك ت

ق ك = ك ت

مـ = ك ت

وبذلك فإن التسارع : $\text{ت} = \frac{\text{مـ}}{\text{ك}}$

استنتج من العلاقة السابقة العوامل التي يعتمد عليها التسارع؟

١-

٢-

٣-

يكون اتجاه التسارع باتجاه القوة الكهربائية. ونحدد اتجاه تسارع الجسيم بناءً على نوع شحنته:

(+):اتجاه التسارع بنفس اتجاه المجال الكهربائي

(-):اتجاه التسارع بعكس اتجاه المجال الكهربائي

علل: لماذا يتم اهمال وزن الجسيمات الذرية (البروتونات والإلكترونات) أثناء حركة الجسيم.

لأن وزنها صغير جداً فيصبح مهملاً مقارنة بالقوة الكهربائية المؤثرة فيها.

معادلات الحركة بتسارع ثابت:

بما أن التسارع ثابت فإن حركة الجسيم يمكن وصفها باستخدام معادلات الحركة بتسارع ثابت:

$$ع_٢ = ع_١ + \text{ت ز}$$

$$ع_٢^٢ = ع_١^٢ + ٢\text{ت}\Delta\text{س}$$

$$\Delta\text{س} = ع_١ \text{ ز} + \frac{١}{٢}\text{ت ز}^٢$$

حيث (ع٢): السرعة النهائية للجسيم،

(ع١): السرعة الابتدائية للجسيم ،

(Δس): الإزاحة التي يقطعها الجسيم،

(ز): الزمن اللازم للحركة.

عند التعويض في معادلات الحركة السابقة :

(ت +): ع٢ > ع١

(ت -): ع٢ < ع١

مثال(١- ٥): صفيحتان موصلتان متوازيتان مساحة كل منهما (١ × ١٠$^{-٢}$)م^{٢} ، شحنت إحداهما بشحنة موجبة والأخرى بشحنة سالبة،وكانت الشحنة الكهربائية على كل صفيحة (١,٧٧ × ١٠$^{-٩}$) كولوم. اذا علمت أن (ε_o = ٨.٨٥ x ١٠$^{-١٢}$) كولوم^{٢}/ نيوتن. م^{٢} . فاحسب مقدار:

١- المجال الكهربائي في الحيز بين الصفيحتين.

٢- القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة (١ x ١٠$^{-٩}$) كولوم توضع في الحيز بين الصفيحتين.

٣- المجال الكهربائي عندما تصبح الشحنة الكهربائية ضعفي ما كانت عليه على كل من الصفيحتين، مع بقاء مساحة كل من الصفيحتين ثابتة.

الحل:

١) نحسب الكثافة السطحية للشحنة بتطبيق العلاقة $\sigma = \frac{ش}{م}$

$\sigma = \frac{ش}{م} = \frac{١٠^{-٩} \times ١.٧٧}{١٠^{-٢} \times ١} \Longleftarrow \sigma = ١.٧٧ \times ١٠^{-٧}$ كولوم/م^{٢}

نحسب المجال الكهربائي بتطبيق العلاقة: $مـ = \frac{\sigma}{\varepsilon_o}$

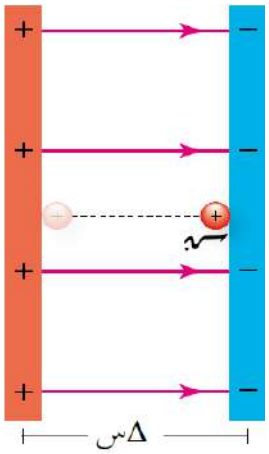
$مـ = \frac{١٠^{-٧} \times ١.٧٧}{١٠^{-١٢} \times ٨.٨٥} \Longleftarrow مـ = ٢ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/ كولوم

٢- نحسب القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة الكهربائية بتطبيق العلاقة: $ق_ك = مـ \, ش$

= ٢ × ١٠^{٤} × ١ × ١٠$^{-٩}$ = ٢ × ١٠$^{-٥}$ نيوتن

عندما تصبح الشحنة الكهربائية ضعفي ما كانت عليه مع بقاء مساحة الصفيحتين ثابتة تصبح (σ) ضعفي قيمتها، وبما أن المجال الكهربائي(مـ) يتناسب طرديًا مع كثافة الشحنة السطحية (σ) ح فإن المجال الكهربائي يصبح ضعفي ما كان عليه أي أن (مـ =٤ × ١٠^{٤}) نيوتن/ كولوم.

مثال (١- ٦): تحرك بروتون من السكون في مجال كهربائي منتظم مقداره (٥٠١) نيوتن/ كولوم من نقطة عند الصفيحة الموجبة إلى نقطة عند الصفيحة السالبة، كما يبين الشكل،وأصبحت سرعة البروتون ١,٢ × ١٠^{٥} م/ث بعد قطعه إزاحة Δ س، إذا علمت أن كتلة البروتون ١,٧ × ١٠$^{-٢٧}$ م/ث،وشحنته ١,٦ × ١٠$^{-١٩}$ كولوم ،فاحسب:



١- تسارع البروتون.

٢- الزمن الذي يحتاجه البروتون لكي يصل إلى الصفيحة السالبة.

٣- الإزاحة التي قطعها.

الحل:

١- يحسب التسارع من العلاقة:

$ت = \frac{ش}{ك}$

$= \frac{١٠^{-١٩} \times ١.٦ \times ٥٠١}{١٠^{-٢٧} \times ١.٦٧}$

= ٤.٨ × ١٠^{١٠} م/ ث^{٢} ،باتجاه المحور السيني الموجب

٢- يحسب الزمن من العلاقة: ع = ع$_{ا}$ + ت ز

١.٢ × ١٠^{٥} = ٠ + ٤.٨ × ١٠^{١٠} ز^{٢}

ز= ٢.٥ × ١٠$^{-٦}$ ث

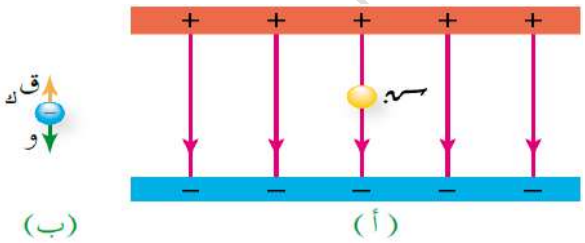
٢- يحسب الازاحة من العلاقة:

$Δس = ع_{ا} ز + \frac{١}{٢} ت ز^{٢}$

$= ٠ + \frac{١}{٢} \times ٤.٨ \times ١٠^{١٠} \times (٢.٥ \times ١٠^{-٦})^{٢}$

Δ س = ١٥ × ١٠$^{-٦}$م، باتجاه المحور السيني الموجب

مثال (١- ٧): يبين الشكل مجالًا كهربائيًا منتظمًا اتجاهه نحو المحور الصادي السالب، وضع فيه جسيم شحنته (٣) نانوكولوم و(كتلته ٣×١٠$^{-٥}$) كغ، إذا علمت أن تسارع الجاذبية الأرضية (جـ = ١٠ م/ث)، فأجب عما يأتي:



١- ما نوع شحنة الجسيم؟

٢- احسب مقدار المجال الكهربائي في الحيز بين الصفيحتين.

٣- إذا استخدمنا صفيحتين لهما نصف المساحة، فكيف نُغير الشحنة الكهربائية على الصفيحتين لكي يبقى الجسيم متزنًا؟

الحل :

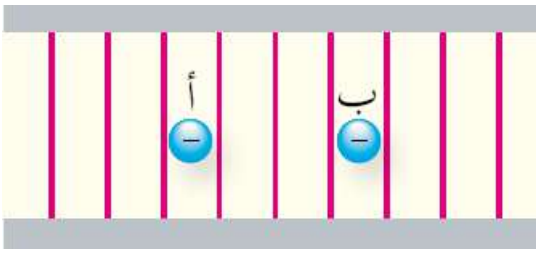
١- بما أن الجسيم متزن، واتجاه الوزن نحو المحور الصادي السالب، فإن اتجاه القوة الكهربائية يجب أن يكون نحو المحور الصادي الموجب. انظر الشكل (ب)،وبما أن اتجاه القوة الكهربائية بعكس اتجاه المجال الكهربائي فإن شحنة الجسيم سالبة.

٢- بما أن الجسيم متزن، فإن: $ق_ك = و \Longleftarrow مـ \, ش = ك \, جـ$

$مـ = \frac{ك \, جـ}{ش} = \frac{١٠^{-٥} \times ١٠ \times ٣}{١٠^{-٩} \times ٣} = ١ \times ١٠^{٥}$ نيوتن/ كولوم.

٣- لبقاء الجسيم متزنًا يجب الحفاظ على المجال الكهربائي مقدارًا واتجاهًا مـ = $\frac{\sigma}{\varepsilon_o}$ ، وبما أن ($\sigma = \frac{ش}{م}$) فإنه عندما تقل مساحة الصفيحتين إلى النصف يجب أن تقل الشحنة الكهربائية إلى النصف لكي تبقى (σ) ثابتة.

مراجعة (١-٣):ص٢٤



١- اتزن جسيم (أ) شحنته (- ش) وكتلته (ك) في مجال كهربائي منتظم كما الشكل، ادرس الشكل ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

أ- حدد نوع الشحنة الكهربائية على الصفيحتين.

ب- إذا أُدخل جسيم (ب) شحنته(- ش) وكتلته (ك) في المجال الكهربائي نفسه ، فهل يتزن؟ فسر إجابتك.

ج- إذا زادت الشحنة الكهربائية على الصفيحتين فهل يبقى الجسيم (أ) محافظًا على اتزانه؟ فسر ذلك.

١) بما أن الجسيم (أ) متزن:

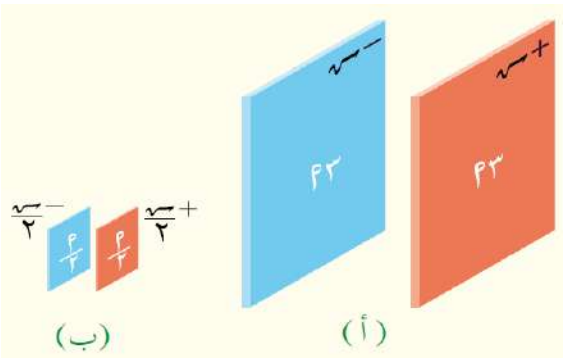
أ- بما أن اتجاه الوزن نحو الصادات السالب فإن اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في الجسيم (أ) يكون نحو الصادات الموجب، وبما أن شحنة الجسيم سالبة فإن القوة الكهربائية المؤثرة فيه تكون بعكس اتجاه المجال وعليه يكون اتجاه المجال نحو الصادات السالب، فتكون الصفيحة العلوية موجبة الشحنة والصفيحة السفلية سالبة الشحنة.

ب- الجسيم(ب) كتلته (٢ك)، سيكون وزنه ضعفي وزن الجسيم (أ) ويتأثر الجسيم (ب) بالقوة الكهربائية نفسها المؤثرة في الجسيم (أ) لأن شحنتهما متساوية (قك= م س.) وعليه يكون (وب > قك) لذلك لن يتزن.

جـ) زيادة الشحنة على الصفيحتين تعني زيادة المجال الكهربائي مـ = $\frac{\text{س}}{\varepsilon_{\text{أ}}}$

، وبما أن(قك= مـ س) فإن القوة الكهربائية المؤثرة في الجسيم (أ) تزداد وتصبح أكبر من وزنه فيصبح الجسيم (أ) غير متزن

٢- معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل حدد في أي الحالتين يكون مقدار المجال الكهربائي في الحيز بين الصفيحتين أكبر؟

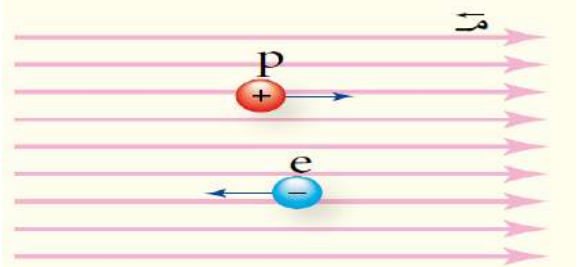


٢- مـ = $\frac{\sigma}{\varepsilon_{\text{.}}}$ = $\frac{\text{س}}{\text{ف}.\varepsilon_{\text{.}}}$

مـ(أ) = $\frac{\text{س}}{\text{ف}_{٣}.\varepsilon_{\text{.}}}$ = $\frac{\text{س}}{\text{ف}.\varepsilon_{\text{.}}} \frac{١}{٣}$

مـ (ب) = $\frac{\frac{\text{س}}{٢}}{\frac{\text{ف}}{٢}.\varepsilon_{\text{أ}}}$ = $\frac{\text{س}}{\text{ف}\,\varepsilon_{\text{.}}}$ ، في الحالة (ب) يكون المجال الكهربائي أكبر من المجال في الحالة (أ).

٣- يبين الشكل التالي مجالًا كهربائيًّا منتظمًا يتحرك فيه ، إلكترون وبروتون إذا كانت كتلة الإلكترون تعادل $\frac{١}{١٨٤٠}$ من كتلة البروتون تقريبًا،فأجب عن الأسئلة التالية:



أ- أيهما أكبر مقدارًا القوة الكهربائية المؤثرة في البروتون المؤثرة في الإلكترون؟

ب- أيهما أكبر مقدارًا تسارع البروتون أم تسارع الإلكترون؟ فسرإجابتك.

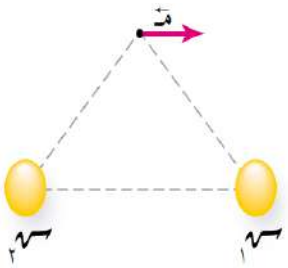
الحل أ) تعتمد القوة الكهربائية للشحنات الموضوعة في نفس المجال الكهربائي على الشحنة وفق العلاقة (ق = م ش .)، فالإلكترون والبروتون لهما الشحنة نفسها، لذا سيتأثران بالقوة الكهربائية نفسها.

ب- يعتمد التسارع على الكتلة وفق العلاقة ت = $\frac{\text{مـ س}}{\text{ك}}$ ، وبما أن كتلة الإلكترون أقل من كتلة البروتون فإن تسارع الإلكترون أكبر من تسارع البروتون.

أسئلة الفصل الأول صفحة ٢٧

١) ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يلي:

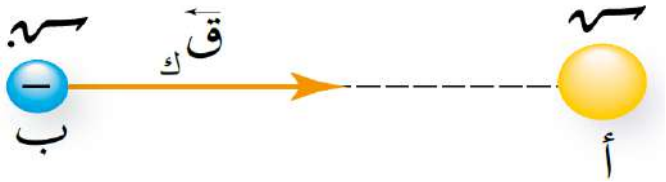
١- يبين الشكل عند اتجاه المجال الكهربائي المحصل عند نقطة تبعد عن الشحنتين ($س_1$، $س_2$) السافة نفسها إذا علمت الشحنتين متساويتان في المقدار فإن:



أ) $س_1$ موجبة ، $س_2$ موجبة ب) $س_1$ موجبة ، $س_2$ سالبة

جـ) $س_1$ سالبة ، $س_2$ موجبة د) $س_1$ سالبة ، $س_2$ سالبة

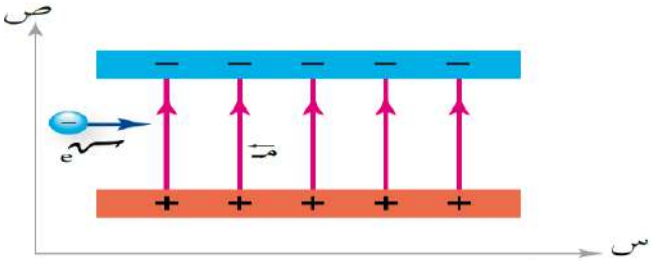
٢- يبين الشكل شحنة نقطية ($س$) عند النقطة (أ) تولد حولها مجالًا كهربائيًّا عندما وضعت شحنة ($-س$) عند النقطة (ب) تأثرت بقوة كهربائية باتجاه المحور السيني الموجب. يكون اتجاه المجال الكهربائي عند النقطة (ب)، ونوع الشحنة الكهربائية ($س$) على الترتيب:



أ) $+س$، سالبة ب) $+س$، موجبة

جـ) $-س$، سالبة د) $-س$، موجبة

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



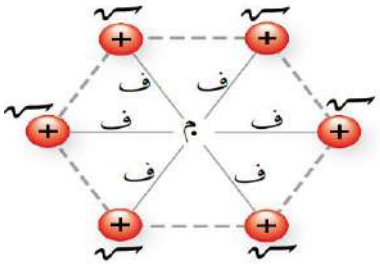
أ) الصادي الموجب

ب) الصادي السالب

جـ) السينيي الموجب

د) السينيي السالب

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

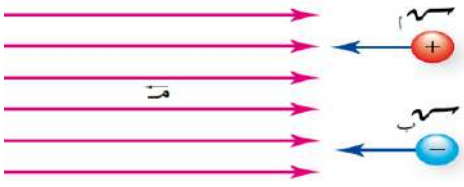


أ) صفراً ب) $مـ = ٥ \times (\frac{أ_{س}}{ف^2})$

جـ) $مـ = ٦ \times (\frac{أ_{س}}{ف^2})$ د) $(\frac{أ_{س}}{ف^2})$

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

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

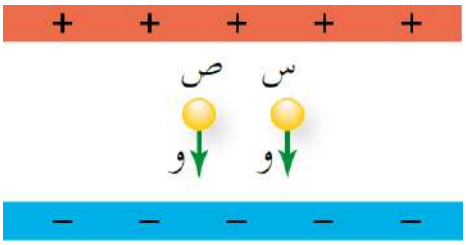


س٢: عند دخول الجسيمات المشحونة إلى مجال كهربائي فإنها تتأثر بقوة كهربائية، ويبين الشكل اتجاه الحركة لجسمين (أ) موجب الشحنة و(ب) سالب الشحنة قبل دخولهما إلى مجال كهربائي منتظم. وضح لكل جسيم:

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

ب- أثر القوة الكهربائية في مقدار سرعة الجسيم.

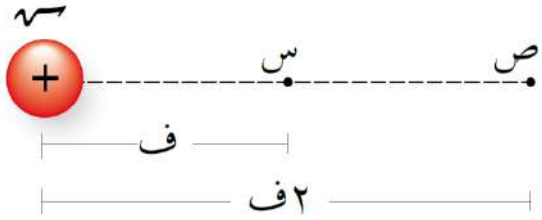
س٣: جسيمان (س)،و(ص) مشحونان ومتساويان في الوزن، وُضعا ساكنين في مجال كهربائي منتظم كما يبين الشكل ولوحظ أن الجسيم (س)، بقي ساكنًا، بينما تحرك الجسيم (ص) باتجاه محور الصادات الموجب أجب عما يأتي:



أ- ما نوع شحنة كل من الجسيمين؟

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

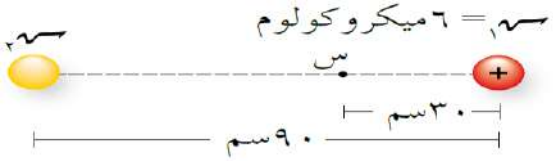
س٤: نقطتان (س، ص) تقعان في المجال الكهربائي لشحنة نقطية موجبة، كما يبين الشكل،وضعت شحنة مقدارها ١×١٠^{-٦} كولوم عند النقطة (س) فتأثرت بقوة كهربائية مقدارها ٨×١٠^{-٣} نيوتن.جد:



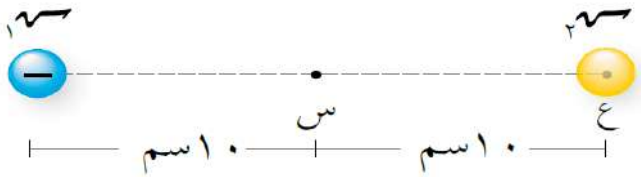
أ- المجال الكهربائي عند النقطة (س) مقدارًا واتجاهًا.

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

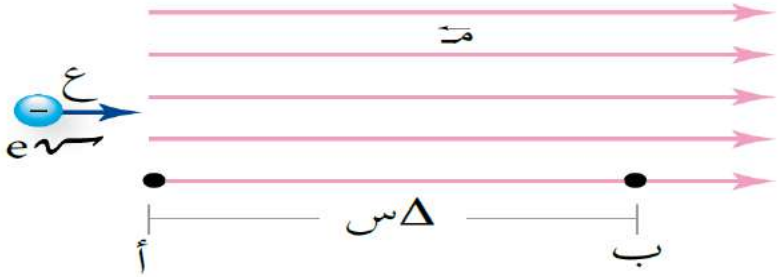
س٥: شحنتان نقطيتان($ش_١$، $ش_٢$) موضوعتان في الهواء والبعد بنهما (٩٠سم)، إذا علمت أن المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (س) يساوي صفراً ، بالاعتماد على البيانات المثبتة على الشكل . جد مقدار الشحنة ($ش_٢$) ونوعها.



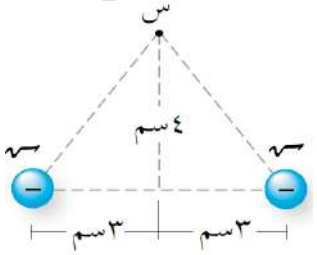
س٦: وضعت شحنة ($ش_١ = -٢ \times ١٠^{-٦}$) كولوم على بعد (١٠) سم من النقطة (س) كما في الشكل، احسب مقدار الشحنة الكهربائية الواجب وضعها عند النقطة (ع) وحدد نوعها،ليكون مقدار المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (س) مساوياً (٥٤×١٠^{٥}) نيوتن/ كولوم ويكونا تجاهه نحو النقطة (ع).



س٧: إلكترون يتحرك باتجاه المحور السيني الموجب بسرعة $\frac{٨}{٣} \times ١٠^{٦}$ م/ث ، أُدخل هذا الإلكترون مجالًا كهربائيًا منتظمًا مقداره (١×١٠^{٣}) نيوتن/ كولوم، وبالاتجاه المبين في الشكل ، إذا بدأ الإلكترون الحركة تحت تأثير المجال الكهربائي من النقطة (أ) وتوقف عند النقطة (ب) فاحسب الإزاحة التي قطعها.

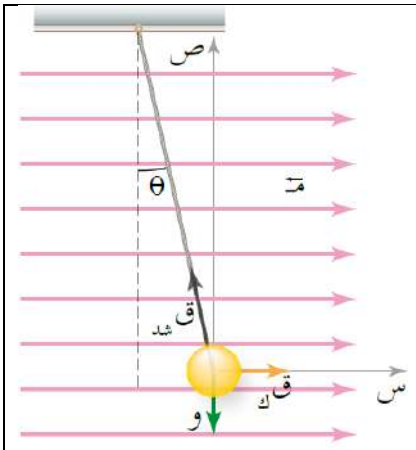


س٨: شحنتان نقطيتان متماثلتان ($ش = -٥ \times ١٠^{-٦}$) وكولوم ، ، موضوعتان في الهواء ، معتمداً على البيانات المثبتة في الشكل، احسب :المجال الكهربائي عند النقطة (س) مقدارًا واتجاهًا.



س٩: كرة صغيرة مشحونة شحنتها (ـــ).، ووزنها (و) علقت بخيط داخل مجال كهربائي منتظم، فاتزنت كما هو مبين في الشكل، اثبت ان مقدار المجال الكهربائي يعطى بالعلاقة:

$$م = \frac{و \ ظا \theta}{ـــ}$$



اجابات أسئلة الفصل الأول صفحة ٢٧

س١:

الفقرة	١	٢	٣	٤	٥
رمز الإجابة	ج	د	ب	د	ج

س٢:

أ- الجسيم الموجب: تأثير القوة الكهربائية على الجسيم باتجاه المجال الكهربائي أي نحو محور السينات الموجب.
الجسيم السالب: تأثير القوة الكهربائية على الجسيم بعكس اتجاه المجال الكهربائي أي نحو محور السينات السالب.
ب- الجسيم الموجب: ستتناقص سرعته لأن اتجاه القوة الكهربائية عكس اتجاه حركته عند دخول منطقة المجال الكهربائي.
الجسيم السالب: ستتزايد سرعته لأن اتجاه القوة الكهربائية مع اتجاه حركته عند دخول منطقة المجال الكهربائي.

س٣: أ- شحنة الجسيم (س) سالبة، لأن الجسيم اتزن، وبما أن الوزن عمودي باتجاه (-ص)، فلا بد من وجود قوة باتجاه (+ص) تساوي الوزن وتعاكس اتجاهه، وهذه القوة هي القوة الكهربائية وبما أنها بعكس اتجاه المجال فهذا يعني أن الشحنة سالبة.
شحنة الجسيم (ص) سالبة لأنه تحرك باتجاه (+ص) وهذا يعني وجود قوة تؤثر فيه بهذا الاتجاه، وهذه القوة هي القوة الكهربائية وبما أنها بعكس اتجاه المجال فهذا يعني أن الشحنة سالبة.
ب - العامل الذي يحدد اتزان الجسيم س أو ص في منطقة المجال علاقة القوة الكهربائية بالوزن، ويعتمد مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في جسيم مشحون على مقدار المجال الكهربائي (وهو نفسه للجسيمين)، وعلى مقدار الشحنة، وفق العلاقة (ق = مـ ـــ)، وبما أن الجسيم (ص) تحرك نحو الصادات الموجب، فهذا يعني أن القوة الكهربائية أكبر من الوزن، وهذا يعني أن شحنة (ص) أكبر من شحنة (س).

س٤:

أ) $م_س = \frac{ق}{ـــ} = \frac{٨ \times ١٠^{-٣}}{١ \times ١٠^{-٦}} = 8 \times ١٠^{٣}$ نيوتن/ كولوم باتجاه محورالسنيات الموجب

ب) إما أن يتم إيجاد قيم المسافات أو أن نشكل معادلات وبالحذف (القسمة) نتخلص من المسافات :

النقطة ص : $م_ص = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ـــ}{ف^٢}$ ..... (٢) النقطة س : $م_س = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ـــ}{ف^٢}$ ..... (١)

$ف_ص = ٢ ف_س$ ، ـــ = ـــ

بقسمة المعادلتين ١ و ٢ نحصل على : $م_ص = ق \times$ ـــ

$= ٢ \times ١٠^{٣} \times ١ \times ١٠^{-٦} = ٢ \times ١٠^{-٣}$ نيوتن باتجاه المحور السيني السالب

س٥: مـ١ = مـ٢

$$\frac{\text{٢ث}}{(٦٠ \times ١٠^{-٢})^{٢}} \times ٩ \times ١٠^{٩} = \frac{\text{١ث}}{(٣٠ \times ١٠^{-٢})^{٢}} \times ٩ \times ١٠^{٩}$$

$$\frac{\text{٢ث}}{(٣٦٠٠ \times ١٠^{-٤})} = \frac{٦ \times ١٠^{-٦}}{(٩٠٠ \times ١٠^{-٤})}$$

$$\frac{\text{٢ث}}{١} = \frac{٦ \times ٣٦ \times ١٠^{-٦}}{٩}$$

٢ث = ٢٤ × ١٠^-٦ كولوم وهي موجبة

س٦: وبما أن المجال الكهربائي المحصل عند النقطة س يكون اتجاهه نحو النقطة ع فهذا يتطلب أن يكون أحد المجالين المتولدين في النقطة س باتجاه المحور السيني الموجب، وبما أن ش ١ سالبة فإن اتجاه المجال المتولد عنها عند النقطة س يكون باتجاه المحور السيني

مـ١ = ٩ × ١٠^٩ × $\frac{٢ \times ١٠^{-٦}}{(٠.١)^{٢}}$ = 18 × ١٠^٥ نيوتن/ كولوم باتجاه المحورالسيني السالب

مس = م ٢ – م ١

٥٤ × ١٠^٥ = م ٢ – 18 × ١٠^٥

م ٢ = 72 × ١٠^٥ نيوتن/ كولوم ومنه ◄◄: 72 × ١٠^٥ = ٩ × ١٠^٩ × $\frac{\text{٢ث}}{(٠.١)^{٢}}$

٢ث = ٨ × ١٠^-٦ *كولوم باتجاه الموجب المحورالسيني ،مما يدل ان الشحنة سالبة*

س٧: ت= $\frac{\text{مـش}}{\text{ك}}$ = $\frac{١ \times ١٠^{٣١} \times ١.٦ \times ١٠^{-١٩}}{٩ \times ١٠^{-٣١}}$ = $\frac{١٦}{٩}$ × ١٠^١٤ م/ث^٢

$$٠ = \left(\frac{٨}{٣} \times ١٠^{٦}\right)^{٢} + ٢ \times \frac{١٦}{٩} \times ١٠^{١٤} \times \Delta \text{س ع}^{٢} = \text{ع}^{٢} + ٢ \text{ت} \Delta \text{س}$$

$$\frac{٦٤}{٩} \times ١٠^{١٢} = \frac{٣٢}{٩} \times ١٠^{١٤} \times \Delta \text{س}$$

$$\Delta \text{س} = ١٠^{-٢} \times \frac{٦٤}{٣٢} \gg\gg \Delta \text{س} = ٢ \times ١٠^{-٢} \text{م}$$

س٨: مـ = ٩ × ١٠^٩ $\frac{\text{ث}}{\text{ف}^{٢}}$

مـ١= مـ٢ = ٩ × ١٠^٩ × $\frac{٥ \times ١٠^{-٦}}{٢٥ \times ١٠^{-٤}}$ = $\frac{٩}{٥}$ × ١٠^٧ نيوتن/ كولوم

نحلل مـ١ :

مـ١ س = مـ١ جتا θ × $\frac{٩}{٥}$ × ١٠^٧ × $\frac{٣}{٥}$ نيوتن/ كولوم باتجاه المحورالسيني الموجب

إعداد المعلم مصطفى دعمس

مـ١ ص = مـ١ جا θ × $\frac{٩}{٥}$ × ١٠^٧ × $\frac{٤}{٥}$ نيوتن/ كولوم باتجاه المحور الصادي السالب

نحلل مـ٢:

مـ٢ س = مـ٢ جتا θ × $\frac{٩}{٥}$ × ١٠^٧ × $\frac{٣}{٥}$ نيوتن/ كولوم باتجاه المحور السيني السالب

مـ٢ ص = مـ٢ جا θ × $\frac{٩}{٥}$ × ١٠^٧ × $\frac{٤}{٥}$ نيوتن/ كولوم باتجاه المحور الصادي الموجب

مـ س= مـ ١س − مـ ٢س = صفر

مـ ح= مـ ص = مـ ١ص + مـ ٢ص

= ٢ × $\frac{٣٦}{٢٥}$ × ١٠^٧ = $\frac{٧٢}{٢٥}$ × ١٠^٧ نيوتن/ كولوم باتجاه المحور الصادي السالب

س٩: بما أن الكرة متزنة فإن:

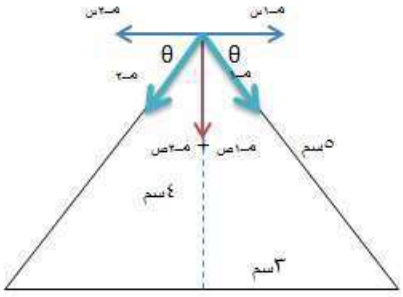
ق س = صفر ،وبالتالي : قك = قشد جا θ

ق ص = صفر ،وبالتالي : و = قشد جتا θ

بقسمة المعادلتين: $\frac{قك}{و}$ = $\frac{ق_{شد} \text{ جا } \theta}{ق_{شد} \text{ جتا } \theta}$

قك= و ظا θ ، لكن قك = مـ ش. وبالتالي: و ظا θ = مـ ش. أي أن :

مـ = $\frac{\text{و ظا } \theta}{ش}$



مفتاح الابداع في الفيزياء
للأستاذ مصطفى دعمس

طريقك للتفوق والنجاح

إعداد المعلم مصطفى دعمس

تمارين: (معظمها أسئلة وزارية للفرعين العلمي والصناعي قبل عام ٢٠١٩م).

١) ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يلي:

١- عندما تتحرك شحنة سالبة بتأثير القوة الكهربائية فقط،فأي العبارات الآتية تصف كلاً من اتجاه حركة الشحنة بالنسبة لاتجاة المجال الكهربائي،وطاقة وضعها الكهربائية (على الترتيب): (وزارة ٢٠١٩):

أ) مع اتجاهه،تقل **ب) عكس اتجاهه،تقل** ج) مع اتجاهه،تزداد د) عكس اتجاهه،تزداد

٢- إحدى العبارات الآتية ليست من صفات القوى الكهربائية:

أ- يتناسب مقدارها طرديًا مع حاصل ضرب مقداري الشحنتين.

ب- يتناسب مقدارها عكسيًا مع مربع البعد بين الشحنتين.

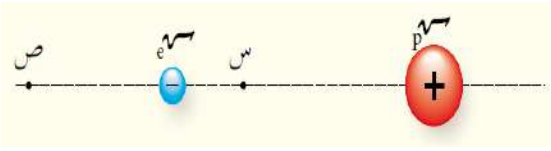
ج- ينطبق خط عملها على الخط الواصل بين الشحنتين.

د- يكون نوعها تجاذب في حالة الشحنات المتشابهة، و تنافر في حالة الشحنات المتخالفة.

٣- شحنتان نقطيتان (، ٣)، والبعد بينهما (ف)، إذا كانت القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة ( ) تساوي (٦) نيوتن نحو الشرق، فإن القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة (٣) تساوي:

أ- ٦ نيوتن نحو الشرق. **ب- ٦ نيوتن نحو الغرب.** ج- ١٨ نيوتن نحو الشرق. د- ١٨ نيوتن نحو الغرب.

٤- يبين الشكل إلكترونًا وبروتونًا موضوعين على المحور السيني. حدد نوع القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين واتجاهها بالنسبة لاتجاة المجال الكهربائي عند النقطتين (س)،(ص).



(على الترتيب):

أ- تنافر، مع اتجاهه ب- تنافر، عكس اتجاهه

ج- قوة تجاذب، مع اتجاهه د- قوة تجاذب ،عكس اتجاهه

٥- شحنة مقدارها ٤ × ١٠$^{-٩}$ كولوم موضوعة في مجال مقداره ٢٠ نيوتن/ كولوم ما القوة المؤثرة عليها ؟

أ) ٨ × ١٠$^{-١٠}$ نيوتن ب) ٥ × ١٠$^{-١٠}$ نيوتن ج) ٨ × ١٠$^{-٨}$ نيوتن د) ٥ × ١٠$^{-٨}$ نيوتن

٦- أثرت شحنة مقدارها (-٦ ميكروكولوم) بقوة جذبٍ مقدارها (٤٨٠) نيوتن، في شحنةٍ ثانيةٍ تبعد عنها مسافة (٣) سم ما مقدار الشحنة الثانية؟ وما نوعها؟ (على الترتيب):

أ) ٤ ميكروكولوم،موجبة ب) ٤ ميكروكولوم، سالبة **ج) ٨ ميكروكولوم،موجبة** د) ٨ ميكروكولوم، سالبة

٧- شحنتان كهربائيتان المسافة بينهما ٣٠سم والقوة المتبادلة بينهما ٨ × ١٠$^{-٩}$ نيوتن كم تصبح القوة المتبادلة بينهما إذا أصبحت المسافة بينهما ٧.٥سم ؟

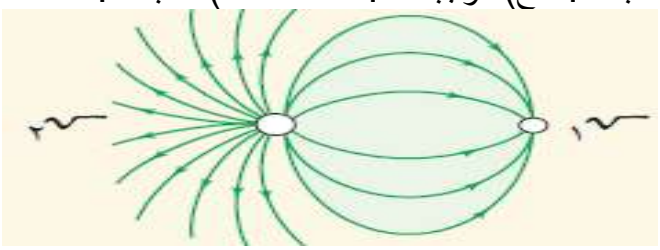
أ) ١٦ × ١٠$^{-٤}$ نيوتن ب) ٣٢ × ١٠$^{-٤}$ نيوتن **ج)** ٤ × ١٠$^{-٤}$ نيوتن د) ٢ × ١٠$^{-٤}$ نيوتن

٨- وحدة قياس ثابت كولوم (٩ x ١٠^{٩}) هي:

أ) نيوتن . م^{٢}/ كولوم ب) نيوتن . م^{٢} / كولوم^{٢} ج) نيوتن . كولوم^{٢} / م^{٢} د) نيوتن^{٢} . كولوم/ م^{٢}

٩- معتمداً على الشكل الذي يمثل خطوط المجال الكهربائي لشحنتين نقطيتين ما نوع الشحنة(،١)؟وما نسبة الشحنة الأولى إلى الثانية؟(على الترتيب):

أ) موجبة، ١:٣ ب) سالبة،١:٣ ج) موجبة، ١:٢ د) سالبة،١:٢



١٠- اعتمادا على مبدأ تكميم الشحنة أي من الشحنات التالية تعتبر منطقية ؟

أ) ١.٣ × ١٠^-١٩ كولوم ب) ٥.٢ × ١٠^-١٩ كولوم ج) -١.٣ × ١٠^-١٩ كولوم ج) -٦٤ × ١٠^-١٩ كولوم

١١- تدل كثافة خطوط المجال الكهربائي في منطقة ما :

أ- مقدار المجال الكهربائي في تلك النقطة ب- اتجاه المجال الكهربائي في تلك النقطة

ج- مقدار واتجاه القوة الكهربائية في تلك النقطة **د- عدد خطوط المجال الكهربائي في تلك النقطة**

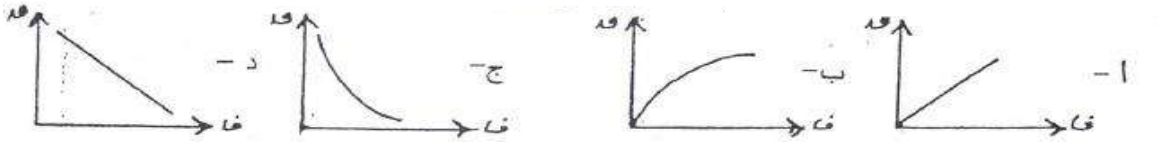
١٢- شحنتان نقطيتان ($ش_1$ ، $ش_2$)، البعد بينهما (ف)، والقوة المتبادلة بينهما (ق)، ماذا يحدث لمقدار تلك القوة إذا ضاعفنا مقدار الشحنة الأولى فقط.

أ) تقل إلى النصف **ب)** تتضاعف مرتان ج) تتضاعف أربع مرات د) تقل إلى الربع

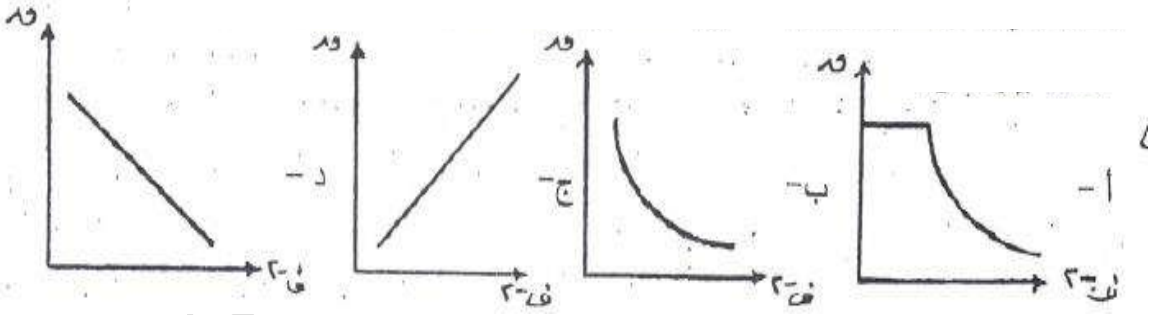
١٣- شحنتان نقطيتان (١ ، ٢)، البعد بينهما (ف)، والقوة المتبادلة بينهما (ق)، ماذا يحدث لمقدار تلك القوة إذا أصبحت المسافة بين الشحنتين نصف ما كانت عليه:

أ) تقل إلى النصف ب) تتضاعف مرتان **ج)** تتضاعف أربع مرات د) تقل إلى الربع

١٤- الشكل الذي يبين التمثيل البياني الصحيح للعلاقة بين القوة المتبادلة بين شحنتين والمسافة بينهما هو:



١٥- الشكل الذي يبين التمثيل البياني الصحيح للعلاقة بين القوة المتبادلة بين شحنتين ومقلوب مربع المسافة بينهما هو:



١٦- شحنتان نقطيتان تفصل بينهما مسافة إذا كانت ($ش_1$ = ٥ $ش_2$) فإن:

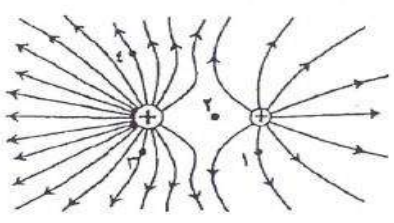
أ) $ق_{21} = ٥\ ق_2$ ب) $٥\ ق_{21} = ٥\ ق_{12}$ ج) $ق_{21} = ق_{12}$ د) $ق_{21} = ٠.١٢\ ق_{12}$

١٧- من خصائص خطوط المجال الكهربائي:

أ- تتقاطع مع بعضها ب- تخترق الأجسام الموصلة

ج- متعامدة مع السطوح متساوية الجهد د- تتقارب في المناطق التي يكون فيها المجال صغيرًا

١٨- يمثل الشكل المجاور خطوط المجال الكهربائي لشحنتين متجتورتين، النقطة التي يكون عندها المجال الكهربائي أكبر ما يمكن هي:



أ) ١ ب)٢

ج) ٣ د) ٤

١٩- إذا تحرك إلكترون وبروتون في مجال كهربائي منتظم لنفس الفترة الزمنية فإنهما يتساويان في:

أ) المسافة التي يقطعانها ب) سرعتهما النهائية

ج) التسارع الذي يكتسبانه د) القوة الكهربائية التي يتأثران بها

٢٠- أي الشحنات الكهربائية الآتية الأنسب لتكون شحنة اختبار وفق ما أتفق عليه ؟

أ) +٨× ١٠$^{-٩}$ كولوم ب) - ٨× ١٠$^{-٩}$ كولوم ج) +٨ كولوم ج) - ٨ كولوم

✍.... مسائل حسابية ...وزارية

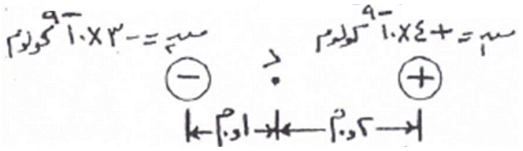
① في الشكل احسب محصلة القوى المؤثرة في الشحنة (ب) -١٢×١٠$^{-٩}$ كولوم ٥×١٠$^{-٩}$ كولوم +٤×١٠$^{-٩}$ كولوم أ ب د ٣سم ٣سم	② احسب محصلة القوى المؤثرة في الشحنة $\overline{ق}_{٣}$، إذا علمت أن ($\overline{ق}_{١}$ = $\overline{ق}_{٢}$ = +٢)ميكروكولوم، ($\overline{ق}_{٣}$=١٠) ميكروكولوم. س١ س٣ س٢ ق٣١ ق٣٢ د ٣سم ٢سم
③ شحنتان متساويتان تتنافران بقوة ٠.١ نيوتن إذا كانت المسافة بينهما ٥٠ سم احسب مقدار كل من الشحنتين	④ شحنتان نقطيتان $\overline{ق}_{١}$ = ٢ × ١٠$^{-٦}$ كولوم ، $\overline{ق}_{٢}$=- ٤ × ١٠$^{-٦}$ كولوم والمسافة بينهما في الهواء ٣م. احسب القوة المؤثرة على الشحنة ش٢ ؟
⑤ أ ب جـ مثلث قائم الزاوية في ب،وضعت عند رؤسه الشحنات ، $\overline{ق}_{أ}$ = -١٦×١٠$^{-٣}$ ميكروكولوم ، $\overline{ق}_{ب}$ = ٢ كولوم ، $\overline{ق}_{جـ}$ = ١٢×١٠$^{-٣}$ ميكروكولوم ، احسب القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة (ب) ، علماً بأن المسافة بين أ ب = ٤م ، المسافة بين ب جـ = ٣م ، والشحنات موجودة في الهواء .	⑥ وُضعت أربع شحنات كهربائية (١٢ ، -١٠، ١٦، ١) ميكروكولوم على رؤوس المستطيل (أ ب د هـ) على الترتيب . فإذا كان طول أ ب = ٨ سم ، ب د = ٦ سم ، فاحسب القوة المؤثرة في الشحنة الموضوعة في النقطة (هـ) .
⑦ يستخدم قانون كولوم الذي تمثله العلاقة المتبادلة بين الشحنات الكهربائية النقطية الساكنة . أجب عما يأتي : ١) ما الكمية الفيزيائية التي يدل عليها الرمز (ع.) ؟ وما وحدة قياسها ؟ ٢) لماذا تكون القوة بين الشحنات متبادلة ؟	⑧ شحنة اختبار مقدارها ٣ × ١٠$^{-٩}$ كولوم (لاحظ صغر مقدارها) تم وضعها عند نقطة (أ) مفروضة في مجال كهروستاتيكي.تبين بالقياس أن مقدار القوة المؤثرة عليها يساوي ١٢ × ١٠$^{-٨}$ نيوتن. احسب ١- شدة المجال عند (أ). ٢- القوة المؤثرة على شحنة مقدارها ١٨ كولوم تم وضعها عند النقطة (أ).

⑨ شحنة اختبار مقدارها ٢ $\times$ ١٠$^{-٩}$ كولوم ، وضعت في مجال كهربائي فتأثرت بقوة ٤ $\times$ ١٠$^{-٥}$ نيوتن
١- ما مقدار المجال الكهربائي في تلك النقطة
٢- إذا وضع في هذه النقطة شحنة مقدارها -٩ $\times$ ١٠$^{-٥}$ كولوم فما مقدار القوة المؤثرة فيها ؟

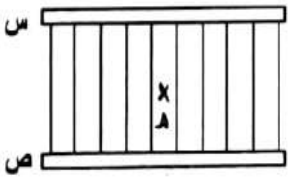
⑩ شحنتان نقطتيتان (٢٥ $\times$ ١٠$^{-٣}$) ميكروكولوم ، (-٢٥ $\times$ ١٠$^{-٣}$) ميكروكولوم ، وضعتا في الهواء على بعد (٨) م من بعضهما ، احسب :
١. المجال الكهربائي عند نقطة على العمود المنصف للبعد بين الشحنتين وعلى بعد (٣) م منه .
٢. القوة التي يتأثر بها إلكترون يوضع عند النقطة السابقة ، علما بأن ش$_{الكترون}$ =١.٦ $\times$ ١٠$^{-١٩}$ كولوم

⑪ يمثل الشكل المجاورثلاث نقاط (س،ص،ع) على استقامة واحدة ، عند النقطة (س) شحنة مقدارها (٣ $\times$ ١٠$^{-٦}$) ميكروكولوم ، احسب مقدار الشحنة الواجب وضعها عند (ع) ليكون المجال المحصل عند (ص) مساوياً (٥٤ $\times$ ١٠^{٥}) نيوتن/ كولوم،واتجاهه نحو (ع).

يمثل الشكل المجاور شحنتان نقطتيتان موضوعتان في الهواء، اعتماداً على البيانات المثبتة في الشكل، احسب :
١- القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين.
٢- المجال الكهربائي عند النقطة (د) مقدارًا واتجاهًا.

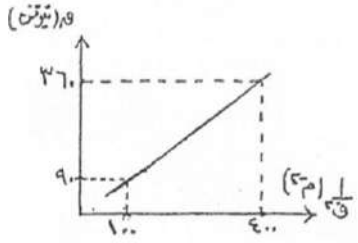


- يبين الشكل المجاور صفيحتين موصلتين متوازيتين (س،ص) مساحة كل منها (١×١٠$^{-٢}$) م^{٢} ،شحنت إحداهما بشحنة موجبة والأخرى بشحنة سالبة، فنشأ في الحيز بين الصفيحتين مجال كهربائي منتظم .فإذا وضع عند النقطة (هـ) جسيم مشحون شحنته (-٢) نانوكولوم. وكتلته (١ x ١٠$^{-٩}$) كغم فاتزن.
أجب عما يأتي:



١- حدد نوع الشحنة الكهربائية على كل صفيحة.
٢- مقدار الشحنة الكهربائية على كل صفيحة.

- يمثل الشكل المجاور العلاقة البيانية المتبادلة لشحنتين كهربائيتين نقطتيتين ومتساويتين ومقلوب مربع المسافة،الوسط الفاصل بينهما الهواء، اعتماداً على القيم المثبتة على الشكل، احسب :



١- مقدار كل من الشحنتين.
٢- المجال الكهربائي عند منتصف المسافة بين الشحنتين عندما تكون القوة المتبادلة بينهما (٩٠) نيوتن .

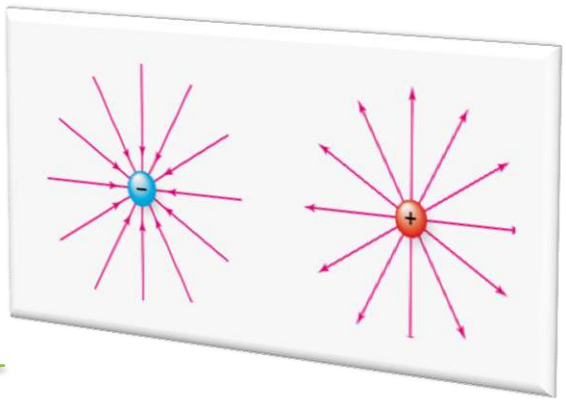
إعداد المعلم مصطفى دعمس

مفتاح الابداع في الفيزياء

- ✓ يشمل جميع محتويات المادة لمنهاج الفيزياء الجديد
- ✓ ملخص قوانين كل فصل
- ✓ جميع أمثلة الكتاب وأسئلة كل فصل
- ✓ أسئلة وتدريبات على نمط أمتحان الثانوية العامة
- ✓ أسئلة أمتحان الثانوية العامة للفرعين العلمي والصناعي قبل عام ٢٠١٩ م تتوافق مع المنهاج الجديد.

من مؤلفات الأستاذ مصطفى دعمس الكتب التالية

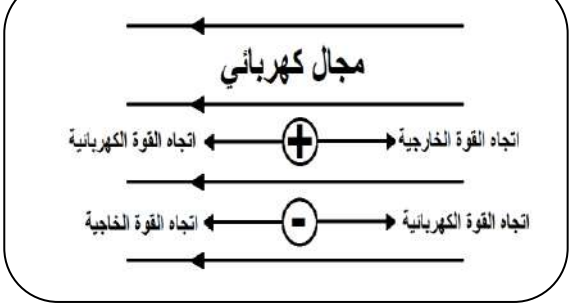
عنوان الكتاب	دار النشر	سنة النشر	ISBN
مفتاح الابداع للفيزياء ١٠٢	دار كنوز المعرفة العلمية	٢٠١٢	٩٧٨-٩٩٥٧-٧٤-١٨٧-٧
مفتاح الابداع للفيزياء ١٠١	دار كنوز المعرفة العلمية	٢٠١١	٩٧٨-٩٩٥٧-٧٤-١٣٣-٤
الخصائص الكهربائية والمغناطيسية في الفيزياء	دار غيداء للنشر والتوزيع	٢٠٠٨	



ملخص قوانين الفصل الثاني
الجهد الكهربائي

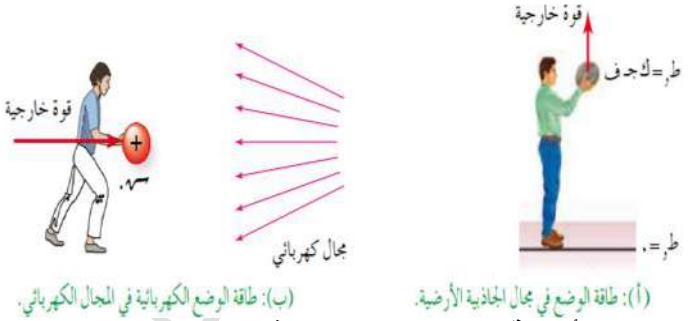
المصطلح	القانون	وحدة القياس	ملاحظات
الجهد الكهربائي لشحنة نقطية	$جـ = \frac{ش}{ف}$	فولت	الجهد الكهربائي كمية غير متجهة يتم تعويض الاشارة السالبة للشحنة لان الجهد كمية قياسية ،وقد يكون هذا الجهد موجبًا أو سالبًا تبعًا لنوع الشحنة المولدة للمجال الكهربائي.
الجهد الكهربائي لعدة شحنات	$جـ_{كلي} = جـ_1 + جـ_2 + جـ_3 + ...$ $جـ = أ(\frac{ش_1}{ف_1} + \frac{ش_2}{ف_2} + \frac{ش_3}{ف_3} + ...)$	فولت	إشارة الجهد الكهربائي تساعدنا على ترتيب النقاط من الأقل جهدا إلى الأعلى جهدا ، فيكون اتجاه المجال الكهربائي دائما باتجاه تناقص الجهد الكهربائي .
الجهد الكهربائي بين نقطتين في مجال منتظم	$جـ_{أ ب} = مـ \times ف_{أ هـ ب} \times جتا\theta$ $جـ = مـ \times ف$ (جتا $\theta = 1$)	فولت	إذا كان المجال يعامد الإزاحة ($\theta = ٩٠$) فإن Δ جـ = صفرا ، وتكون جميع النقاط الواقعة على الخط العمودي على المجال متساوية في الجهد لذلك لا يوجد تغير في طاقة الوضع عند نقل وحدة الشحنات بينها وكذلك فانه لا يوجد تغير في الشغل المبذول عند ذلك.
الشغل الكهربائي	$ش_{غ} = ش \times (جـ_{نهائية} - جـ_{ابتدائية})$ $\overleftarrow{ش_ك} = \overleftarrow{ق_ك} \times ف_{أ هـ ب}$	جول	عند تحريك الشحنة مع اتجاه القوة الكهربائية ، تبذل القوة الكهربائية شغلا موجبا على الشحنة وذلك لأن اتجاه الإزاحة مع اتجاه القوة الكهربائية
السرعة	$ع = \sqrt{\frac{٢ \times ش \times جـ}{ك}}$	م/ ث	حساب سرعة الجسيمات الذرية المتحركة عبر فرق جهد كهربائي عالٍ
طاقة الوضع الكهربائية	$ط_و = ش \times \Delta جـ$	جول	$ط_{و\infty} = ٠$
بعض العلاقات المهمة	الشغل = ق ف جتاθ طاقة الوضع ($ط_و$) = ك ج ف الطاقة الحركية ($ط_ح$) = $\frac{1}{2}$ ك ع^2 **$\Delta ط_م = \Delta ط_ح + \Delta ط_و = صفر$** **$\Delta ط_ح = - \Delta ط_و$**		

ملاحظة :
١- يتم تعويض الاشارة السالبة للشحنة لان الجهد كمية قياسية .
٢- جميع النقاط الواقعة على سطوح تساوي الجهد لها نفس قيمة الجهد.
٣- يكون الشغل كهربائيا عند تحريك الشحنة الموجبة مع اتجاه المجال الكهربائي وتحريك الشحنة السالبة بعكس اتجاه المجال الكهربائي .



اشكال قوى المجال لطاقة الوضع

تُحدث الأرض في الحيز المحيط بها مجالًا يسمى مجال الجاذبية الأرضية، وتشكل الأرض مع أي جسم يقع ضمن مجالها نظامًا، يُعرف بنظام(الجسم– الأرض)، يظهر فيه شكل من أشكال الطاقة يسمى طاقة الو ضع، وهي طاقة ترتبط بقوى المجال عمومًا. وبالمثل، إذا و ضعت شحنة كهربائية في مجال كهربائي خارجي فإن الشحنة والمجال يشكلان نظامًا، يسمى نظام (الشحنة الكهربائية – المجال الكهربائي)، وتختزن في النظام طاقة تسمى طاقة وضع كهربائية.



(أ): طاقة الوضع في مجال الجاذبية الأرضية. (ب): طاقة الوضع الكهربائية في المجال الكهربائي.

كيف تنشأ طاقة الوضع ؟ وعلى ماذا يعتمد مقدارها؟

في مجال الجاذبية الأرضية لكي نحسب طاقة الوضع لجسم عند موقع ما، نحتاج إلى موقع مرجعي تكون طاقة الوضع عنده صفراً. ففي الشكل (أ) ، يمكن القول إن الجسم يختزن طاقة وضع نتيجة وجوده على ارتفاع ما عن سطح الأرض ؛ على فرض ان سطح الأرض يمثل الموقع المرجعيّ.

في المجال الكهربائي أصطلح على أن اللانهاية (∞) هي النقطة المرجعية التي تكون طاقة الوضع عندها صفرًا؛ (ط$_{و\infty}$ = ٠). ولبناء النظام المبين في الشكل (ب) ،نفترض أن الشحنة الكهربائية (٣). في اللانهاية، ولنقلها إلى نقطة ضمن المجال الكهربائي ب سرعة ثابتة نؤثر فيها بقوة خارجية تساوي القوة الكهربائية في المقدار وتعاكسها في الاتجاه، وعندئذ تبذل القوة الخارجية شغلاً يختزن في الشحنة الكهربائية على شكل طاقة وضع كهربائية(ط$_{و}$)، حيث تبقى طاقتها الحركية ثابتة (Δط = ٠).

العلاقة بين الشغل والجهد

١. اذا كان الشغل موجب هذا يعني ان جهد النقطة المنقول اليها الشحنة اعلى من جهد النقطة المنقول منها الشحنة .
٢. اذا كان الشغل سالب هذا يعني ان جهد النقطة المنقول اليها الشحنة اقل من جهد النقطة المنقول منها الشحنة .
٣. اذا كان الشغل صفر هذا يعني ان جهد النقطة المنقول اليها الشحنة مساويا لجهد النقطة المنقول منها الشحنة .

الجهدَ الكهربائي عند نقطة

يمثل مقدار طاقة الوضع الكهربائية لكل وحدة شحنة موضوعة عند نقطة في مجال كهربائي الجهدَ الكهربائيَّ عند تلك النقطة، ويعطى بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$جـ = \frac{ط_{و}}{٣}$$

حيث،(جـ): الجهدَ الكهربائي عند نقطة

والجهد الكهربائي كمية قياسية، يقياس في النظام العالمي للوحدات بوحدة (جول/ كولوم) وتعرف بالفولت. فعندما نقول أن الجهد الكهربائي عند نقطة (١) فولت فهذا يعني أنه إذا وضعت شحنة كهربائية مقدارها (١) كولوم عند تلك النقطة، فإنها ستختزن طاقة وضع كهربائية مقدارها(١) جول. ويتخذ الجهد الكهربائي عند نقطة ما قيمة محددة، ولا يعتمد على (٣). فإذا تغيرت (٣) فإن طاقة الوضع (ط$_{و}$)، تتغير بحيث تبقى النسبة $\frac{ط_{و}}{٣}$ ثابتة.

فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين:

إذا تغيرت طاقة الوضع الكهربائية للشحنة عند انتقالها من نقطة إلى أخرى ضمن المجال الكهربائي فهذا يعني يوجد فرق في الجهد الكهربائي بين النقطتين.

فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين: هو التغير في طاقة الوضع الكهربائية لكل وحدة شحنة عند انتقالها بين هاتين النقطتين في مجال كهربائي، ويعطى بالعلاقة الرياضية الآتية:

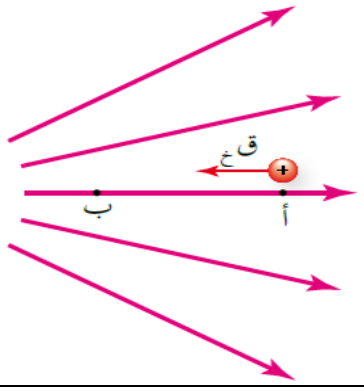
$$Δ جـ = \frac{Δط_{و}}{٣}$$

$$Δ جـ = \frac{Δط_{و}}{٣} = جـ_{٢} - جـ_{١} = \frac{ش_{خ}}{٣}$$

وعليه يمكن التعبير عن شغل القوة الخارجية بالعلاقة الرياضية الآتية:

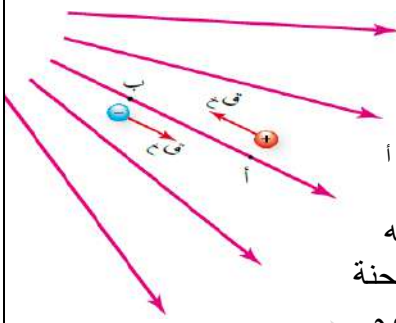
شغل القوة الخارجية = الشحنة المنقولة × فرق في الجهد الكهربائي بين النقطتين

ش$_{خ}$ = ٣ (جـ $_{نهائية}$ - جـ $_{ابتدائية}$)



حركة شحنة في مجال كهربائي بسرعة ثابتة بتأثير قوة خارجية.

مثال (٢ – ١): شحنة نقطية (+٢× ١٠$^{-٩}$) كولوم ، نقلت من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) في مجال كهربائي بسرعة ثابتة ، كما يبين الشكل إذا بذلت القوة الخارجية شغلاً (١٤ ×١٠$^{-٩}$) جول ، فاحسب



١.فرق الجهد جـ ب أ

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

الحل:

١- *لحساب فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين (ب،أ)،نطبق العلاقة:*

ش أ←ب = س . (جـ ب - جـ أ)

١٤ ×١٠$^{-٩}$ = +٢× ١٠$^{-٩}$ ×(جـ ب - جـ أ)

×(جـ ب - جـ أ) = ٧ فولت

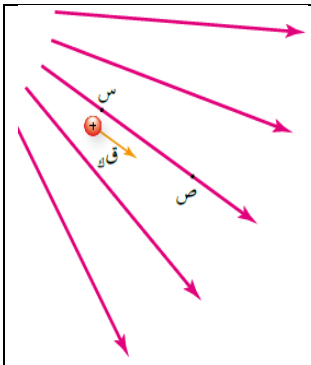
٢- *لحساب الشغل اللازم لنقل الشحنة كهربائية من النقطة (ب) إلى النقطة (أ)*

ش ب←أ = س . (جـ أ - جـ ب)

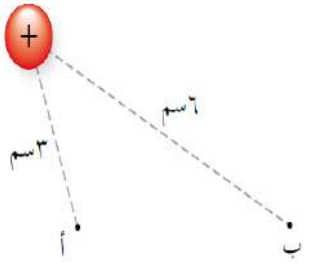
= -٢ × ١٠$^{-٩}$ × -٧ = ١٤ ×١٠$^{-٩}$

لاحظ : جـ ب أ = جـ أ ب

مثال (٢- ٢): يبين الشكل بروتوناً يتحرك في مجال كهربائي تحت تأثير القوة الكهربائية فقط من النقطة (س) إلى النقطة (ص) فإذا بذلت القوة الكهربائية عليه شغلاً (٨ × ١٠$^{-١٩}$) جول ، فاحسب ،فرق الجهد (جـص س).



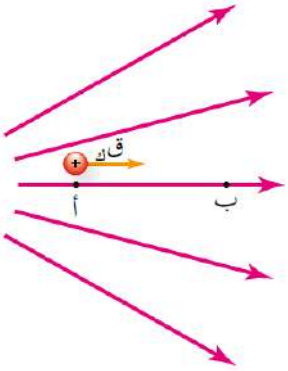
مثال (٢- ٣): يبين الشكل شحنة نقطية (ش= + ٣ نانو كولوم)، ونقطتان (أ)و (ب) تبعدان عن الشحنة مسافة (٣) سم و(٦) سم وعلى الترتيب. جد:



١- *فرق الجهد (جـاب).*

٢- *فرق الجهد (جـاب) إذا كانت (ش= - ٣ نانو كولوم).*

ماذا يحدث إذا تركت الشحنة حرة؟



إذا تركت الشحنة الكهربائية (+ش) حرة الحركة في مجال كهربائي كما في الشكل، فإنها تتأثر بالقوة الكهربائية فقط وتنتقل من النقطة (أ) إلى النقطة (ب). فتقل طاقة الوضع الكهربائية المختزنة فيها ، ويقابل ذلك زيادة مساوية في الطاقة الحركية . وهنا يمكننا القول بأن القوة الكهربائية تبذل شغلا كهربائيا على الشحنة تحول طاقة الوضع الكهربائية المختزنة فيها إلى طاقة حركية . ويكون نظام (الشحنة الكهربائية - المجال الكهربائي) نظام محافظ أي أن الطاقة الكلية الميكانيكية للنظام محفوظة:

Δ ط م = Δ ط ح + Δ ط و = صفر

Δ ط ح = - Δ ط و

ويحدث الأمر نف سه عندما تتحرك شحنة سالبة في المجال الكهربائي من النقطة(ب) إلى النقطة (أ) تحت تأثير القوة الكهربائية فقط فحركة لشحنة الحرة (+ش أو -ش) باتجاه القوة الكهربائية المؤثرة فيها يؤدي إلى نقصان طاقة الوضع الكهربائية المختزنة فيها، ويقابل ذلك زيادة مساوية في طاقتها الحركية. عليه يمكن التعبير عن شغل القوة الكهربائية بالعلاقة الرياضية الآتية :

ش خ = - س . (جـ نهائية - جـ ابتدائية)

الجهد الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية

وجد تجريبيًّا أن الجهد الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية (ش) موضوعة في الهواء تبعد عن نقطة على بعد (ف) من الشحنة يعطى بالعلاقة الرياضية التالية:

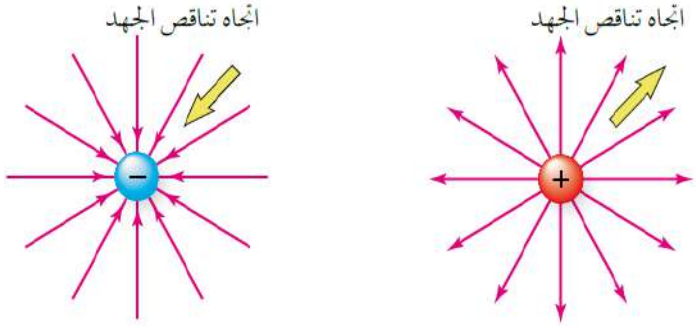
$$جـ = \frac{أ\ ش}{ف}$$

ومن هذه العلاقة نلاحظ أن الجهد الكهربائي يعتمد على مقدار الشحنة المولدة للمجال الكهربائي (ش) ونوعها،وبعد النقطة عن الشحنة المولدة للمجال الكهربائي (ف)،والسماحية الكهربائية للهواء. وقد يكون هذا الجهد الكهربائي موجبًا أو سالبًا تبعًا لنوع الشحنة (ش) المولدة للمجال الكهربائي.

العلاقة بين تغير الجهد الكهربائي واتجاه خطوط المجال الكهربائي.

إن اشارة الجهد تساعدنا على ترتيب النقاط ، من الأقل جهدًا إلى الأعلى جهدًا .

إن اتجاه المجال الكهربائي يكون دائمًا باتجاه تناقص هذا الجهد الكهربائي. انظر الشكل.



مراجعة(٢-١)

١- *ماذا نعني بقولنا إن فرق الجهد بين نقطتين يساوي (١٢) فولت.*

أي أن التغير في طاقة الوضع الكهربائية لوحدة الشحنات عند انتقالها بين النقطتين يساوي (١٢) جول.

٢- نقطتان (د)،(هـ) ضمن مجال كهربائي. انظر الشكل إذا كان (جـ د هـ = - ٤) فولت،و(جـ هـ = ٨) فولت فاحسب

أ- شغل القوة الكهربائية المبذول لنقل إلكترون من النقطة (د) إلى النقطة (هـ).

ب- شغل القوة الخارجية المبذول لنقل بروتون من اللانهاية إلى النقطة (د) بسرعة ثابتة.

ج- مقدار التغير في طاقة الوضع الكهربائية للإلكترون والبروتون في الفرعين السابقين .

الحل: أ) ش خ = e - ش (جـ هـ - جـ د)،حيث جـ هـ د = - جـ د هـ

= - (- ١.٦ x ١٠$^{-١٩}$) × ٤ = ٦.٤ x ١٠$^{-١٩}$ جول

ب) ش خ = p ش (جـ د - جـ ∞)،حيث جـ د = -٤ +٨= ٤ فولت

= ١.٦ x ١٠$^{-١٩}$ × ٤ = ٦.٤ x ١٠$^{-١٩}$ جول

ج)التغير في طاقة وضع الإلكترون الكهربائية = Δ ط

= - ش ك = - ٦.٤ x ١٠$^{-١٩}$ جول

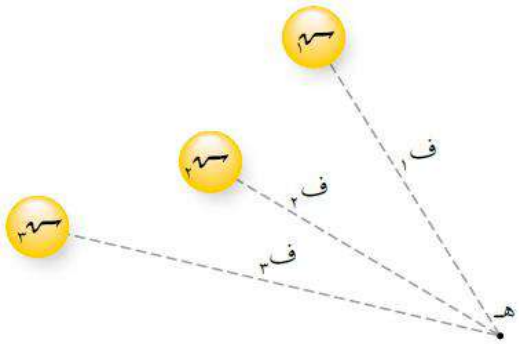
التغير في طاقة وضع البروتون الكهربائية = Δ ط

= ش ك = ٦.٤ x ١٠$^{-١٩}$ جول

ماذا يحدث لجهد النقطة إذا وقعت في مجال شحنات نقطية عدة؟

بما ان الجهد الكهربائي كمية قياسية فإن الجهد الكهربائي عند نقطة مثل (هـ) يساوي المجموع الجبري للجهود الناشئة عن كل هذه الشحنات ، أي أن:

جـ هـ = جـ ١ + جـ ٢ + جـ ٣



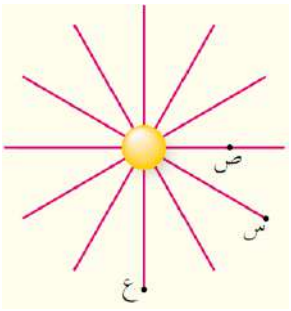
الجهد الكهربائي الناشئ عن شحنات نقطية عدة

وهذا يعني أنه يمكن حساب الجهد عند نقطة تقع في مجال شحنات نقطية عدة من العلاقة:

$$جـ = أ\ (\frac{ش_1}{ف_1} + \frac{ش_2}{ف_2} + \frac{ش_3}{ف_3} + \cdots)$$

مراجعة (٢-٢):

١- يبين الشكل ثلاث نقاط (س،ص،ع) ضمن المجال الكهربائي لشحنة نقطية، بُعد النقطة (س) عن الشحنة يساوي بُعد النقطة (ع). و(جـ س ص = ٣ فولت) أجب عما يأتي:



أ- أي النقطتين يكون الجهد عندها أعلى؟ (جـ س > جـ ص)

ب- ما نوع الشحنة المولدة للمجال الكهربائي؟ (سالبة)

ج- حدد اتجاه المجال الكهربائي.(باتجاه الشحنة)

د- قارن بين (جـ س ص) و (جـ ص ع)

جـ س = جـ ع لأن لهما البعد نفسه عن الشحنة.

(جـس- جـص) =- (جـص- جـع)

ف١

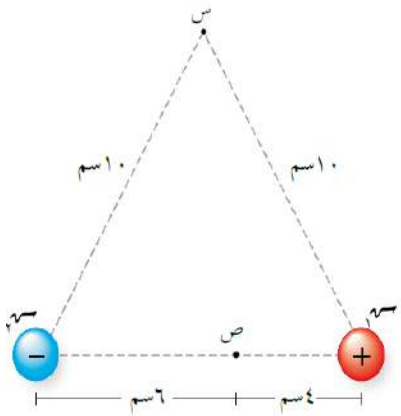
٢- يبين الشكل نقطة (س) تقع على الخط الواصل بين شحنتين نقطيتين ،إذا كانت (ش١) موجبة و(جـ س = صفر)، فأجب عما يأتي:

أ- ما نوع الشحنة (ش٢) ؟(سالبة)

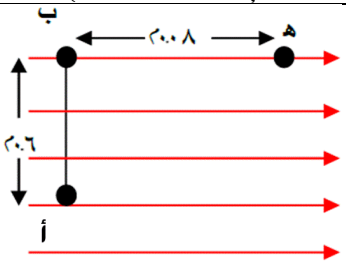
ب- أيهما أ كبر مقدارًا (ش١) أم (ش٢)؟

(بما أن النقطة أقرب إلى(ش١)، ف١< ف٢، فإن ش١ < ش٢)

مثال (٢- ٤): يبين الشكل شحنتين نقطيتين موضوعتين في الهواء (ش١= ٤، ش٢= -٤) ميكرو كولوم معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل احسب جهد كل من النقطتين (س) و (ص).



سؤال: يمثل الشكل مجالا كهربائياً منتظماً مقداره (١٠) فولت /م، (أ , ب , هـ) نقاط واقعة داخله , اعتماداً على الابعاد المبينة بالشكل :



أ- احسب الشغل المبذول لنقل شحنة مقدارها(١× ١٠$^{-٩}$) كولوم من هـ الى أ بسرعة ثابتة

ب- حدد نقطتان على الشكل فرق الجهد بينهما يساوي صفراً. فسر ذلك.

ماذا نعني بقولنا ان الجهد عند نقطة (- ٦) فولت وعند نقطة أخرى (٦) فولت ؟

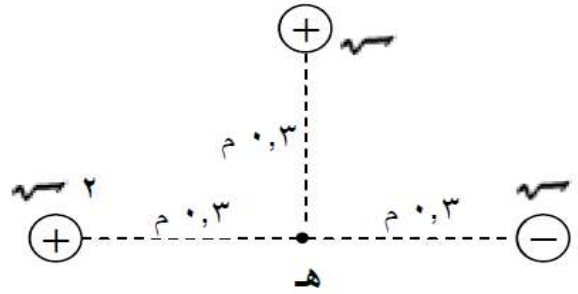
(٦ فولت): اي انه يلزم قوة خارجية تبذل شغل مقداره (٦) جول على شحنة نقطية موجبة لنقلها الى تلك النقطة وهذا الشغل يختزن في الشحنة على شكل طاقة وضع.

(-٥ فولت): اي انه قوة المجال تبذل شغل مقداره (٦) جول يعمل على سحب شحنة نقطية موجبة مقدارها (١) كولوم باتجاه القوة المؤثرة فيها الى تلك النقطة.

شتوية ٢٠١٩ : ثلاث شحنات كهربائية موضوعة في الهواءكما في الشكل المجاور, إذا علمت أن (ش=٦× ١٠$^{-٩}$) كولوم احسب:

١- الجهد الكهربائي عند النقطة (هـ) .

٢- الشغل الذي تبذله قوة خارجية لنقل شحنة (٢× ١٠$^{-٦}$) كولوم من المالانهاية الى النقطة (هـ) بسرعة ثابتة.



١- جـهـ = ٩ × ١٠^{٩} × { ش١/ف١ + ش٢/ف٢ + ش٣/ف٣ }

= ٩ × ١٠^{٩} × { ٦× ١٠$^{-٩}$ / ٣× ١٠$^{-٢}$ + ٦- × ١٠$^{-٩}$ / ٣× ١٠$^{-٢}$ + ٢× ٦× ١٠$^{-٩}$ / ٣× ١٠$^{-٢}$ }

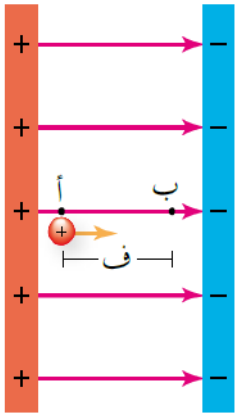
جـهـ = ٣٦٠ فولت

ش ∞ ← هـ = ش. (جـ هـ - جـ ∞)

= ٦ × ١٠$^{-٩}$ (٣٦٠ – ٠) = ٧٢ × ١٠$^{-٥}$ جول

❖ كيف يمكن حساب فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم؟

يبين الشكل شحنة موجبة وضعت ضمن مجال كهربائي منتظم (مـ)، فتحركت V بفعل القوة الكهربائية (قك) ، وقطعت إزاحة (ف) من النقطة (أ) إلى النقطة (ب)؛ فإن القوة الكهربائية تبذل شغلاً ، نعبر عنه بالعلاقة:



$$\overleftarrow{ش_{ك}} = \overleftarrow{ق_{ك}} \cdot ف_{أ\leftarrow ب}$$

بتعويض $\overleftarrow{ق_{ك}} = \overleftarrow{مـ}$ س.

$$\overleftarrow{ش_{ك}} = س. \left(\overleftarrow{مـ} \cdot ف_{أ\leftarrow ب} \right)$$

$$\overleftarrow{ش_{ك}} = س. مـ ف_{أ\leftarrow ب} جتا\theta$$

يمكن أن نعبر عن شغل القوة الكهربائية كما يلي:

$$\overleftarrow{ش_{ك}}_{أ\leftarrow ب} = - س. (جـ_{ب} - جـ_{أ})$$

$$= - س. (جـ_{ب} - جـ_{أ}) = س. مـ ف_{أ\leftarrow ب} جتا\theta$$ أي أن :

وباختصار الشحنة (س.) من الطرفين:

$$- (جـ_{ب} - جـ_{أ}) = مـ ف_{أ\leftarrow ب} جتا\theta$$

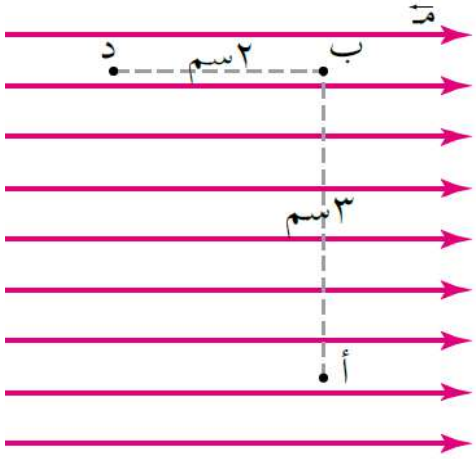
أي ان:

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

تستخدم هذه العلاقة لحساب فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم.

حيث (مـ): مقدار المجال الكهربائي المنتظم،و($ف_{أ\leftarrow ب}$): الإزاحة من (أ) إلى (ب)، و(θ) : الزاوية المحصورة بين اتجاهي المجال الكهربائي والإزاحة؛(٠ ≤ θ ≤ ١٨٠) . وبالاعتماد على هذه العلاقة يمكن القول إن المجال الكهربائي (مـ = $\frac{جـ}{ف}$) مقياس للتغير في الجهد مع تغير الموقع.

مثال (٢- ٦): يبين الشكل ثلاث نقاط (أ،ب،د) ضمن مجال كهربائي منتظم مقداره ($١٠^{٣}$) نيوتن/ كولوم. معتمدًا على الشكل، احسب (جـ ب د)و(جـ أ ب)



الحل:

١) نطبق العلاقة:

$$جـ_{ب د} = مـ ف_{ب\leftarrow د} جتا\theta$$

$$\theta = ١٨٠°$$

$$جـ_{ب د} = ١٠^{٣} \times ٢ \times ١٠^{-٢} \times -١$$

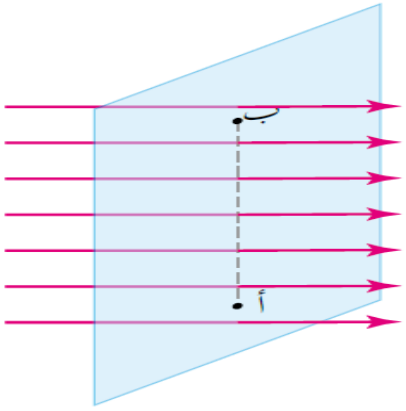
$$= ٢٠ \text{ فولت}$$

٢) $جـ_{أ ب} = مـ ف_{أ\leftarrow ب} جتا\theta$

$$جـ_{أ ب} = ١٠^{٣} \times ٣ \times ١٠^{-٢} \times جتا ٩٠ = صفر$$

جـ أ - جـ ب = صفر، جـ أ = جـ ب

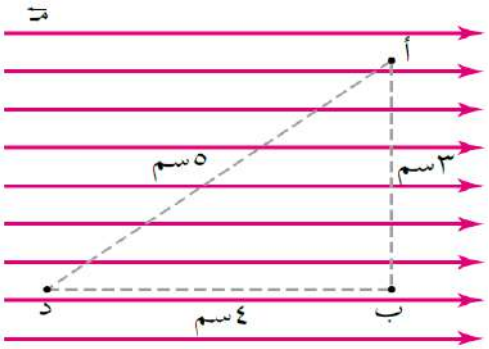
والنقاط جميعها الواقعة على الخط الواصل بين النقطتين (أ)و(ب) متساوية في الجهد، ويسمى السطح الذي تقع عليه هذه النقاط **سطح تساوي الجهد.** لاحظ الشكل



مثال (٢- ٧): يبين الشكل ثلاث نقاط (أ،ب،د) ضمن مجال كهربائي منتظم مقداره (٢×١٠^{٢}) نيوتن/كولوم. معتمدًا على الشكل، احسب احسب ($جـ_{أد}$) في حالتين:

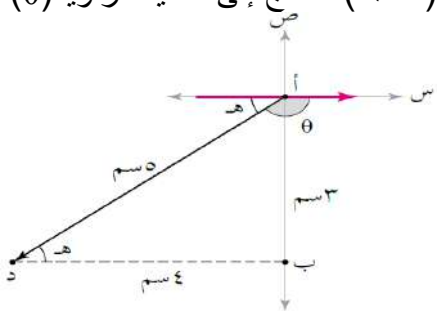
١- عبر المسار (أ ← د)

٢- عبر المسار (أ ← ب ← د)



الحل:

١) لحساب فرق الجهد بين النقطتين (أ،د) عبر المسار (أ ← د) نحتاج إلى تحديد الزاوية(θ) كما في الشكل



حيث جتاθ = - جتاهـ = $-\frac{٤}{٥}$

$جـ_{أد} = مـ \cdot ف_{أ \leftarrow د} \cdot جتا\theta$

$جـ_{ب د} = -٢ \times ١٠^{٢} \times ٥ \times ١٠^{-٢} \times -\frac{٤}{٥}$

= ٨- فولت

٢)) لحساب فرق الجهد بين النقطتين (أ،د) عبر المسار (أ ← ب ← د) :

$جـ_{أد} = جـ_{أب} + جـ_{ب د}$

$جـ_{أد} = مـ \cdot ف_{أب} جتا ٩٠ + مـ \cdot ف_{د ب} جتا ١٨٠$

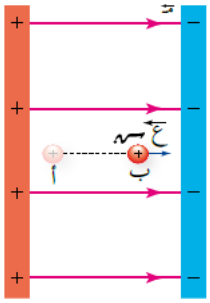
$= ٢ \times ١٠^{٢} \times ٣ \times ١٠^{-٢} \times ٠ + ٢ \times ١٠^{٢} \times ٤ \times ١٠^{-٢} \times -١$

$جـ_{أد}$ = ٨- فولت

نستنتج مما سبق:

ان فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم ثابت ولا يعتمد على المسار، وهذا يعود إلى أن القوة الكهربائية قوة محافظة، وشغلها لا يعتمد على المسار .

مثال (٢- ٨): يتحرك بروتون شحنته (ش) وكتلته (ك) من السكون من النقطة (أ) عند الصفيحة الموجبة إلى النقطة (ب) السالبة عند الصفيحة في الحيز بين صفيحتين كما في الشكل إذا كان فرق الجهد (جـ) بين النقطتين (أ،ب) فأثبت أن سرعة البروتون بعد قطعه الإزاحة بين الصفيحتين تعطى بالعلاقة الآتية:



$$ع = \sqrt{\frac{٢ \cdot ش \cdot جـ}{ك}}$$

الحل: يتحرك البروتون تحت تأثير القوة الكهربائية، ويحسب ($ش_{ك}$) من العلاقة:

$$ش_{ك\ أ \leftarrow ب} = -ش \cdot (جـ_{ب} - جـ_{أ})$$

وبما أن النظام محافظ فإن: $ش_{ك} = \Delta ط_{ح} = ط_{ح ب} - ط_{ح أ}$

ولأن البروتون تحرك من السكون فإن: $-ش \cdot (جـ_{ب} - جـ_{أ}) = ط_{ح ب} - ٠$

وبتعويض ($ط_{ح} = \frac{١}{٢} ك ع^{٢}$) وبإعادة ترتيب الحدود:

$$ش \cdot (جـ_{أ} - جـ_{ب}) = \frac{١}{٢} ك ع_{ب}^{٢}$$

$$ع_{ب}^{٢} = \frac{٢ ش \cdot جـ_{أب}}{ك}$$

$$ع = \sqrt{\frac{٢ ش \cdot جـ}{ك}}$$

من هذه العلاقة يمكن حساب سرعة الجسيمات الذرية المتحركة عبر فرق جهد كهربائي عالٍ، حيث تتحرك هذه الجسيمات بسرعة كبيرة يصعب قياسها عمليًا.

◆ مراجعة (٢-٤)

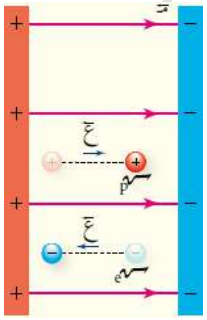
١- يقاس المجال الكهربائي بوحدة (نيوتن/كولوم) وتبين المعادلة ($مـ = \frac{جـ}{ف}$) إن وحدة قياس المجال الكهربائي (فولت/م). أثبت أن الوحدتين متكافئتان.

الحل: $\frac{\text{فولت}}{م} = \frac{\text{جول}}{\text{كولوم م}} = \frac{\text{نيوتن.م}}{\text{كولوم م}} =$ نيوتن/كولوم

٢- تحرك إلكترون و بروتون من السكون في مجال كهربائي منتظم باتجاهين متعاك سين كما هو مبين في الشكل ،فقطع كل منهما الإزاحة نفسها. إذا علمت أن كتلة الإلكترون تعادل $\frac{١}{١٨٤٠}$ من كتلة البروتون تقريبًا، فقارن بين كل مما يأتي في نهاية الإزاحة:

أ- سرعة الإلكترون وسرعة البروتون.

ب- الطاقة الحركية لكل منهما.



الحل:

أ- $ك_{e} < ك_{p}$ ⇦ سرعة الإلكترون أكبر

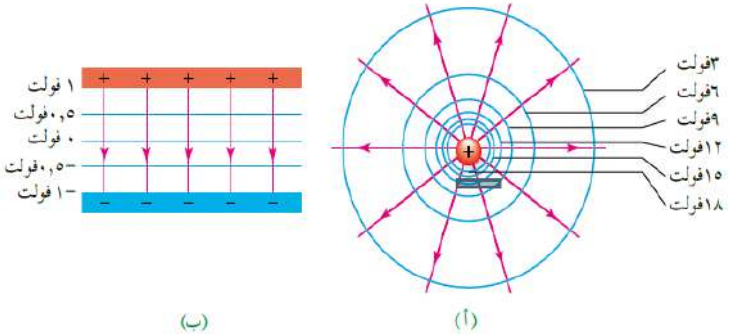
ب- بما أنهما تحركا عبر فرق الجهد نفسه ولهما الشحنة نفسها فإن الطاقة الحركية لهما متساوية:

$\Delta ط_{ح} = \Delta جـ \cdot ش$

(٢-٥): سطوح تساوي الجهد

يسمى السطح الذي يكون الجهد عند نقاطه جميعها متساوياً ويساوي قيمة ثابتة **سطح تساوي الجهد** .

◆ يبين الشكل سطوح تساوي الجهد لشحنة نقطية كما في الشكل(أ) وسطوح تساوي الجهد بين صفيحتين متوازيتين كما في الشكل(ب).ادرس الشكل جيداً، أجب عن الأسئلة الآتية:



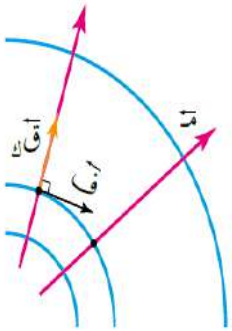
١- صف سطوح تساوي الجهد في الشكلين.

٢- في أي منطقة تتقارب سطوح تساوي الجهد في الشكل(أ)، أبعيدًا عن الشحنة أم بالقرب منها؟ ما علاقة ذلك بمقدار المجال الكهربائي؟

٣- ما الزاوية التي تصنعها سطوح تساوي الجهد مع خطوط المجال الكهربائي؟

علل: سطوح تساوي الجهد دائمًا عمودية على خطوط المجال الكهربائي

بما أنه لا يوجد فرق في الجهد الكهربائي بين أي نقطتين واقعتين على سطح تساوي الجهد فإنه **لا يلزم شغل لنقل شحنة على سطوح تساوي الجهد وعليه تكون سطوح تساوي الجهد دائمًا عمودية على خطوط المجال الكهربائي**،انظر الشكل.



ويمكن أثبات ذلك من العلاقة:

ش = ق ف

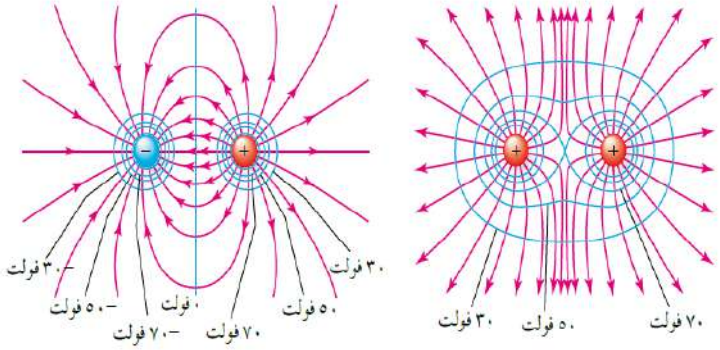
بما أن ش ك = صفر،

فإن جتا θ = صفر، ويكون ذلك صحيحًا عندما (θ = ٩٠°) ؛ أي عندما يتعامد اتجاه الإزاحة مع اتجاه القوة الكهربائية التي تكون باتجاه المجال الكهربائي.

علل: سطوح تساوي الجهد تكون أكثر تقاربًا بالقرب من الشحنة؟

لأن المجال الكهربائي للشحنة النقطية مجال غير منتظم، يقل كلما ابتعدنا عن الشحنة وحيثما تقاربت سطوح تساوي الجهد دل ذلك على قيمة كبيرة للمجال الكهربائي.

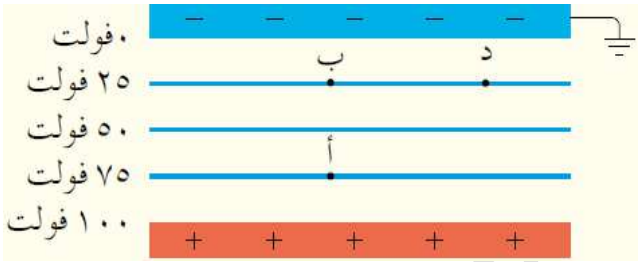
يوضح الشكل سطوح تساوي الجهد لتوزيع من الشحنات الكهربائية، استنتج من الشكل **خصائص سطوح تساوي الجهد**.



سطوح تساوي الجهد	شحنة نقطية	صفيحتين متوازيتين
المجال الكهربائي	غيرمنتظم	منتظم
شكل السطوح	كروية الشكل وهمية	ألواح وهمية متوازية
قيمة الجهد على السطح	متساوية	متساوية
تقارب السطوح	المسافات بين السطوح غيرمتساوية، وتكون أكثر تقاربًا بالقرب من الشحنة؛ لأن المجال الكهربائي للشحنة النقطية مجال غير منتظم.	الحيز بين الصفيحتين تظهر متوازية والمسافات بينها متساوية لتدل على أن المجال الكهربائي منتظم.
الزاوية التي تصنعها	عمودية على خطوط المجال الكهربائي	عمودية على خطوط المجال الكهربائي

مراجعة (٢-٥):

١- يبين الشكل سطوح تساوي الجهد في الحيز بين صفيحتين متوازيتين موصلتين،احسب:



أ- فرق الجهد (جـ أ ب)

ب- شغل القوة الكهربائية المبذول عند نقل شحنة (٢) نانوكولوم من (ب) إلى (د).

الحل:

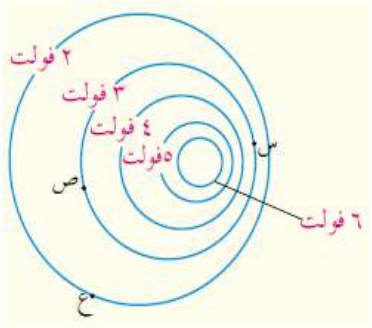
أ) جـ أ ب = جـ أ - جـ ب = ٧٥ ــ ٢٥ = ٥٠ فولت

الحل

ش ب د = - ش (جـ د - جـ ب) = صفر

٢- يوضح الشكل سطوح تساوي الجهد لتوزيع من الشحنات الكهربائية، معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل ،أجب عما يلي:

أ- هل الجهد عند النقطة (س) يساوي الجهد عند النقطة (ص) فسر إجابتك.



ب- قارن بين مقدار المجال الكهربائي عند النقطتين (س) و (ص) مفسرًا إجابتك.

ج- احسب شغل القوة الخارجية اللازم لنقل بروتون من النقطة (ع) إلى النقطة (ص) بسرعة ثابتة.

الحل:

أ- (س، ص) نقطتان تقعان على سطح تساوي الجهد نفسه لذلك جـس=جـص= ٣فولت.

ب(المجال عند(س) أكبر بدليل تقارب سطوح تساوي الجهد في المنطقة التي توجد فيها النقطة س.

ج- ش ع ص = - ش (جـ ص - جـ ع)

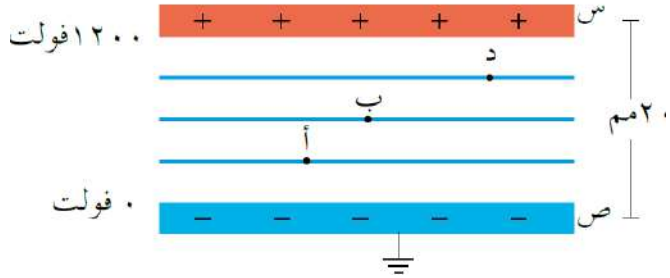
= ش p (٣- ٢)

= ١٠ x ١,٦ $^{-١٩}$ جول

مثال (٢-٩): صفيحتان موصلتان متوازيتان شحنت الصفيحة (س) بشحنة موجبة، وو صلت الصفيحة (ص)بالأرض فشحنت بالحث بشحنة سالبة، ويبين الشكل سطوح تساوي الجهد في الحيز بين الصفيحتين. احسب:

١- المجال الكهربائي بين الصفيحتين مقدارًا واتجاهًا.

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



الحل: ١- مـ = $\frac{\Delta جـ}{ف}$ = $\frac{٠-١٢٠٠}{٢٠ \times ١٠^{-٣}}$ = ٦ × ١٠ ^{٤} فولت/م

ويكون اتجاه المجال الكهربائي نحو المحور الصادي السالب؛ أي من الصفيحة الموجبة إلى الصفيحة السالبة.

٢- بما أن المجال الكهربائي بين الصفيحتين منتظم فالمسافات بين سطوح تساوي الجهد متساوية؛ وعليه فإن:

ف أ ص = $\frac{ف}{٤}$ = $\frac{٢٠}{٤}$ = ٥مم

جـ أ ص = مـ ف أ ص = ٦ × ١٠ ^{٤} × ٥ × ١٠ $^{-٣}$ = ٣٠٠ فولت

وبالمثل:

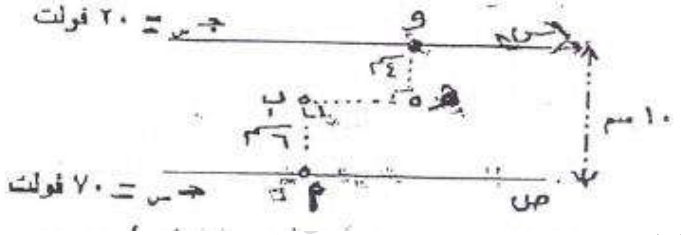
جـ ب = ٦٠٠ فولت

جـ د = ٩٠٠ فولت

وزارة: يوضح الشكل المجاور لوحين فلزيين متوازيين (س،ص) ، بالاعتماد على القيم المثبتة بالشكل،احسب:

١) الجهد الكهربائي عند النقطة (ب)؟

٢) كتلة جسيم شحنته (٢ x ١٠ $^{-٨}$) كولوم متزن عند النقطة (هـ).



الحل:

١- جـ س ص = مـ ف س ص

٧٠ ــ ٢٠ = مـ ١٠ x x ١٠ $^{-٢}$

مـ = ٥٠٠ فولت/م

جـ أ ب = مـ ف أ ب جتا ٠

٧٠ - جـ ب = ٥٠٠ x ٦ x ١٠ $^{-٢}$ x ١

٧٠ - جـ ب = ٣٠ ⟸ جـ ب = ٤٠ فولت

٢- الوزن = قك

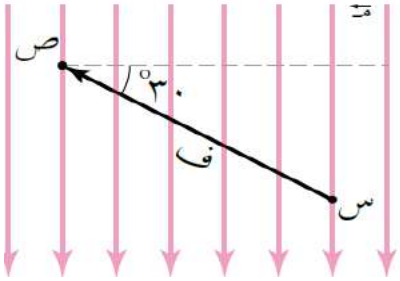
جـ ك = مـ ش

١٠ x ك = ٥٠٠ x ٢ x ١٠ $^{-٨}$ ⟸ ك = ١ x ١٠ $^{-٦}$ كغ

أسئلة الفصل الثاني

س١: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يلي:

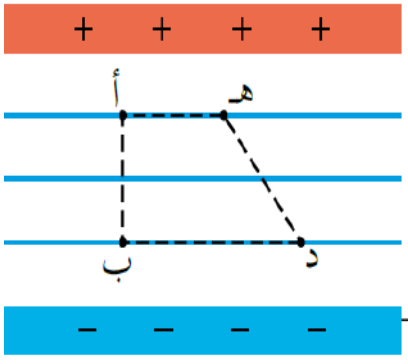
١- تقع النقطتان (س،ص) في مجال كهربائي منتظم مقداره (مـــ)، والبعد بينهما (ف)، كما في الشكل.



فإن (جـــ س ص):

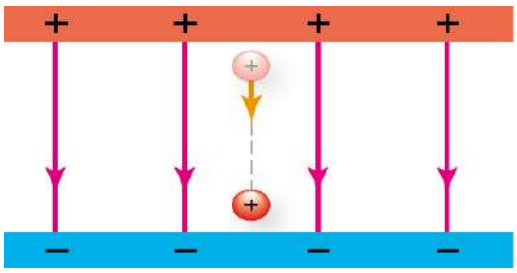
أ) مـ ف جتا ١٨٠ ب) مـ ف جتا ١٢٠
ج) مـ ف جتا ٣٠ د) مـ ف جتا ٦٠

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



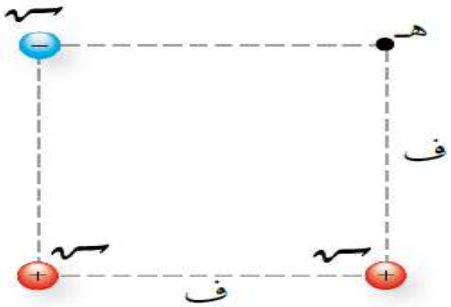
أ) النقطة (د) إلى النقطة (هـ)
ب) النقطة (د) إلى النقطة (ب)
ج) النقطة (أ) إلى النقطة (ب)
د) النقطة (أ) إلى النقطة (هـ)

٣- عندما تتحرك شحنة موجبة حرة في مجال كهربائي منتظم كما في الشكل فإن القوة الكهربائية تبذل عليها شغلا :



أ) موجبًا ، فتزداد طاقة الو ضع الكهربائية للنظام.
ب) سالبًاً، فتقل طاقة الو ضع الكهربائية للنظام.
ج) موجبًا ، فتقل طاقة الو ضع الكهربائية للنظام.
د) سالبًا ، فتزداد طاقة الو ضع الكهربائية للنظام.

٤- عند وضع ثلاث شحنات نقطية متساوية في المقدار عند رؤوس مربع، كما يبين الشكل

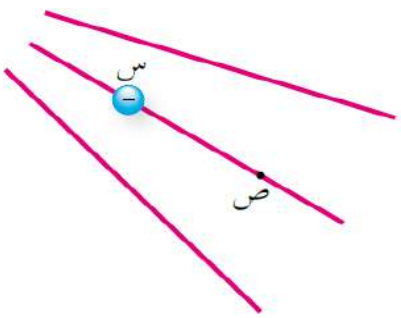


فإن الجهد الكهربائى عند النقطة (هـــ) يساوي :

أ) $٢(\frac{مـ}{ف})$ ب) $٣(\frac{مـ}{ف})$

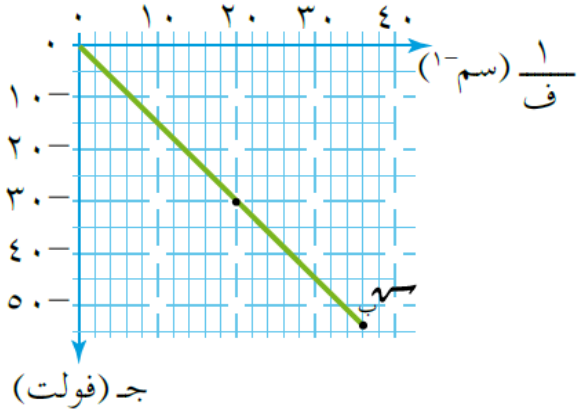
جـ) $٢(\frac{مـ}{٢\sqrt{٧}\ ف})$ د) $(\frac{مـ}{٢\sqrt{٧}\ ف})$

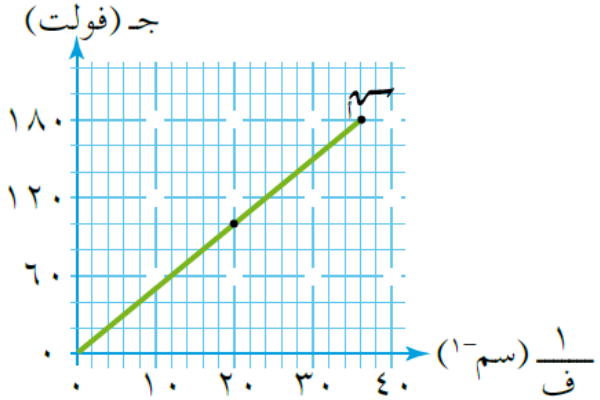
٢- يبين الشكل نقطتين (س،ص) في مجال كهربائي،وضعت شحنة سالبة عند النقطة (س) فتحركت بتأثير القوة الكهربائية نحو النقطة (ص) ادرس الشكل ثم أجب عما يأ تي:



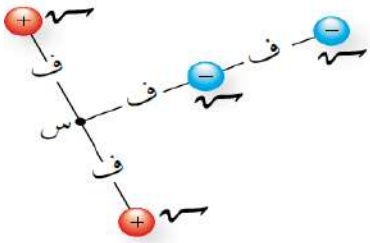
أ- حدد اتجاه المجال الكهربائي.
ب- هل تزداد طاقة الو ضع الكهربائية للشحنة أ م تقل؟

٣- يبين الشكل تمثيلاً بيانيًا للعلاقة بين الجهد الناشئ عن كل من شحنتين نقطيتين (ش١، ش٢)، ومقلوب البعد عن كل منهما، اعتمادًا على البيانات جد مقدار كل من الشحنتين ونوعهما.

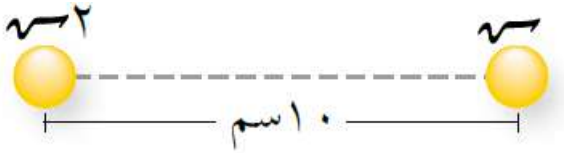




٤- في الشكل احسب الجهد الكهربائي عند النقطة (س) علمًا بأن (ش٣ = ٥) ميكروكولوم، و(ف= ٤) سم



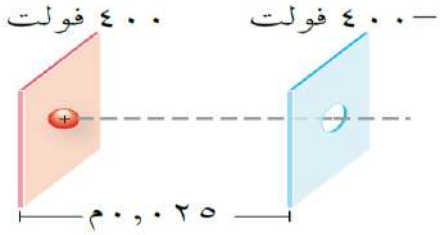
٥- شحنتان نقطيتان متماثلتان في النوع مو ضوعتان في الهواء والمسافة بينهما (١٠) سم كما في الشكل . إذا كانت طاقة الوضع الكهربائية المختزنة في النظام المكون منهما (٧٢ x ١٠⁻٢) جول.فاحسب:



١- مقدار كل من الشحنتين.

ب- الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لنقل الشحنة (ش٣) من موقعها إلى اللانهاية؟

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

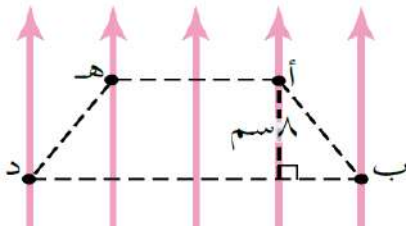


ا- المجال الكهربائي في الحيز بين صفيحتين مقدارًا واتجاهًا.

ب- القوة الكهربائية في البروتون مقدارًا واتجاهًا.

ج- سرعة البروتون لحظة خروجه من الثقب في الصفيحة السالبة.

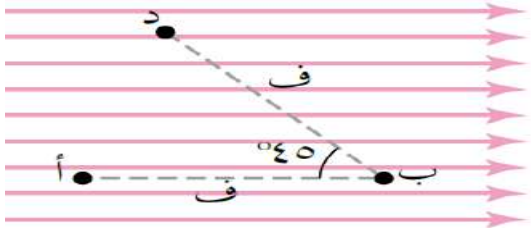
٧- يبين الشكل أربع نقاط (أ، ب، د، هـ) تقع في مجال كهربائي منتظم مقداره (١٠ ^٣) فولت/م.



ا- فرق الجهد(جـ هـ د).

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

٨- يبين الشكل ثلاث نقاط (أ، ب، د) في مجال كهربائي منتظم مقداره (٦٠٠) فولت/م.



إذا كانت (ف = ٥) سم ،فاحسب:

أ- جـ أ ب

ب- جـ ب د

ج- جـ أ د عبر المسار (أ ←ب ← د).

إجابات اسئلة الفصل الثاني

١-

الفقرة	١	٢	٣	٤
رمز الإجابة	ج	أ	ج	د

٢-

أ) من (ص) إلى (س)

ب) تقل.

جـ) جـ$_{ص}$ > جـ$_{س}$ ⇐ جـ$_{ص}$ − جـ$_{س}$: سالب.

٣)

الرسم البياني الأول: جـ = أ $\frac{\text{س}}{\text{ف}}$

١٠٠ = ١٠ × ٩ × ١٠^{٩} × ٢٠ × ١٠^{٢} × س

س = $\frac{٥}{٩}$ × ١٠$^{-١١}$ كولوم

الرسم البياني الثاني: جـ = أ $\frac{\text{س}}{\text{ف}}$

−٣٠ = ١٠ × ٩ × ١٠^{٩} × ٢٠ × ١٠^{٢} × س

س = $\frac{-٣}{١٨}$ × ١٠$^{-١١}$ كولوم

٤)

جـ$_{س}$ = جـ$_{١}$ + جـ$_{٢}$ + جـ$_{٣}$ + جـ$_{٤}$

= ١٠ × ٩ × ١٠^{٩} ($\frac{-٥ \times ١٠^{-٦}}{٨ \times ١٠^{-٢}}$ + $\frac{٥ \times ١٠^{-٦}}{٤ \times ١٠^{-٢}}$ + $\frac{-٥ \times ١٠^{-٦}}{٤ \times ١٠^{-٢}}$ + $\frac{٥ \times ١٠^{-٦}}{٤ \times ١٠^{-٢}}$)

جـ$_{س}$ = $\frac{٤٥}{٨}$ × ١٠^{٩} فولت

٥)

أ) ط$_{و}$ = $\frac{\text{ق}^{٢} \times \text{س}^{٢} \times \text{ف}^{٢}}{\text{ق}}$

ط$_{و}$ = $\frac{٢ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٩}}{١٠ \times ١٠^{-٦}}$ = ٧٢ × ١٠$^{-٢}$

٧٢ × ١٠$^{-٢}$ = ٢ × ١٠^{٩} × ٢ × ١٠$^{-٩}$ × س^{٢}

س^{٢} = $\frac{٧٢ \times ١٠^{-٣}}{٩ \times ١٠^{٩} \times ٢}$ = ٤ × ١٠$^{-١٢}$

س = ٢ × ١٠$^{-٦}$ كولوم، بما أن طاقة وضع النظام موجبة؛ فإن الشحنتين لهما النوع نفسه.

وتكون الشحنة الثانية ٢س = ٤ × ١٠$^{-٦}$ كولوم.

ب) ش$_{\text{نقطة}\leftarrow\infty}$ = − س (جـ$_{\infty}$ − جـ$_{\text{نقطة}}$)، حيث جـ$_{\text{نقطة}}$ = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٤ \times ١٠^{-٦}}{١٠ \times ١٠^{-٢}}$ = ٣٦ × ١٠^{٤} فولت

ش = − ٢ × ١٠$^{-٦}$ × (٠ − ٣٦ × ١٠^{٤})

= ٧٢ × ١٠$^{-٢}$ جول

٦)

أ) مـ = $\frac{\Delta \text{جـ}}{\text{ف}}$ = $\frac{(-٤٠٠) - (٤٠٠)}{٢٥ \times ١٠^{-٣}}$ = $\frac{٨٠٠}{٢٥}$ × ١٠^{٢}

مـ = ٣٢ × ١٠^{٣} فولت /م، باتجاه المحور السيني الموجب.

ب) ق$_{ك}$ = مـ س = ٣٢ × ١٠^{٣} × ١٫٦ × ١٠$^{-١٩}$

ق = ٥١٫٢ × ١٠$^{-١٦}$ نيوتن، باتجاه المحور السيني الموجب.

جـ) ع = $\sqrt{\frac{٢ \text{جـ} \cdot \text{س}}{\text{ك}}}$

ع = $\sqrt{\frac{٢ \times ٨٠٠ \times ١٫٦ \times ١٠^{-١٩}}{١٫٦٧ \times ١٠^{-٢٧}}}$

ع ≈ ٣٩ × ١٠^{٤} م/ث

٧)

أ) نفرض نقطة نسميها (س) تبعد عن (هـ) مسافة (٨) سم.

جـ$_{هـ}$ = جـ$_{هـ س}$ + جـ$_{س د}$

= مـ ف$_{هـ س}$ جتا ١٨٠ + مـ ف$_{س د}$ جتا ٩٠

= ١٠ × ٨ × ١٠$^{-٢}$ × ١ − + ٠

= − ٨٠ فولت

ب) ش$_{\text{يهد}}$ = − س (جـ$_{د}$ − جـ$_{ي}$) جـ$_{ي}$ = جـ$_{هـ}$ + جـ$_{ي هـ}$

ش = − ١ × ١٠$^{-٦}$ (− ٨٠) = مـ ف$_{ي هـ}$ جتا ٩٠ + مـ ف$_{ي ن}$ جتا θ

ش = ٨ × ١٠$^{-٥}$ جول = ٠ + ١٠ × ف$_{ن}$ × $\frac{-٨ \times ١٠^{-٢}}{\text{ف}_{ن}}$

= − ٨٠ فولت

٨)

أ) جـ$_{ن}$ = مـ ف$_{ن}$ جتا θ

= ١ × ١٠$^{-٢}$ × ٥ × ٦٠٠

= ٣٠ فولت

ب) جـ$_{د}$ = مـ ف$_{د}$ جتا θ

= ١٠ × ٥ × ٦٠٠ × ١٠$^{-٢}$ × جتا ١٣٥

= ٣٠ × − ٠٫٧

= − ٢١ فولت

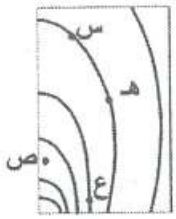
جـ) جـ$_{هـ د}$ = جـ$_{ن}$ + جـ$_{د}$

= ٣٠ + − ٢١ = ٩ فولت

تمارين: (معظمها أسئلة وزارية للفرعين العلمي والصناعي قبل عام ٢٠١٩م).

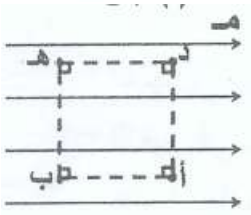
أ- ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يلي:

١- (٢٠١٩): يبين الشكل المجاور أجزاء من سطوح تساوي الجهد لتوزيع من الشحنات الكهربائية فإن النقطتين اللتين يتساوى الجهد عندها :



أ) (س،ص) ب) (ص،ع) ج) (س،ع) د) (هـ،س)

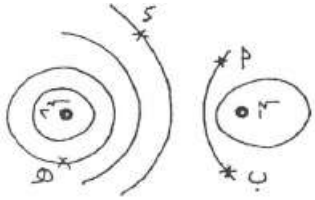
٢- في الشكل المجاور يكون الشغل المبذول من القوة الخارجية لنقل شحنة موجبة من النقطة (أ) الى النقطة (ب) بسرعة ثابتة يساوي الشغل المبذول لنقل الشحنة نفسها بسرعة ثابتة :



أ) من النقطة (ب) الى النقطة (هـ) ب) من النقطة (هـ) الى النقطة (د)

ج) من النقطة (د) الى النقطة (هـ) د) من النقطة (أ) الى النقطة (د) **(٢٠١٩):**

٣- يمثل الشكل المجاور توزيع سطوح متساوية الجهد لشحنتي متجاورتين، فإذا علمت أن (جـ مـ موجب) و(جـ ب = صفر) فإن:



أ) جهد أ سالب و جهد د موجب ب) جهد أ صفر و جهد د موجب

ج) جهد أ موجب و جهد د صفر د) جهد أ صفر و جهد د صفر

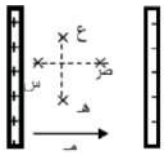
٤- احسب الشغل اللازم لنقل شحنة نقطية موجبة مقدارها ٤ميكروكولوم من النقطة (ب) الى النقطة (أ) ، اذا علمت أن جـ أ = ١٢ فولت، جـ ب = ٢٠ فولت.

أ) ٣٢× ١٠$^{-٦}$ جول ب) – ٣٢× ١٠$^{-٦}$ جول ج) ٨× ١٠$^{-٦}$ جول) د) –٨× ١٠$^{-٦}$ جول

٥- تحركت شحنة الكهربائية موجبة من نقطة جهدها الكهربائي عالٍ إلى نقطة جهدها الكهربائي منخفض، فإن طاقة الوضع الكهربائية لتلك الشحنة :

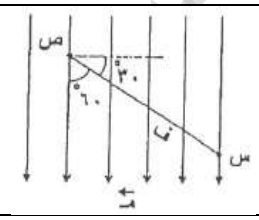
أ) تزداد ب) تقل ج) تبقى ثابتة د) تساوي صفر

٦- في الشكل المجاور لا تتغير طاقة الوضع الكهربائية للجسم المشحون عند انتقاله في المجال الكهربائي المنتظم:



أ) (ع، س) ب) (ص، س) **ج) (ع ، هـ)** د) (ص، هـ)

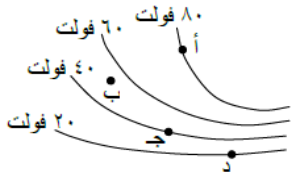
٧- تقع النقطتان (س،ص) في مجال كهربائي منتظم وتفصلهما مسافة (ف)،كما في الشكل ،



إن جـص س يساوي:

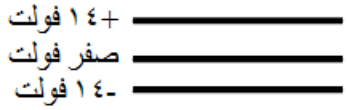
أ) مـ ف ب) مـ ف جتا ٣٠ **ج)** مـ ف جتا ١٢٠ د) مـ ف جتا ٦٠

٨- يبين الشكل المجاور سطوح تساوي الجهد لتوزيع من الشحنات الكهربائية، النقطة التي يكون المجال كهربائي عندها أكبر ما يمكن هي:



أ) أ ب) ب ج) جـ د) د

٩- يبين الشكل المجاور بعضاً من سطوح تساوي الجهد بين صفيحتين متوازيتين مشحونتين،أي العبارات الآتية تصف المجال كهربائي بين الصفيحتين:



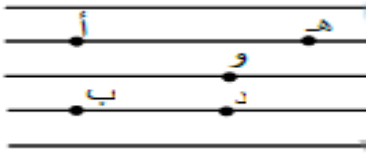
أ) منتظم باتجاه (+ ص) ب) منتظم باتجاه (– ص)

ج) متزايد باتجاه (+ ص) د) متزايد باتجاه (– ص)

١٠- تتحركت شحنة كهربائية موجبة من نقطة جهدها الكهربائي عالٍ إلى نقطة جهدها الكهربائي منخفض،فإن طاقة الوضع الكهربائي لتلك الشحنة :

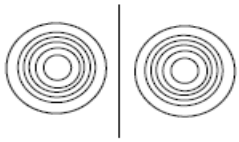
أ) تساوي صفر. ب) تبقى ثابتة. ج) تقل. د) تزداد.

١١- إذا كانت (أ ،ب ،د ،هـ ،و) نقاط في مجال كهربائي منتظم كما في الشكل، فإن النقطتين اللتين لهما جهد كهربائي يساوي فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين (أ،ب) هما:



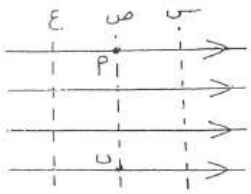
أ) (أ ،هـ) ب) (د ،و) ج) (أ ،و) د) (هـ ،ب)

١٢- يمثل الشكل المجاور سطوح تساوي الجهد الناشئة عن :



أ) شحنة صفيحة مستوية ب) شحنة صفيحة غيرمستوية

ج) شحنتين نقطيتين متماثلتين د) شحنتين نقطيتين مختلفتين



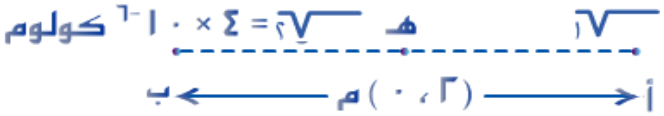
٢- يوضح الشكل المجاورمجال كهربائي منتظم وتمثل الخطوط (س،ص،ع) سطوح متساوية الجهد، معتمداً على الشكل، أجب عما يأتي:

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- مسائل حسابية (وزارية)

١- شحنتان نقطيتان(ش١، ش٢)، موضوعتان في الهواء عند النقطتين (أ ، ب) ، فإذا كان الجهد



الكهربائي عند النقطة (هـ) الواقعة في منتصف المسافة بنهما يساوي صفراً ، بالاعتماد على البيانات المثبتة على الشكل .

احسب ما يأتي :

١- الشحنة ش١

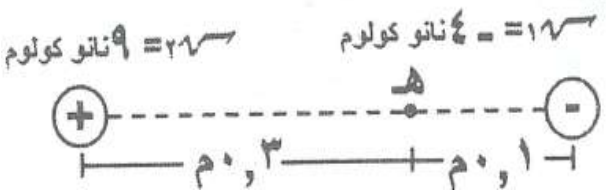
٢- المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) .

٣- التغير في طاقة الوضع الكهربائية للشحنة ش١ عند انتقالها من النقطة (أ) إلى النقطة (هـ) . (وزارة ٢٠٠٣)

٢- شحنتان نقطيتان موضوعتان في الهواء ، اعتماد على البيانات المثبتة على الشكل .احسب:

١- المجال الكهربائي المحصل مقداراً واتجاهاً عند النقطة (هـ) .

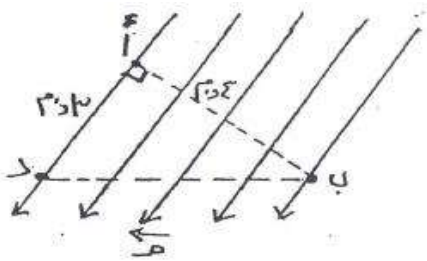
٢- التغير في طاقة الوضع الكهربائية للشحنة (٢×١٠^-٦)عندما تنقلها القوة الكهربائي من اللانهاية إلى النقطة (هـ) .



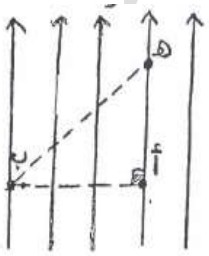
(وزارة ٢٠١٩)

٣- ثبت لوحان فلزيان مشحونان متوازيان قبالة بعضهما البعض داخل أنبوب مفرغ من الهواء وعلى بعد (٢× ١٠$^{-٢}$) م من بعضهما ، فتولد بينهما مجالاً كهربائياً قدره (٣× ١٠^{٥}) فولت /م، احسب:
أ - فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين .
ب- مقدار القوة المؤثرة في شحنة نقطية مقدارها (-١× ١٠$^{-٦}$) كولوم وضعت بين اللوحين .
ج- الشغل الذي يبذله المجال في نقل شحنة مقدارها (-١× ١٠$^{-٦}$) كولوم من اللوح السالب الى اللوح الموجب.

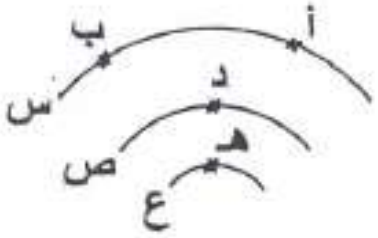
٤- مجال كهربائي منتظماً (مـ) يؤثر بالاتجاه الموضّح في الشكل المجاور، إذا كان مقدار الشغل الخارجي اللازم لنقل شحنة مقدارها(٢× ١٠$^{-٦}$) كولوم من النقطة (د) الى النقطة (ب) يساوي (٦× ١٠$^{-٥}$) جول, اعتماداً على البيانات المبينة بالشكل احسب مقدار المجال الكهربائي (مـ)



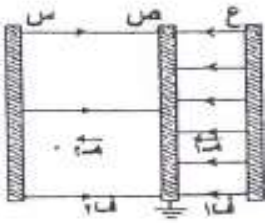
٥- يوضح الشكل المجاور مجالاً كهربائياً منتظماً (مـ) مقداره (٢ ×١٠^{٤}) نيوتن/ كولوم والنقاط (أ،ب،هـ) واقعة في المجال،بحيث تقع النقطتان(أ، هـ) على خط مجال واحد والزاوية (هـ أ ب) قائمة. وطول (أ هـ) يساوي (٨) سم.
أجب عما يأتي:
١) ماذا يحدث لإلكترون حر عند وضعه في النقطة (هـ)؟
٢) احسب الشغل المبذول من قبل قوة خارجية في نقل شحنة كهربائية مقدارها (٣ ×١٠$^{-٩}$) كولوم من النقطة (هـ) إلى النقطة (ب).
٣) احسب كتلة جسيم شحنته (١ ×١٠$^{-٩}$) كولوم إذا اتزن عند وضعه في النقطة (ب).



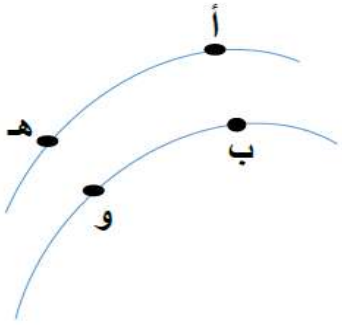
٦- يمثل الشكل المجاور سطوح تساوي الجهد(س،ص،ع) لشحنة نقطية والنقاط (أ،ب،د،هـ) واقعة على هذه السطوح،إذا علمت ان (جـ أ هـ=٨ فولت) ، وأن شغل القوة الكهربائية المبذول لنقل شحنة (-٢ ×١٠$^{-٦}$) كولوم من النقطة (د) إلى (ب) يساوي (٤ ×١٠$^{-٦}$) جول.
احسب (جـهـد).



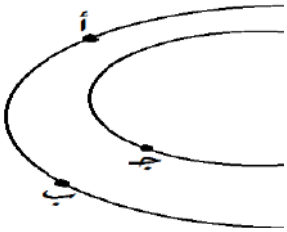
٧- معتمداً على البيانات المثبتة في الشكل والذي يمثل ثلاث صفائح موصلة (س،ص،ع)، وإذا علمت أن (جـع = جـس) أثبت أن
ف١ = ١/٢ ف٢



٨- يمثل الشكل المجاور سطحي تساوي جهد :
(جـ أ=١٠) فولت ،
(جـ ب= ١٥) فولت
أوجد ما يلى :
١- جـهـ ، جـ و
٢- جـ أو، جـ ب هـ، جـ أب، جـ أهـ
٣- الشغل المبذول في نقل بروتون من النقطة هـ←و

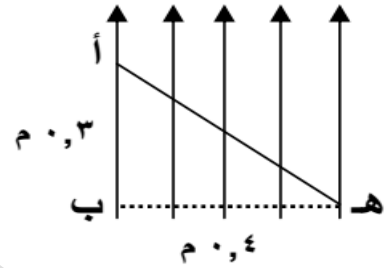


٨- الشكل التالي يمثل سطحان من سطوح تساوي الجهد ، والنقاط (أ ،ب، جـ) تقع على السطحين ، وكان جهد (أ) = ٢٠ فولت ، وجهد (جـ) = ٣٢ فولت ا احسب :
١- جـ أب ، جـ جـب.
٢- الشغل اللامن لنقل شحنة مقدا ها ١ × ١٠ $^{-٦}$ كولوم من (ب) إلى (ج) .

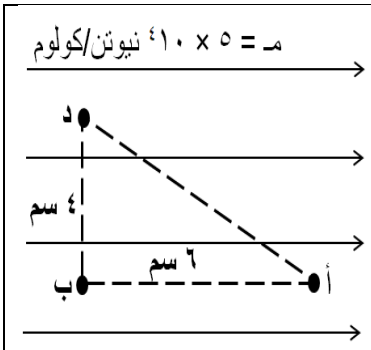


١٠- يمثل الشكل المجاور شحنة نقطية (س)، موضوعة في الهواء ، إذا كان مقدار المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) يساوي (٥٠) نيوتن/م ، وإذا كان الجهد الكهربائي عند النقطة (هـ) يساوي (٣٠) فولت.احسب:
١- مقدار الشحنة (س).
٢- شغل القوة الخارجية المبذول لنقل شحنة (٤) بيكوكولوم من اللانهاية إلى النقطة (هـ) بسرعة ثابتة.

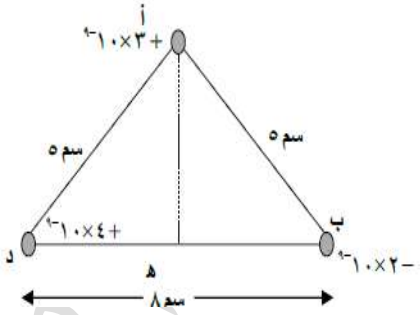
١١- يمثل الشكل المجاور مجالاً كهربائياً منتظماً مقداره (١٠ ^{٣}) فولت/م ، اعتماداً على القيم احسب :
١) فرق الجهد بين النقطتين أ،هـ
٢) الشغل اللازم لنقل شحنة (١) ميكروكولوم من النقطة (هـ) إلى (أ) .



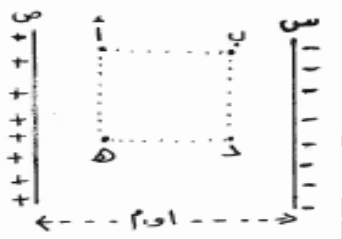
١٢- مجال كهربائي منتظم مقداره (٥ × ١٠ ^{٤}) نيوتن/كولوم، كما يوضح الشكل، إذا وضعت عند النقطة (د) شحنة مقدارها(- ٣) ميكروكولوم ، احسب:
١- القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة.
٢- التغير في طاقة الوضع الكهربائية للشحنة عندما تنقلها القوة الكهربائية إلى النقطة (أ) .
٣- حدد نقطتان على الشكل فرق الجهد بينها يساوي صفرا، مفسراً السبب .



١٣- في الشكل المجاور ثلاث شحنات نقطية مقاسة بالكولوم موضوعة بالهواء , بالاعتماد على البيانات المثبتة على الشكل , جد ما يلي
١- الجهد الكهربائي عند النقطة (هـ) الواقعة في منتصف المسافة (ب,د)؟
٢- الشغل اللازم لنقل بروتون من المالانهاية الى النقطة (هـ) ؟
٣- طاقة الوضع الكهربائية للبروتون عند النقطة (هـ)



١٤- يمثل الشكل المجاور لوحين فلزيان فلزيين (س،ص) متوازيين لانهائيين تفصل بينهما مسافة (٠.١) م،والنقاط (أ،ب،د،هـ) داخل المجال الكهربائي بين اللوحين وتمثل رؤوس مربع طول ضلعه (٠.٠٤) م،حيث أم الضلع (أهـ) عمودي على المجال . فإذا علمت أن القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة مقدارها (٢× ١٠ $^{-٦}$) كولوم تقع بين اللوحين تساوي(٢× ١٠ $^{-٣}$) نيوتن،احسب :
أ - فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين .
ب- الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها (٥× ١٠ $^{-٦}$) من النقطة (أ) إلى النقطة (د).



مصطفى دعمس

نماذج من اجابات الاسئلة الوزارية

ج١- (وزارة ٢٠٠٣)

١- جـ هـ = صفر = $٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش_{١}}{ق_{١}} + ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش_{٢}}{ق_{٢}}$

صفر = $٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش_{١}}{٠.١} + ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٤ \times ١٠^{-٦}}{٠.١}$

$ش_{١} = -٤ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

٢- مـ هـ = مـ ١ + مـ ٢

مـ هـ = $٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش_{١}}{ق} + ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش_{٢}}{ق}$

مـ هـ = $٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش_{١}}{(٠.١)^{٢}} + ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٤ \times ١٠^{-٦}}{(٠.١)^{٢}}$

= ٧٢×١٠^{٥} نيوتن / كولوم بالاتجاه (هـ) ← (أ)

٣- التغيير في طاقة الوضع الكهربائية $\Delta ط = ش$ منقولة جـ هـ أ

نبعد الشحنة $س_{١}$ مؤقتاً لحساب الجهدين جـ أ ، جـ هـ الناشئين عن الشحنة $س_{٢}$

جـ أ = $٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٤ \times ١٠^{-٦}}{٠.٢} = ١٨ \times ١٠^{٤}$ فولت

جـ هـ = $٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٤ \times ١٠^{-٦}}{٠.١} = ٣٦ \times ١٠^{٤}$ فولت

∴ $\Delta ط = س$ منقولة (جـ هـ - جـ هـ)

= $-٤ \times ١٠^{-٦} \times (٣٦ \times ١٠^{٤} - ١٨ \times ١٠^{٤}) = -٠.٧٢$ جول .

وتكون قيمة الشغل سالبة لأن الشحنة السالبة تتحرك تلقائياً بالإتجاه هـ ← أ.

جواب س٢: (وزارة ٢٠١٩)

١- مـ هـ = مـ ١ + مـ ٢

مـ هـ = $٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش_{١}}{ق} + ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش_{٢}}{ق}$

مـ هـ = $٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٤ \times ١٠^{-٦}}{١ \times ١٠^{-٢}} + ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٩ \times ١٠^{-٩}}{٩ \times ١٠^{-٢}}$

= $٣٦ \times ١٠^{٢} + ٩ \times ١٠^{٢} = ٤٥ \times ١٠^{٢}$ نيوتن/كولوم

باتجاه المحور السيني الموجب

٢- $\Delta ط_{\infty \leftarrow هـ} = س$ (جـ هـ - جـ ∞) ، لكن جـ هـ = ؟؟

جـ هـ = $٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش_{١}}{ق_{١}} + ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش_{٢}}{ق_{٢}}$

= $٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{-٤ \times ١٠^{-٩}}{١ \times ١٠^{-٢}} + ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٩ \times ١٠^{-٩}}{٣ \times ١٠^{-٢}}$

= ٣٣٠ فولت

$\Delta ط_{\infty \leftarrow هـ} = ٩ \times ١٠^{-٦} (٠ - ٣٣٠)$

$= -٦٦ \times ١٠^{-٦}$ جول

ج٣: ١) جـ = مـ ف جتاθ = (٦×١٠^{٣}) فولت

٢) ق= مـ $س$ = ٠,٣نيوتن

٣) الشغل = $س$ Δجـ = -٦×١٠^{-٦} جول.

جواب س٤:

$ش_{خ دـ ← ب} = س (جـ_{ب} - جـ_{د})$

$٦ \times ١٠^{-٥} = ٢ \times ١٠^{-٦} \times جـ_{ب د}$

$جـ_{ب د}$ = ٣٠ فولت

جـ ب د = مـ ف ب أ جتا٩٠ + مـ ف ب أ جتا٠

٣٠ = صفر + مـ ×٠,٣ ⟸ مـ = ١٠٠فولت/م

جواب س٥ :

١- سيتحرك الإلكترون عكس اتجاه المجال الكهربائي او يتأثر بقوة كهربائية عكس المجال

٢- جـ ب هـ = جـ ب أ + جـ أهـ

جـ أد = **مـ ف ب أ جتا ٩٠ + مـ ف أهـ جتا ٠**

= $١ \times ١٠^{٤} \times ٢ \times ١٠^{-٢} + ٠ \times ٨$

جـ أد = ١٦×١٠^{٢} فولت

ش هـ ب = $س (جـ_{ب} - جـ_{هـ})$

= $٣ \times ١٠^{-٩} \times ١٦ \times ١٠^{٢} = ٤٨ \times ١٠^{-٧}$ جول

٣- الوزن = قك

جـ ك = مـ $س$

$١٠ \times ك = ٢ \times ١٠^{٤} \times ١ \times ١٠^{-٩}$ ⟸ ك= ٢×١٠^{-٦} كغ

ج٦: ش د ب = $-س (جـ_{ب} - جـ_{د})$

$٤ \times ١٠^{-٦} = -(-٢ \times ١٠^{-٦}) \times جـ_{ب د}$

جـ ب د = **٢ فولت** ،حيث جـ أ = جـ ب (السطح نفسه)

جـ ب د = جـ ب د= **٢ فولت** .....(١)

جـ أهـ = جـ أ - جـ هـ = ٨ فولت .....(٢)

بطرح (١) من (٢):

جـ هـ د = جـ هـ -جـ د = -٦ فولت

ج:١١

١- $جـ_{هـ} = ٩ \times ١٠^{٩} \{\frac{ش_{١}}{ق_{أهـ}} + \frac{ش_{٢}}{ق_{بهـ}} + \frac{ش_{٣}}{ق_{دهـ}}\}$

= $٩ \times ١٠^{٩} \{\frac{٣ \times ١٠^{-٩}}{٣ \times ١٠^{-٢}} + \frac{-٢ \times ١٠^{-٩}}{٤ \times ١٠^{-٢}} + \frac{٤ \times ١٠^{-٩}}{١٠ \times ١٠^{-٢}}\}$

$جـ_{هـ}$ = ١٣٥٠ فولت

ش $_{\infty \leftarrow هـ} = س^{P}$ (جـ هـ - جـ ∞)

= $١,٦ \times ١٠^{-١٩} (١٣٥٠ - ٠)$

= $٢,٦ \times ١٠^{-١٦}$ جول

$\Delta ط_{\infty \leftarrow هـ}$ = ش $_{\infty \leftarrow هـ}$ = $٢,٦ \times ١٠^{-١٦}$ جول

المصطلح	القانون	وحدة القياس	ملاحظات
المواسعة الكهربائية	$س = \frac{سـ}{جـ} = \frac{سـ}{مـ ف}$	فاراد	وبتعويض $(مـ = \frac{\sigma}{\varepsilon_{\circ}})$، $س = \frac{سـ\ \varepsilon_{\circ}}{ف\ \sigma}$
المواسعة الكهربائية	$س = \frac{\rho . \varepsilon}{ف}$	فاراد	وبتعويض $(\sigma = \frac{سـ}{\rho})$، فإن: $س = \frac{\rho\ سـ\ \varepsilon_{\circ}}{سـ\ ف}$
الطاقة المختزنة في المواسع	$ط = \frac{1}{2}\ سـ\ جـ$ $ط = \frac{1}{2}\ س\ جـ^{2}$ $ط = \frac{1}{2}\ \frac{سـ^{2}}{س}$	جول	
المواسعة المكافئة على التوالي	$\frac{1}{س_{م}} = \frac{1}{س_{1}} + \frac{1}{س_{2}} + \frac{1}{س_{3}} + ...$	فاراد	١) الشحنة الكهربائية تبقى ثابتة ولا تتوزع ، أي أن : $سـ_{م} = سـ_{1} = سـ_{2} = سـ_{3}$ ٢) الجهد الكهربائي الكلي يتوزع على جميع المواسعات ، أي أن : $جـ_{م} = جـ_{1} + جـ_{2}$
المواسعة المكافئة على التوازي	$س_{م} = س_{1} + س_{2} + س_{3} + ...$	فاراد	٢- الشحنة الكهربائية تتوزع على جميع المواسعات ، أي أن : $شـ_{كلية} = سـ_{1} + سـ_{2} + سـ_{3}$ ٣- الجهد الكهربائي الكلي يبقى ثابتاً ولا يتوزع ، أي أن : $جـ_{م} = جـ_{1} = جـ_{2}$

ما وظيفة المواسع الكهربائي أو المكثف ؟
تحتاج بعض الدارات الكهربائية إلى تخزين الطاقة

يبين الشكل التمثيل البياني العلاقة الخطية بين جهد المواسع و شحنته.

الكهربائية فيها؛ لذلك يوجد أداة تستخدم لتخزين الطاقة الكهربائية تسمى المواسع الكهربائي.

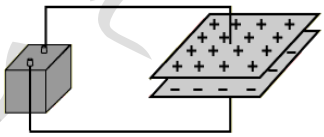
مم يتكون المواسع؟وما انواعه؟

يتكون المواسع من موصلين تفصل بينهما مادة عازلة مثل الهواء والبلاستيك والورق. وتوجد المواسعات بأشكال وحجوم مختلفة، لاحظ الشكل فمنها المواسع ذو الصفيحتين المتوازيتين، والمواسع الأسطواني.

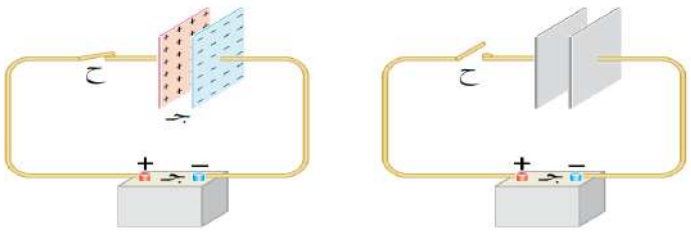
ويتكون المواسع ذو الصفيحتين المتوازيتين بأبسط أشكاله، من صفيحتين موصلتين متوازيتين متساويتين في المساحة، تفصل بينهما طبقة من مادة عازلة.

كيف يمكن شحن المواسع؟وضح ذلك بالرسم؟

١- يتم شحن المواسع بوصل صفيحتيه مع بطارية، لاحظ الشكل إذ تمثل البطارية مصدراً للطاقة الكهربائية تعمل على شحن إحدى صفيحتي المواسع بشحنة موجبة، والأخرى منة بشحنة مساوية سالبة.

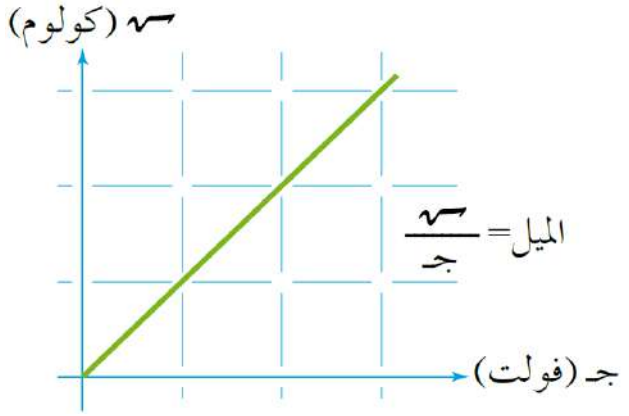


٢- تتطلب عملية الشحن زمنًا قصيرًا تنمو خلاله الشحنة على المواسع بعد غلق المفتاح (ح)، ويزداد جهد المواسع طرديًا مع الشحنة، وتنتهي عملية الشحن عندما يتساوى فرق الجهد بين صفيحتي المواسع مع فرق الجهد بين طرفي البطارية ، وعندها تصل الشحنة على المواسع إلى قيمتها النهائية، وتكون كمية الشحنة على كل من الصفيحتين متساوية في المقدار.



كيف يرمز للمواسع في الدارات الكهربائية ؟

يرمز عادة للموا سع في الدارات الكهربائية بخطين متوازيين (⊣⊢).



١- ماذا يمثل ميل الخط المستقيم ؟

يمثل ميل الخط المستقيم كمية فيزيائية تسمى المواسعة الكهربائية، ويرمز لها بالرمز(س)، أي أن: $س = \frac{س}{جـ}$

حيث: (س) شحنة الموا سع عند أي لحظة، ويعبر عنها بالقيمة المطلقة للشحنة على أي من صفيحتي المواسع ، و(جـ): فرق الجهد بين صفيحتي المواسع عند تلك اللحظة **(جهد المواسع)**.

٢- ماذا تمثل المساحة تحت منحنى (الجهد – الشحنة؟

مساحة المثلث = $\frac{١}{٢}$ القاعدة × الارتفاع

$= \frac{١}{٢} \times س \times جـ$

تمثل المساحة تحت منحنى (الجهد – الشحنة) مقدار الشغل المبذول لشحن المواسع أو الطاقة المختزنة في المواسع.

تعريف المواسعة الكهربائية:

النسبة بين كمية الشحنة المختزنة في المواسع وفرق الجهد بين طرفيه (صفيحتيه).

$$س = \frac{س}{جـ}$$

ما وحدة قياس المواسعة الكهربائية؟

تقاس المواسعة الكهربائية بوحدة كولوم / فولت وتسمى **الفاراد** .

ويمثل الفاراد مواسعة مواسع يختزن شحنة مقدارها (١) كولوم عندما يكون فرق الجهد بين صفيحتيه (١) فولت.

وتعد المواسعة مقياسا لقدرة المواسع على تخزين الشحنات الكهربائية.

مثال(٣-١): مواسع ذو صفيحتين متوازيتين، وصل مع بطارية فرق الجهد بين طرفيها (١٢) فولت فاكتسب

مثال(٣-٢) : يبين الشكل التمثيل البياني للعلاقة الخطية بين جهد مواسع ذي صفيحتين متوازيتين و شحنته .

شحنة مقدارها (٦ × ١٠$^{-٦}$) كولوم:
١- احسب موا سعة الموا سع.
٢- إذا وصل المواسع مع بطارية ذات فرق جهد أكبر. ماذا يحدث لكل من شحنته ومواسعته. فسر إجابتك.

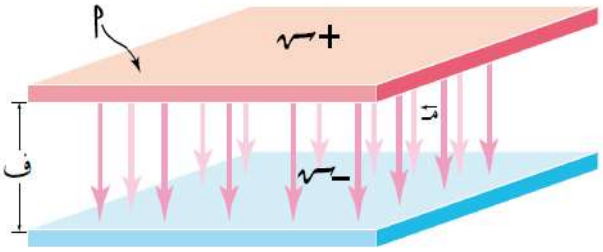
الحل: ١- تحسب الموا سعة من العلاقة: س = $\frac{\text{ش}}{\text{جـ}}$

س= $\frac{٦\times١٠^{-٦}}{١٢}$ = ٠,٥ × ١٠$^{-٦}$ فاراد

٢- عند وصل المواسع مع بطارية ذات فرق جهد أكبر يزداد فرق الجهد بين صفيحتيه ليصبح مساويًا فرق الجهد بين طرفي البطارية ،ويتحقق ذلك باكتساب الموا سع شحنة أ كبر؛ أي أن التغير في الجهد يقابله تغير في الشحنة، بحيث تبقى النسبة بينهما ثابتة والتي تمثل الموا سعة (س).

◆ ما هي العوامل التي تعتمد عليها مواسعة المواسع ذي الصفيحتين المتوازيتين؟

يبين الشكل مواسعًا مشحونًا مساحة كل من صفيحتيه (م) ، والبعد بينهما (ف)، ويفصل بينهما الهواء، شحنة إحدى صفيحتيه (ش) وشحنتة الصفيحة الأخرى (- ش).



تعتمد مواسعة المواسع على العوامل الآتية:
١- أبعاده الهند سية: وهي:
أ- المساحة المشتركة للصفيحتين (م) (طردياً).
ب- المسافة بين اللوحين أو البعد بين الصفيحتين (ف) (عكسياً).
٢- السماحية الكهربائية للوسط الفاصل بين صفيحتيه (طردياً) .

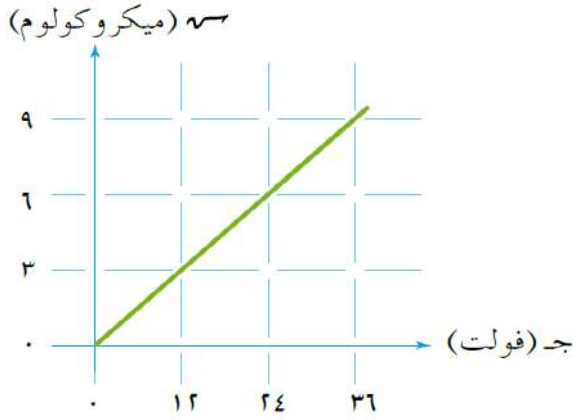
كيف ينشأ مجال كهربائي منتظم بين صفيحتي المواسع؟

عندما يكون البعد بين الصفيحتين صغيرًا جدًّا، مقارنة بأبعاد الصفيحتين، ينشأ في الحيز بين صفيحتي المواسع بعد شحنهما مجال كهربائي منتظم ، يعطى مقداره بالعلاقة

مـ = $\frac{\sigma}{\varepsilon.}$

ويكون فرق الجهد بين الصفيحتين (جـ = مـ ف).

مستعينًا بالشكل احسب:



١- احسب مواسعة الموا سع.
٢- شحنة المواسع النهائية إذا وصل مع بطارية فرق الجهد بين طرفيها (٣٠) فولت.

الحل:
١- نجد المواسعة من ميل الخط المستقيم:

س = $\frac{١٠^{-٦}\times(٠-٣)}{(٠-١٢)}$

= $\frac{١}{٤}\times١٠^{-٦}$

= ٠,٢٥ × ١٠$^{-٦}$ فاراد.

س = ٠,٢٥ ميكروفاراد.

٢- بما أن المواسعة ثابتة، فإن:

ش = س جـ = ٠,٢٥ × ١٠$^{-٦}$ × ٣٠ =٧,٥ كولوم

◆ وضح كيف تزداد مواسعة المواسع ذي الصفيحتين المتوازيتين ويصبح قادرًا على تخزين شحنة أكبر؟

١- زيادة مساحة الصفيحتين بثبات كل من: (جـ) و(ف).
عند شحن المواسع فإن الشحنات تنتشر على سطحي صفيحتيه، فإذا زادت مساحة الصفيحتين فإن المواسع يصبح قادرًا على استيعاب كمية أكبر من الشحنة وبذلك نستنتج أن المواسع ذا المساحة الأكبر يختزن شحنة أكبر، فتزداد مواسعته بثبات كل من؛ الجهد الكهربائي (جـ) والبعد بين الصفيحتين (ف).
٢- إذا قل البعد بين صفيحتيه بثبات كل من: (جـ) و(م).
يصبح المواسع قادرًا على تخزين شحنة أكبر إذا قل البعد بين صفيحتيه ، فتزداد مواسعته مع ثبات الجهد الكهربائي(جـ).

◆ أثبت أن مواسعة المواسع ذوالصفيحتين المتوازيتين تعطى بالعلاقة الرياضية الآتية:

سؤال: وصل مواسع مواسعته مع بقاء البطارية نفسها (ثبات الجهد)،وضح ما يحدث للمجال الكهربائي والشحنة بين

$$س = \frac{ε.ا}{ف}$$

$$س = \frac{سـ}{جـ} = \frac{سـ}{مـ ف}$$

بتعويض $= \frac{σ}{ε.} = \frac{سـ}{ε.ا}$ ، نجد أن: $س = \frac{سـ.ε}{σ ف}$ مـ

وبتعويض : $\{σ = \frac{سـ}{ا}\}$ ، **فإن :** $س = \frac{ا سـ.ε}{سـ ف}$

وبذلك فإن مواسعة المواسع الصفيحتين المتوازيتين تعطى بالعلاقة الرياضية الآتية: $س = \frac{ε.ا}{ف}$

ويتضح من العلاقة السابقة العوامل الثلاث التي تعتمد عليها مواسعة المواسع ذي الصفيحتين المتوازيتين.

مراجعة: (٣-١)

١- ماذا نعني بقولنا أن مواسعة المواسع تساوي ٣ ميكروفاراد؟

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

٣- مواسع ذو صفيحتين متوازيتين يتصل مع بطارية. إذا أصبح البعد بين صفيحتيه ثلاثة أضعاف ما كان عليه مع بقائه متصلاً بالبطارية، فكيف يتغير كل من: مواسعته، و شحنته، وفرق الجهد والمجال الكهربائي بين طرفيه.

صفيحتي المواسع إذا تغير البعد بين الصفيحتين الى النصف؟

من العلاقة (جـ = مـ ف) فإن مقدار المجال الكهربائي بين صفيحتي المواسع يصبح ضعفي ما كان عليه، وعليه فإن الشحنة على صفيحتيه تصبح ضعفي ما كانت عليه.

مثال(٣-٣): مواسع ذو صفيحتين متوازيتين، المسافة بينهما (٨.٨٥)مم ، ومساحة كل منهما (٢ × ١٠$^{-٦}$) م^{٢} وصل مع بطارية فرق الجهد بين طرفيها (٢٠) فولت، حتى شحن تمامًا، ثم فصل عن البطارية.

١- احسب كلاً من مواسعة المواسع وشحنته.

٢- إذا قل البعد بين صفيحتي المواسع إلى النصف فكيف يتغير كل من مواسعته وشحنته وفرق الجهد بين طرفيه.

الحل:

١- مواسعة المواسع :

$$س = \frac{ε.ا}{ف} = \frac{٢ \times ١٠^{-٦} \times ٨.٨٥ \times ١٠^{-١٢}}{٨.٨٥ \times ١٠^{-٣}}$$

س = ٢ × ١٠$^{-١٣}$ فاراد

شحنة المواسع = مواسعة المواسع × فرق الجهد بين طرفيه

سـ = س جـ = ٢ × ١٠$^{-١٣}$ × ٢٠ = ٤ × ١٠$^{-١٢}$ كولوم.

٢- عندما يقل البعد بين الصفيحتين إلى النصف و المواسع مفصول عن البطارية:

■ تصبح المواسعة ضعفي ما كانت عليه وفق العلاقة :

$س = \frac{ε.ا}{ف}$ ،أي أن:

س = ٤ × ١٠$^{-١٣}$ فاراد

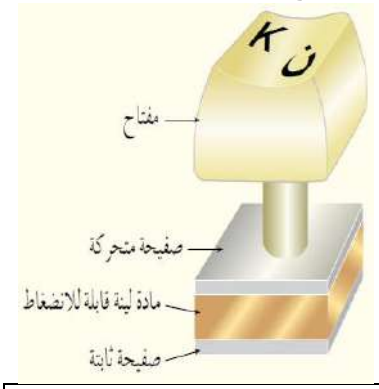
تبقى شحنة المواسع ثابتة لأنه غير موصول مع البطارية ، أي أن: سـ = ٤ × ١٠$^{-١٢}$ كولوم

يحسب جهد المواسع من العلاقة :جـ $= \frac{سـ}{س}$

$$جـ = \frac{سـ}{س} = \frac{٤ \times ١٠^{-١٢}}{٤ \times ١٠^{-١٣}} = ١٠ \text{ فولت}$$

نستنتج أنه إذا زادت المواسعة إلى ضعفي ما كانت عليه مع بقاء إلى الشحنة ثابتة، فإن فرق الجهد . يقل إلى النصف.

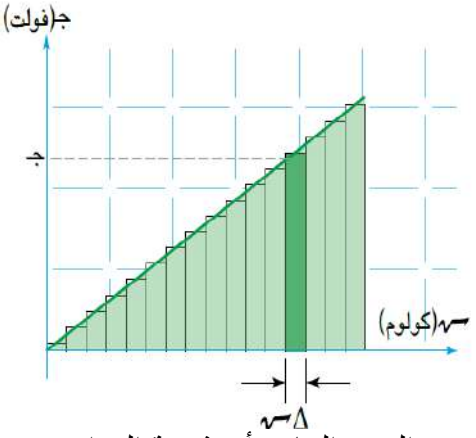
٤- تستخدم المواسعات في لوحة مفاتيح الحا سوب، كما يبين الشكل وتتكون الطبقة العازلة بين صفيحتي المواسع من مادة لينة قابلة للإنضغاط. وضح ماذا يحدث لمواسعة المواسع عند الضغط على المفتاح.



الطاقة المختزنة في المواسع ذي الصفيحتين المتوازيتين

ما مصدر الطاقة التي يختزنها المواسع وكيف نحسبها؟

عندما يتصل المواسع مع البطارية فإنهما يشكلان نظامًا معزولًا، تبذل فيه البطارية شغلاً لنقل الشحنات إلى صفيحتي المواسع.



يبين الرسم البياني أن شحنة المواسع تزداد خطيًّا مع جهده، عند إضافة كمية من الشحنة (Δ س)، للمواسع عند متوسط جهد مقداره (جـ)،فإن مساحة المستطيل المظلل (ج Δ س) في الشكل تمثل جزءًا من الشغل الكلي الذي بذلته البطارية في شحن المواسع، فإذا حسبنا المساحة الكلية تحت المنحنى نكون قد حسبنا الشغل الكلي الذي بذلته البطارية لشحن المواسع. وهذا الشغل يختزن في المجال الكهربائي بين صفيحتي المواسع بصورة طاقة وضع كهربائية، حيث:

الطاقة المختزنة في المواسع = مساحة المثلث

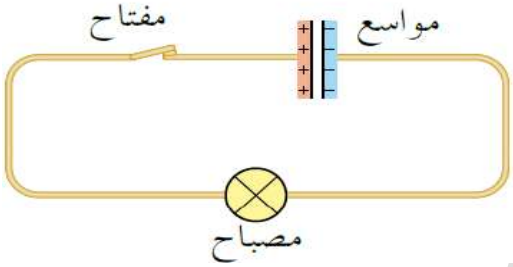
$$ط = \frac{١}{٢} س جـ$$

$$ط = \frac{١}{٢} س جـ^{٢}$$

$$ط = \frac{١}{٢} \frac{س^{٢}}{س}$$

٥- مواسع ذو صفيحتين متوازيتين، وصل مع مصدر فرق جهد (١٥٠) فولت، فكانت الكثافة السطحية للشحنة على صفيحتيه (٣٠) نانو كولوم /سم^{٢} احسب البعد بين صفيحتيه.

عند وصل طرفي مواسع مشحون بجهاز كهربائي مثل مصباح كهربائي، كما في الشكل ،فإن المواسع يفرّغ شحنته خلال مدة وجيزة،اجب عما يلي:



١- ما المقصود بعملية تفريغ المواسع.
٢- وضح ما يحدث في الدارة عند إغلاق المفتاح ؟
٣- ما تحولات الطاقة في الدارة؟

الجواب:

١- **تفريغ المواسع** : تحول الطاقة المختزنة في المواسع إلى شكل آخر من الطاقة عند وصل طرفي المواسع بجهاز كهربائي.

٢- عند إغلاق المفتاح في الدارة المبينة في الشكل تتحرك الشحنات من الصفيحة الموجبة إلى الصفيحة سالبة عبر المصباح، ويمر في الدارة تيار كهربائي يبدأ بقيمة معينة، ثم يتناقص إلى أن يؤول إلى الصفر؛ فيضيء المصباح مدة وجيزة.

٣- تتحول طاقة الوضع الكهربائية المختزنة في المواسع إلى طاقة ضوئية في المصباح.

مثال(٣-٤): مواسع ذو صفيحتين متوازيتين، مساحة كل من صفيحتيه (٢٥) سم^{٢} والبعد بينهما (٨.٨٥)مم ، شحن حتى أصبح جهده (١٠٠) فولت:

١- الطاقة المختزنة في المواسع.

٢- إذا أصبح البعد بين الصفيحتين (١٧.٧)مم، مع بقاء المواسع متصلاً مع البطارية نفسها. فاحسب الطاقة المختزنة في المواسع.

الحل:

١- نحسب موا سعة الموا سع من العلاقة : $س = \frac{٨.\varepsilon}{ف}$

$$س = \frac{٨.\varepsilon}{ف} = \frac{٨.٨٥ \times ١٠^{-١٢} \times ٢٥ \times ١٠^{-٤}}{٨.٨٥ \times ١٠^{-٣}} = ٢.٥ \times ١٠^{-١٢}$$ فاراد

لحساب الطاقة المختزنة نطبق العلاقة : $ط = \frac{١}{٢}$ **س جـ**^{٢}

$$ط = \frac{١}{٢} \times ٢.٥ \times ١٠^{-١٢} \times (١٠٠)^{٢} = ١,٢٥ \times ١٠^{-٨}$$ جول

٢- عندما يزداد البعد بين الصفيحتين تقل المواسعة وفق العلاقة :

($س = \frac{٨.\varepsilon}{ف}$) ولأن (ف) أصبحت ضعفي ما كانت عليه فإن المواسعة تقل إلى النصف؛أي أن س= ١,٢٥ ×١٠$^{-١٢}$ فاراد

وبما ان المواسع يتصل مع البطارية، فإن جهده يبقى ثابتًا ويساوي جهد البطارية.

ولحساب الطاقة: ط = $\frac{١}{٢}$ س جـ^{٢}

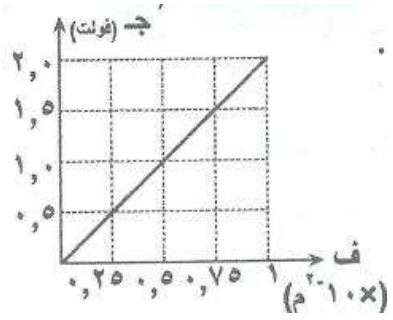
$$ط = \frac{١}{٢} \times ١,٢٥ \times ١٠^{-١٢} \times (١٠٠)^{٢} = ٦,٢٥ \times ١٠^{-٩}$$ جول

عندما تقل المواسعة مع بقاء جهد المواسع ثابتًا يحدث تفريغ لجزء من شحنة المواسع إلى البطارية؛لذلك تقل الطاقة المختزنة فيه.

وزارة (٢٠١٩): يبين الشكل المجاور تغيرات الجهد الكهربائي بين صفيحتي مواسع متوازيتين، والبعد بينهما ،إذا علمت ان الشحنة النهائية للمواسع (٨.٨٥ × ١٠$^{-٦}$)كولوم ، احسب:

١- مساحة إحدى صفيحتي المواسع.

٢- مواسعة المواسع.



مراجعة (٣-٢)

١- مواسعان مواسعة الأول (٢) ميكروفاراد وجهده (٢٠) فولت، والثاني مواسعته (٤) ميكروفاراد وجهده (١٠) فولت، أي المواسعين يختزن طاقة أكبر؟

الحل: ط = $\frac{١}{٢}$ س جـ^{٢}

ط$_{١}$= $\frac{١}{٢}$ X ٢ × ١٠$^{-٦}$ X (٢٠)^{٢} = ٤ × ١٠$^{-٤}$ جول

ط$_{٢}$= $\frac{١}{٢}$ X ٤ × ١٠$^{-٦}$ X (١٠)^{٢} = ٢ × ١٠$^{-٤}$ جول

يختزن المواسع الأول طاقة أكبر.

٢- مواسع شحن ثم فُصل عن البطارية، ثم أ صبح البعد بين صفيحتيه ضعفي ما كان عليه، فماذا يحدث للطاقة المختزنة فيه؟ فسّر جابتك.

الحل: عند مضاعفة البعد بين صفيحتي المواسع مرتين، تقل المواسعة إلى النصف وفق العلاقة س= $\frac{٨.\varepsilon}{ف}$

وبما أن المواسع شحن وفصل عن البطارية فإن شحنته تبقى ثابتة،وعليه: ط$_{١}$= $\frac{١}{٢}\frac{س^{٢}}{س}$ ،ط$_{٢}$= $\frac{١}{٢}\frac{س^{٢}}{\frac{١}{٢}س}$

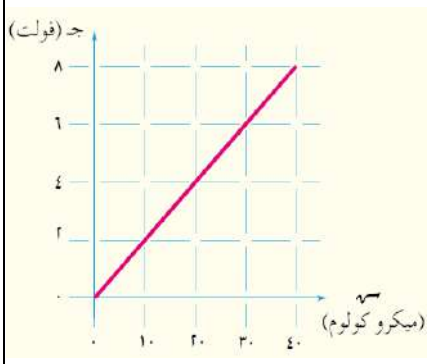
ط $_{٢}$=٢ط$_{١}$ ، إذن تتضاعف طاقته مرتين.

٣- مواسع ذو صفيحتين متوازيتين، وصل مع مصدر فرق جهد (١٥٠) فولت ، ويبين الشكل العلاقة بين جهد المواسع وشحنته في أثناء عملية الشحن.احسب:

١- مواسعة المواسع.

٢- الطاقة المختزنة في المواسع عندما يكون فرق الجهد بين صفيحتيه (٢) فولت.

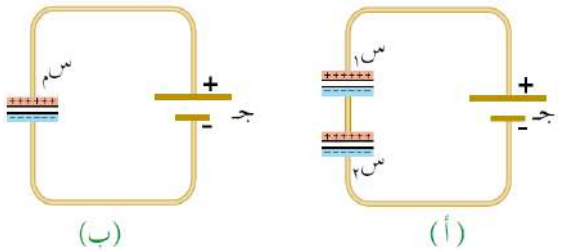
٢- الطاقة المختزنة في المواسع عند رفع جهده إلى (١٢) فولت.



توصيل المواسعات

١- التوصيل على التوالي Series combinations

يسمى توصيل المواسعات بالطريقة المبينة في الشكل (أ) توصيلاً على التوالي. والتوصيل بهذه الطريقة يجعل صفيحة المواسع الأول المتصلة بالقطب الموجب للبطارية تكتسب شحنة موجبة (+ ش)،فتشحن الصفيحة المقابلة لها بالحث بشحنة سالبة(- ش)، أما المواسع الثاني فتكتسب صفيحته المتصلة بالقطب السالب للبطارية تكتسب شحنة سالبة (- ش)،وتشحن الصفيحة المقابلة لها بالحث بشحنة موجبة (+ ش).



وفي حالة التوصيل على التوالي تكون المواسعات متساوية في الشحنة، بينما الجهد الكلي (جهد البطارية) يكون مساويًا مجموع جهد المواسعات.

فإذا أردنا استبدال مواسع واحد بمواسعين له تأثيرهما معًا، لاحظ الشكل (ب) المواسع المكافئ (س م) تكون شحنته مساوية الشحنة الكلية المستمدة من البطارية والتي تساوي شحنة أي من المواسعين، وجهده يساوي مجموع جهدي المواسعين؛ أي ان:

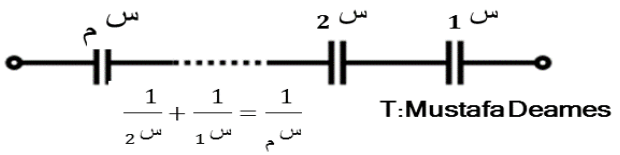
$$س_م = \frac{ش}{جـ}$$ ،وحيث إن $جـ = جـ_1 + جـ_2$

فإن : $$\frac{ش}{س_م} = \frac{ش}{س_1} + \frac{ش}{س_2}$$

وباختصار(ش) تصبح العلاقة: $$\frac{1}{س_م} = \frac{1}{س_1} + \frac{1}{س_2}$$

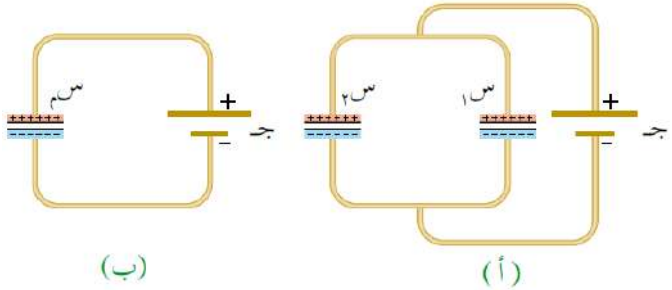
وهذا يعني أ نه عند وصل مجموعة من المواسعات على التوالي تكون المواسعة المكافئة لها:

$$\frac{1}{س_م} = \frac{1}{س_1} + \frac{1}{س_2} + \frac{1}{س_3} + ...$$



٢- التوصيل على التوازي Parallel Combinations:

يسمى توصيل المواسعات بالطريقة المبينة في الشكل (أ) توصيلاً على التوازي. والتوصيل بهذه الطريقة يجعل كل مواسع موصول بصفيحته مباشرة مع البطارية .



وبما أن كلّاً من المواسعين يتصل بصورة مباشرة مع البطارية؛ فإن كل مواسع يشحن مباشرة منها إلى أن يتساوى جهد كل مواسع مع جهد البطارية، وعندها يكون المواسعان قد اكتسبا شحنتين (ش١ ، ش٢)؛ لذا **في التوصيل على التوازي تكون المواسعات متساوية في الجهد بينما الشحنة الكلية تكون مساوية مجموع شحنة المواسعات.**

فإذا أردنا استبدال مواسع واحد بمواسعين له تأثيرهما معًا، لاحظ الشكل (ب) المواسع المكافئ (س م) يكون جهده مساوياً جهد البطارية والتي تساوي شحنة أي من المواسعين، وشحنته تساوي مجموع شحنتي المواسعين؛ أي ان:

$$س_م = \frac{ش_{الكلية}}{جـ}$$ ،وحيث إن $ش_{الكلية} = ش_1 + ش_2$

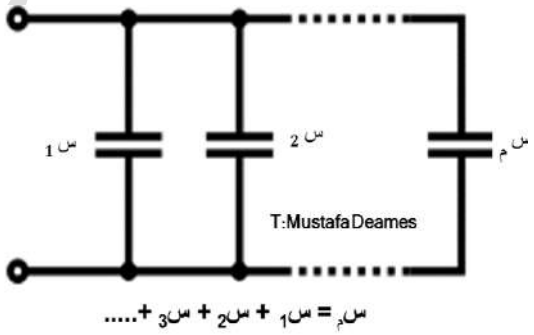
فإن : $س_م جـ = س_1 جـ + س_2 جـ$

وباختصار(جـ) تصبح العلاقة:

$س_م = س_1 + س_2$

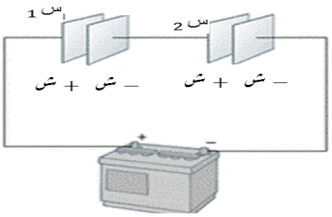
وهذا يعني أنه عند وصل مجموعة من المواسعات على التوازي تكون المواسعة المكافئة لها تساوي أن: المجموع الجبري لتلك المواسعات :

$س_م = س_1 + س_2 + س_3 + ...$



مميزات توصيل المواسعات على التوالي:

١- تتصل الصفيحة الموجبة للمواسع الأول بالصفيحة السالبة للمواسع الثاني وهكذا بالنسبة لبقية المواسعات.



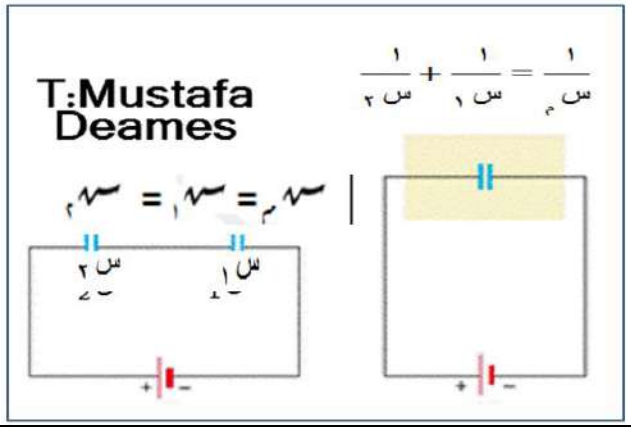
٢- الشحنة الكهربائية تبقى ثابتة ولا تتوزع ، أي أن :

$ش_م = ش_1 = ش_2$

٣- الجهد الكهربائي الكلي يتوزع على جميع المواسعات ،

أي أن : $جـ_م = جـ_1 + جـ_2$

٤- توصل المواسعات على التوالي للحصول على مواسعة كلية صغيرة أقل من أصغر مواسعة موجود في الدارة.



مميزات توصيل المواسعات على التوازي:

١- تتصل الصفيحة الموجبة للمواسع الأول بالصفيحة الموجبة للمواسع الثاني وهكذا بالنسبة لبقية المواسعات.

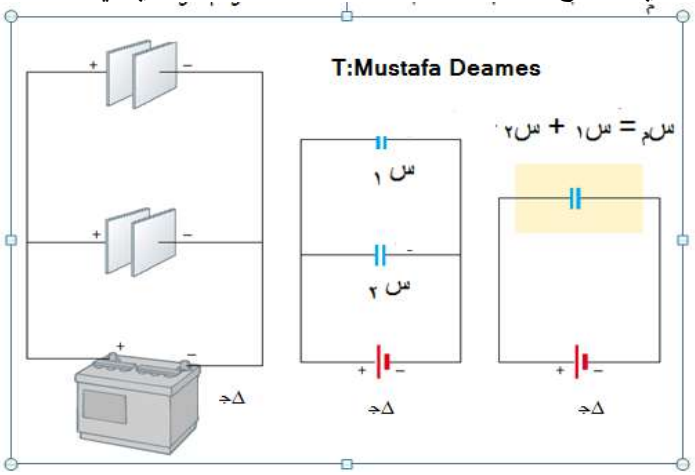
٢- الشحنة الكهربائية تتوزع على جميع المواسعات ، أي أن :

$ش_{كلية} = ش_1 + ش_2 + ش_3$

٣- الجهد الكهربائي الكلي يبقى ثابتاً ولا يتوزع ، أي أن :

$جـ_م = جـ_1 = جـ_2$

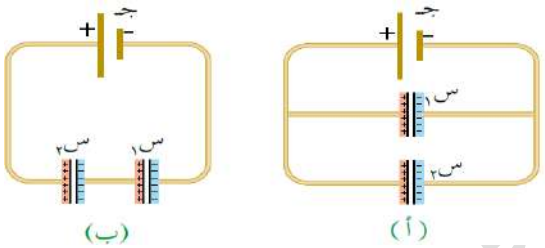
٤- توصل المواسعات على التوازي للحصول على مواسعة كلية كبيرة تساوي مجموع مواسعة المواسعات المتصلة على التوازي في الدارة.



مثال(٣-٥): مواسعان ($س_1=٣$، $س_2=٦$) ميكرو فاراد وصلا بطريقتين مع مصدر فرق جهد (٣٠) فولت، الطريقة الأولى على التوازي كما في الشكل(أ)والطريقة الثانية على التوالي كما في الشكل(ب).احسب لكل طريقة:

١- المواسعة المكافئة.

٢- الشحنة وفرق الجهد لكل مواسع .



الحل:

■ التوصيل على التوازي:

١- المواسعة المكافئة: $س_م = س_1 + س_2$

$س_م = ٣ + ٦ = ٩$ فاراد

لاحظ أن المواسعة المكافئة مواسعته أكبر من مواسعة كل من ($س_1$) و($س_2$).

٢- عند توصيل المواسعين على التوازي، فإن

($جـ_1 = جـ_2 = جـ = ٣٠$ فولت).

شحنة المواسع الأول : $ش_1 = س_1 جـ = ٣ \times ١٠^{-٦} \times ٣٠$

$= ٩٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم.

شحنة المواسع الثاني : $ش_2 = س_2 جـ = ٦ \times ١٠^{-٦} \times ٣٠$

$= ١٨٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم.

■ التوصيل على التوالي:

١- المواسعة المكافئة: $\frac{1}{س_م} = \frac{1}{س_1} + \frac{1}{س_2}$

$\frac{1}{س_م} = \frac{1}{٣} + \frac{1}{٦} = \frac{٣}{٦}$ ، $س_م = ٢$ فاراد

لاحظ أن مواسعة المواسع المكافئ أقل من مواسعة كل من ($س_1$) و($س_2$).

٢- عند توصيل المواسعين على التوازي، فإن

($ش_1 = ش_2 = ش_{الكلية}$).

لحساب الشحنة الكلية : $ش_{الكلية} = س_م جـ$

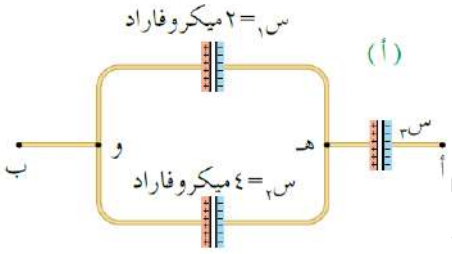
$= ٢ \times ١٠^{-٦} \times ٣٠ = ٦٠ \times ١٠^{-٦}$ كولوم.

جهد المواسع الأول : $جـ_1 = \frac{ش}{س_1} = \frac{٦٠ \times ١٠^{-٦}}{٣ \times ١٠^{-٦}} = ٢٠$ فولت

جهد المواسع الثاني : $جـ_2 = \frac{ش}{س_2} = \frac{٦٠ \times ١٠^{-٦}}{٦ \times ١٠^{-٦}} = ١٠$ فولت

مثال (٣-٦): يمثل الشكل جزءًا من دارة كهربائية يحتوي على ثلاثة مواسعات، إذا علمت أن
جـ هـ و = ٨ فولت، و أن جـ أب = ٢٠ فولت. فاحسب:
١- الشحنة على كل من المواسعين(س١،س٢).
٢- مواسعة المواسع (س٣)

الحل:



١- فرق الجهد بين النقطتين (هـ ، و)يساوي فرق جهد المواسع الأول ويساوي فرق جهد المواسع الثاني
(جـ ١ = جـ ٢ = ٨ فولت)
لحساب الشحنة على كل مواسع ∴ ش١= س١جـ
∴ ش١= ٢ × ١٠^-٦ × ٨ = ١٦ × ١٠^-٦ كولوم
∴ ش٢= س٢جـ = ٤ × ١٠^-٦ × ٨ = ٣٢ × ١٠^-٦ كولوم
٢- المواسعان(س١ ،س٢)، يتصلان على التوازي، ويمكن استبدال مواسع مكافئ بهما مواسعته (س٢١)
وبماأن المواسع(س٣) يتصل مع(س٢١) على التوالي كما يبين الشكل(ب) فإن: ∴ ش٣ = ∴ ش٢١ = ∴ ش١ + ∴ ش٢

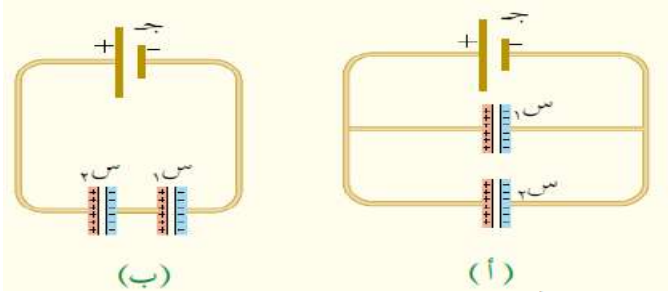
∴ ش٣ = ١٦ × ١٠^-٦ كولوم + ٣٢ × ١٠^-٦ كولوم
= ٤٨ × ١٠^-٦ كولوم
جـأب= جـ٢١ + جـ٣
٢٠ = ٨ + جـ٣ ⟸ جـ٣ = ١٢ فولت

ولحساب المواسعة (س٣) نطبق العلاقة: س٢ = ∴ ش٢ / جـ٣

س٢ = (٤٨ × ١٠^-٦) / ١٢ = ٤ × ١٠^-٦ فاراد

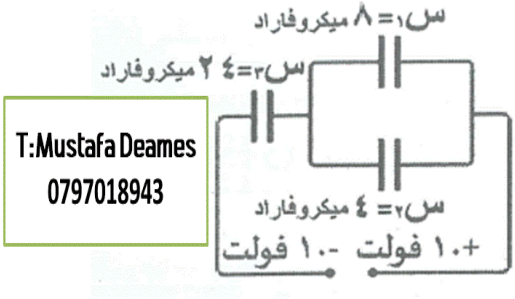
مراجعة (٣-٣):

١- معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل أي من الحالتين (أ،ب) يكون مقدار الطاقة المختزنة في المواسعة المكافئة أكبر ، فسّر إجابتك.



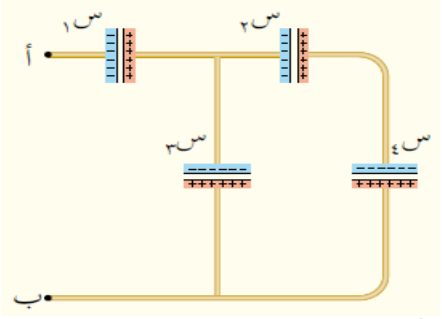
الحل: ط = ½ س جـ^٢
وبما أن فرق الجهد ثابت، س توازي > س توالي فإن:
ط توازي > ط توالي

وزارة (٢٠١٩): معتمداً على الشكل المجاور اجب عما يلي:
١- المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات
٢- فرق الجهد المصدر
٣- أي المواسعين (س١،س٢) يختزن شحنة اكبر؟ولماذا؟ وضح إجابتك .



T:Mustafa Deames
0797018943

٢- احسب المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات المبينة في الشكل علمًا بأنها متساوية في المواسعة ومواسعة كل منها (٢) ميكروفاراد.



إعداد الأستاذ مصطفى دعمس

مراجعة (٣-٤)

١- فسرما يأتي: يوجد حد أ قصى للطاقة التي يمكن تخزينها في المواسع.

عند زيادة الشحنة على الحد الأعلى فإن زيادة فرق الجهد بين صحفيتي المواسع عن قيمة معينة يؤدي إلى زيادة المجال إلى قيمة تؤدي لحدوث تفريغ كهربائي للشحنات عبر المادة العازلة الفاصلة بين صفيحتي المواسع، ما يؤدي إلى تلف المواسع.

٢- يحتاج مهندس إلى مواسع سعته (٢٠) ميكروفاراد، يعمل على فرق جهد (٦) كيلوفولت. ولديه مجموعة من المواسعات المتماثلة كتب على كل منها (٢٠٠ ميكروفاراد، ٦٠٠ فولت)، لكي يحصل على المواسعة المطلوبة وصل عددًا من هذه المواسعات معًا، فهل وصلها على التوالي أم على التوازي؟ وما عدد المواسعات التي إستخدمها؟ فسر إجابتك.

قام بتوصيلها على التوالي، لأنه في التوصيل على التوالي نحصل على مواسعة أقل من مواسعة المواسعات منفردة.

$$\frac{١}{س_م} = \frac{ن}{س} \Longleftarrow \frac{١}{٢٠} = \frac{ن}{١٠٠} \Longleftarrow$$ ن = ١٠ مواسعات

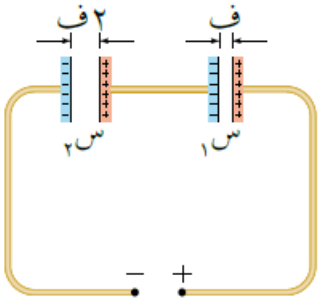
أسئلة الفصل الثالث

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

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

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

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



أ) مـ ب) $\frac{م}{٢}$ ج) ٢مـ د) ٤مـ

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

٣- إن الكمية الفيزيائية التي تبقى ثابتة للمواسع هي:

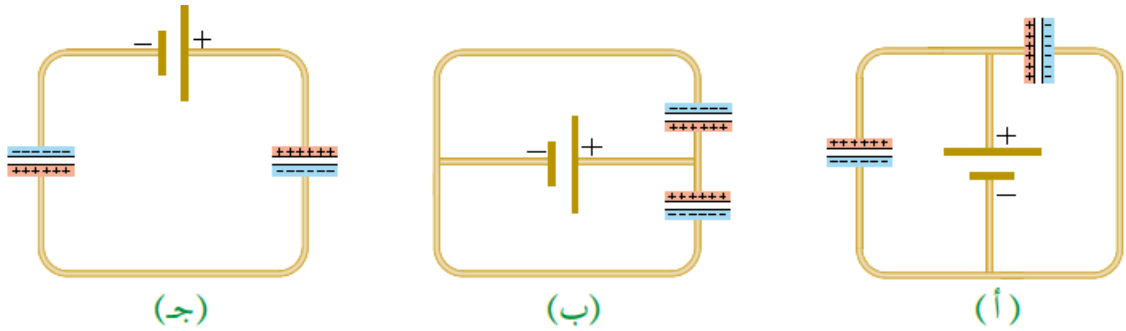
أ) الجهد الكهربائي ب) المواسعه **ج) الشحنة** د) الطاقة

٤- الطاقة المختزنة في المواسع تصبح:

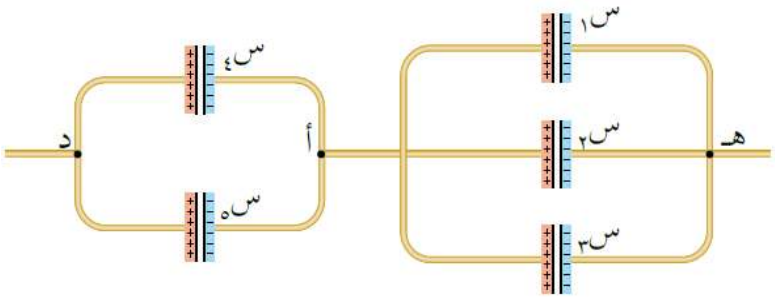
أ) $\frac{ط}{٢}$ ب) ط **ج) ٢ط** د) ٤ط

إعداد الأستاذ مصطفى دعمس

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



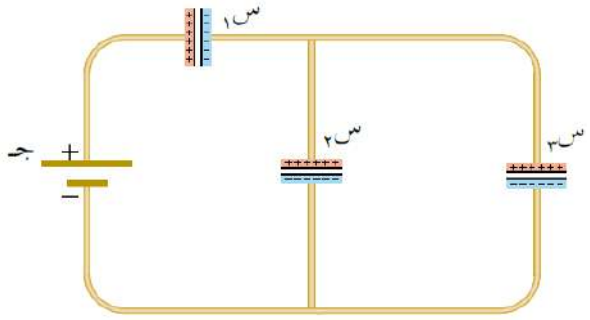
٣- يبين الشكل ، مجموعة من المواسعات بين النقطتين (هـ ، د) إذا علمت أن المواسعات متساوية في المواسعة، ومواسعة كل منها (٣) ميكروفاراد و(جـ أد = ٦) فولت،احسب:
أ- الشحنة الكلية لمجموعة المواسعات.
ب- جـهـد .



٤- مواسعان (س١= ٢٥، س ٢ = ٥) ميكروفاراد وصلا على التوازي مع مصدر جهد (١٠٠) فولت، فكانت الطاقة المختزنة في المجموعة (ط) . إذا أردنا أن يختزن المواسعان الطاقة نفسها عند توصيلهما على التوالي، فما فرق جهد المصدر الذي يحقق ذلك؟

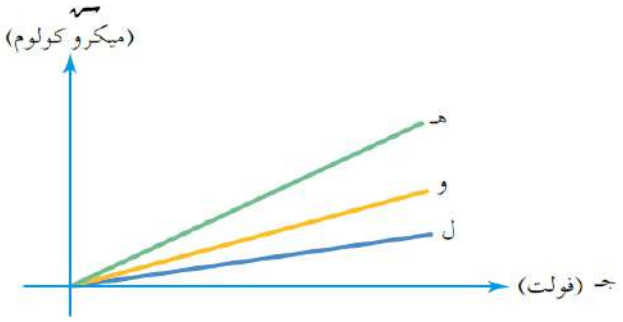
٥- مواسعان يتصلان على التوالي مع مصدر فرق جهد. مساحة صفيحتي المواسع الثاني ضعفا مساحة صفيحتي المواسع الأول، والبعد بين صفيحتي كل من المواسعين متساوٍ، إذا كانت الطاقة المختزنة في المواسع الأول (٦ × ١٠$^{-٣}$) جول.فاحسب مقدار الطاقة المختزنة في المواسع الثاني.

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



أ- جد المواسعة المكافئة للمجموعة بدلالة (س).
ب- رتب هذه المواسعات وفقًا لشحنتها تنازليًا.

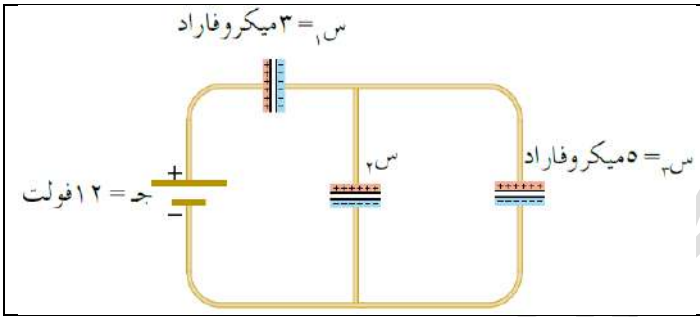
٧- يبين الجدول الآتي الأبعاد الهندسية لثلاثة مواسعات،والشكل يمثل منحنى (الجهد – الشحنة) S لهذه المواسعات. حدد لكل
مواسع المنحنى الذي يناسبه.



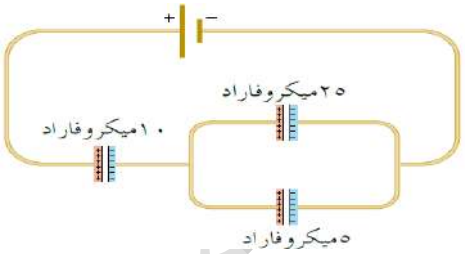
المواسع	مساحة الصفيحة الواحدة	البعد بين الصفيحتين	رمز المنحنى
١	م	ف	
٢	٢ م	ف	
٣	م	٢ف	

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

٩- في الشكل ، إذا كانت الطاقة المختزنة في المواسعات الثلاثة (١٤٤×١٠^{-٦}) جول، وفرق الجهد بين طرفي البطارية (١٢) فولت فاحسب:
أ- الطاقة المختزنة في المواسع الأول.
ب- مواسعة المواسع الثاني.



١٠- معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل ، وإذا كانت الشحنة المختزنة في المواسع(٥) ميكروفاراد تساوي (٣٠) ميكروكولوم: أجب عما يأتي:
أملأ الفراغات في الجدول بما يناسبه:



س (ميكروفاراد)	ش (ميكروكولوم)	جـ (فولت)	ط (ميكروجول)

ب- مستعينًا بالبيانات الواردة في الجدول السابق بعد إكماله. احسب:
- فرق جهد المصدر.
- المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات.
- الشحنة الكلية في الدارة.
- الطاقة المختزنة في مجموعة المواسعات.

إجابات أسئلة الفصل الثالث

٢- تحدد طريقة التوصيل على التوالي أو التوازي عن طريق النظر إلى توصيل الصفائح مع البطارية ومع بعضها من مواسعين مختلفين: الشكل (أ) توازي ،الشكل (ب) توازي،الشكل (ج) توالي.

س٣:

(س٤ و س٥) على التوازي

س توازي ١= ٣+٣= ٦ ميكروفاراد

نحسب شحنة س توازي ١

ش توازي ١= س توازي ١ ×جـ أب

= ٦ × ١٠$^{-٦}$×٦ = ٣٦ ×١٠$^{-٦}$ كولوم

س ١ و س ٢ و س ٣ على التوازي:

س توازي ٢ = س١ + س٢ + س٣

= ٣+٣ +٣ = ٩ ميكروفاراد

س توازي ١ وس توازي ٢ على التوالي:

$\frac{١}{س_م} = \frac{١}{٩} + \frac{١}{٦}$ ⟸ س م = ٣.٦ ميكروفاراد

ب) $جـ_{هـ د} = \frac{ش}{س} = \frac{٣٦ \times ١٠^{-٦}}{٣.٦ \times ١٠^{-٦}}$ = ١٠ فولت

س٤:

س توازي = س١ + س٢ = ٥+ ٢٥ = ٣٠ ميكروفاراد

س توالي : $\frac{١}{س_{توالي}} = \frac{١}{٢٥} + \frac{١}{٥} = \frac{٦}{٢٥}$ ⟸ س توالي = $\frac{٢٥}{٦}$ ميكروفاراد

ط توازي = ط توالي ⟸ $\frac{١}{٢}$ س توازي $جـ^{٢}$ = $\frac{١}{٢}$ س توالي $جـ^{٢}$

$\frac{١}{٢} \times ٣٠ \times ١٠^{-٦} \times (١٠٠)^{٢} = \frac{١}{٢} \times \frac{٢٥}{٦} \times ١٠^{-٦} \times (جـ)^{٢}$

جـ = ٢٦٨ فولت

س٥: ف$_{٢}$ = ١ف٢ ⟸ س٢ = ٢س١

بما أن المواسعين يتصلان على التوالي: ش$_{١}$ = ش$_{٢}$

ط١ = $\frac{١}{٢} \frac{ش_{١}^{٢}}{س_{١}}$ ⟸ = ٦ × ١٠$^{-٣}$ $\frac{١}{٢} \frac{ش_{١}^{٢}}{س_{١}}$

ط٢ = $\frac{١}{٢} \frac{ش_{٢}^{٢}}{س_{٢}}$ = $\frac{١}{٢}$ ط١ = $\frac{١}{٢}$ ($\frac{١}{٢} \frac{ش_{٢}^{٢}}{س_{٢}}$)

ط٢ = $\frac{١}{٢}$ × ٦ × ١٠$^{-٣}$ = ٣ × ١٠$^{-٣}$ جول

س٦: أ- (س٣ و س٢) على التوازي

س٣٢ = س + ٥س = ٦س

(س٣٢ ، س^{١}) على التوالي:

$\frac{١}{س_م} = \frac{١}{٦س} + \frac{١}{٣س} = \frac{٣}{٦س}$ ⟸ س م = ٢س

ش٣٢ ،شحنة الأول أكبر من شحنة الثاني، وأكبر من ش١ = ش٢ب- شحنة الثالث.

ش٢ ، ولها الجهد نفسه، إذن شحنة الثالث أكبر من ش٣ > ش٢

ش٣ > ش١ > ش٢الثاني.

س٧:

س١ = $\frac{ف.ε}{ف}$ ،س٢ = $\frac{ف.ε ٢}{ف}$،س٣ = $\frac{ف.ε}{ف ٢}$

س٢ > س١

أكبر ميل للخط (هـ) ⟸ أكبر مواسع (س٢)

ميل الخط (و) ⟸ المواسع (س١)

ميل الخط (ل) ⟸ المواسع (س٣)

س٨:

س = $\frac{ف.ε}{ف}$ ⟸ $\frac{ش}{جـ} = \frac{ف.ε}{ف}$ ⟸ جـ = $\frac{ش}{ف.ε}$ ف

س٩: أ) ط = $\frac{١}{٢}$ ش جـ

٦ × ١٠$^{-٦}$ = $\frac{١}{٢}$ ش$_م$ × ١٢ ⟸ ش$_م$ = ٢٤ × ١٠$^{-٦}$ كولوم

ش$_م$ = ش$_{٣٢}$ = ش$_{١}$

ط١ = $\frac{١}{٢} \frac{ش}{س}$ = $\frac{١}{٢} \times \frac{٢٤ \times ٢٤}{٣} \times ١٠^{-٦}$ = ٩٦ × ١٠$^{-٦}$ جول

ب) س١ = $\frac{ش_{١}}{جـ_{١}}$ ⟸ ٣ × ١٠$^{-٦}$ = $\frac{٢٤ \times ١٠^{-٦}}{جـ}$

جـ١= ٨ فولت

جـ٣٢= ١٢ - ٨ = ٤ فولت

س٣٢ = $\frac{ش_{٣٢}}{جـ_{٣٢}}$ = $\frac{٢٤ \times ١٠^{-٦}}{٤}$ = ٦ × ١٠$^{-٦}$ فاراد

س٣٢ = ٦ = ٥+ س٢ ⟸ س٢ = ١ × ١٠$^{-٦}$ فاراد

س١٠:

المواسع	س	ش	جـ	ط
س١	٥	٣٠	٦	٩٠
س٢	٢٥	١٥٠	٦	٤٥٠
س٣	١٠	١٨٠	١٨	١٦٢٠

جـ١ = جـ٢ = $\frac{ش_{٢}}{س_{٢}}$ = $\frac{٣٠ \times ١٠^{-٦}}{٥ \times ١٠^{-٦}}$ = ٦ فولت

ط١ = $\frac{١}{٢}$ ش جـ = $\frac{١}{٢}$ × ٣٠ × ٦ = ٩٠ ميكرو جول

ش$_{٢}$ = س٢ جـ٢ = ٢٥× ٦ = ١٥٠ ميكرو كولوم

ط٢ = $\frac{١}{٢}$ ش جـ = $\frac{١}{٢}$ × ١٥٠ × ٦ = ٤٥٠ ميكرو جول

جـ٣ = $\frac{ش_{٣}}{س_{٣}}$ = $\frac{١٨٠}{١٠}$ = ١٨ فولت

ط٣ = $\frac{١}{٢}$ ش جـ = $\frac{١}{٢}$ × ١٨٠ × ١٨ = ١٦٢٠ ميكرو جول

٢) أ- جـ م = ١٨ + ٦= ٢٤ فولت

ب) $\frac{١}{س_م} = \frac{١}{١٠} + \frac{١}{٢٥+٥}$ ⟸ س$_م$= $\frac{٤}{٣٠}$ = ٧,٥ ميكرو فاراد

ج) ش$_{كلية}$ = س$_م$ جـ$_م$ = ٢٥× ٦ = ١٨٠ ميكرو كولوم

د) ط$_{كلية}$ = $\frac{١}{٢}$ ش جـ = $\frac{١}{٢}$ × ١٨٠ × ٢٤ = ٢١٦٠ ميكرو جول

تمارين: (معظمها أسئلة وزارية للفرعين العلمي والصناعي قبل عام ٢٠١٩م).

١) ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يلي:

١- أي المكونات الرئيسة للدارة تستخدم لتخزين الشحنات الكهربائية،والطاقة الكهربائية:
١) المصباح ٢) البطارية ٣) الموا سع ٤) المقاومة

٢- تسمى عملية تحول الطاقة المختزنة في المواسع إلى شكل آخر من الطاقة عند وصل طرفي المواسع بجهاز كهربائي: أ- جهد المواسع ب- شحن المواسع ج- تفريغ المواسع د- مواسعة المواسع

٣- المواسعة الكهربائية (٥) فاراد تساوي:
أ- ٥ فولت / كولوم ب- ٥ كولوم / فولت ج- ٥ كولوم / جول د- ٥ فولت / جول

٤- ما كمية الشحنة التي يجب أن يكتسبها مواسع مواسعته ٢ميكروفاراد وجهده ١٠٠ فولت .
أ- ٢ × ١٠ $^{-٨}$ كولوم ب- ٥ × ١٠ $^{-٤}$ كولوم ج- ٢ × ١٠ $^{-٤}$ كولوم د- ٥ × ١٠ $^{-٨}$ كولوم

٥- اتصلت مجموعة من المواسعات متساوية المقدارعلى التوازي فكانت المواسعة المكافئة لها ٩٠ميكروفاراد ، وعند وصلهما على التوالي فكانت المواسعة المكافئة لها ١٠ميكروفاراد اوجد عدد المواسعات ؟
أ)٢ ب) ٣ ج) ٤ د) ٦

٦- أي التالية ليست من مميزات التوصيل على التوالي :
أ) يوجد تفرع في الاسلاك . ب)مقدار الشحنة متساوي في جميع نقاط التوصيل .
ج) جهد البطارية يتوزع على كل مواسع بنسبة عكسية مع مقداره .
د) تستخدم للحصول على مواسعة مكافئة ذات قيمة اصغر من اقل مواسعة موجودة

٧- إذا أدخلت مادة عازلة لتملأ الفراغ بين لوحي مواسع بمصدر فرق جهد ثابت فإن المواسعة والمجال بين اللوحين:
أ) تزداد المواسعة ويزداد المجال. ب) تزداد المواسعة ويبقى المجال ثابتاً.
ج) تزداد المواسعة ويقل المجال. د) تبقى المواسعة ثابتة ويزداد المجال .

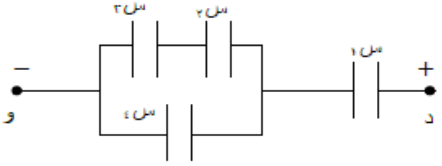
٨- تزداد مواسعة المواسع ذو اللوحين المتوازيين المشحون والمعزول بزيادة:
أ) مساحة كل من لوحيه. ب) شحنته . ج) المسافة بين لوحيه. د) فرق الجهد بين لوحيه.

٩- إذا قل البعد بين صفيحتي مواسع ذي صفيحتين متوازيتين متصل ببطارية،فأي العبارات الآتية تصف ما يحدث لكل من جهده الكهربائي ومواسعته الكهربائية (على الترتيب): (٢٠١٩)
أ) يقل، تزداد ب) يقل، وتبقى ثابتة. ج) يبقى ثابتاً، وتزداد د) يزداد ،تقل

١٠- عند زيادة المسافة بين لوحي مواسع مشحون غير متصل بمصدر جهد كهربائي فإن الكمية التي تبقى ثابتة للمواسع هي: أ- الجهد الكهربائي ب- المواسعة ج- الشحنة د- الطاقة المختزنة فيه

١١- مواسعان كهربائيان عند وصلهما على التوازي كانت المواسعة المكافئة (٩) ميكروفاراد، وعند وصلهما على التوالي كانت المواسعة المكافئة (٢) ميكروفاراد. احسب قيمة كل منهما
أ) (٤، ٥) ميكروفاراد ب) (٢، ٧) ميكروفاراد ج) (١، ٨) ميكروفاراد د) (٣، ٦) ميكروفاراد

١٢- الشحنة الكلية لمجموعة المواسعات الموصولة بين (د،و) تساوي:



أ) $س_{١}س_{٢}$ ب) $س_{٢}س_{٣}$
ج) $س_{٢}س_{٤}$ د) $س_{١}س_{٤}$

٢- علل: المواسعة الكهربائية موجبة دائماً ؛ كما أنها ثابتة للموصل الواحد (ما دام شكله ثابتاً)
ذلك أن جهد الموصل يزداد بازدياد شحنته لذلك ،تكون المواسعة مقياساً لقدرة الموصل على تخزين الشحنات الكهربائية .

٣- ما الفرق بين عمليتي الشحن والتفريغ في المواسع؟

١. الشحن : يوصل المواسع بقطبي البطارية فتختزن الشحنة بين صفيحتي المواسع ويستمر الشحن حتى يتساوى فرق الجهد بين طرفي المواسع مع فرق جهد البطارية .

٢. التفريغ : يتم توصيل المواسع بعد شحنه بمقاومة اغو اي مصدر استهلاك فيقوم المواسع مقام البطارية .

٤- ✍.... مسائل حسابية ...

١- مواسع ذو صفيحتين متوازيتين، وصل مع مصدر فرق جهد (٦) فولت ، اذا كانت مساحة كل لوح ٨سم^{٢} وكان البعد بين اللوحين ١٠ملم . اذا علمت ان $\varepsilon = ٨.٨ \times ١٠^{-١٢}$ فاراد / متر وان المواسع موصول ببطارية فرق الجهد بين قطبيها ٦فولت اوجد :

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

الجواب: (س = ٧ × ١٠$^{-١٣}$ فاراد ، ش = ٤٢ × ١٠$^{-١٣}$ كولوم، مـ = ٠.٦ × ١٠^{٣} نيوتن / كولوم)

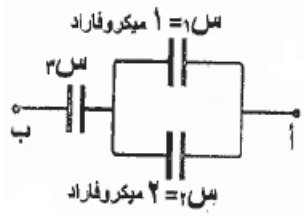
٢- مواسع كهربائي ذو صفيحتين متوازيتين يفصل بين صفيحتيه الهواء الذي سماحيتة الكهربائية ٨.٨٥ × ١٠$^{-١٢}$ فاراد /م ومساحة كل صفيحة ٢٠سم^{٢} والبعد بينهما ٤ملم اذا وصل المواسع ببطارية فرق الجهد بين قطبيها ٢٤ فولت وبقي موصول بها حتى تم شحنة بشكل كامل اوجد :

١. مقدار المواسعة .
٢. الشحنة المختزنة داخل المواسع .
٣. الطاقة المختزنة داخل المواسع .

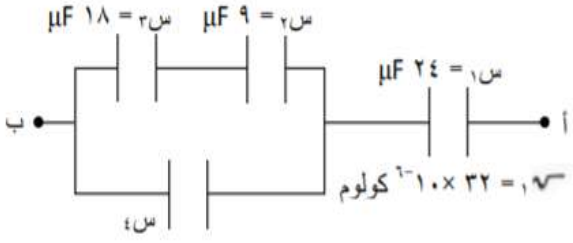
الجواب: (س = ٣.٤٤ × ١٠$^{-١٣}$ فاراد ، ش = ١٠.١نانوكولوم ، ط = ١.٢ نانوجول .)

٣- وصل مواسعان (س١ = ٦ ،س٢ = ٣) ميكروفاراد ع ى التوالي مع قطبي بطارية تعطي فرق جهد مقداره (٩٠) فولت ، احسب جهد وشحنة وطاقة كل مواسع

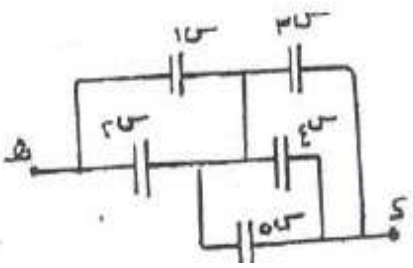
٤- معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل ، وإذا علمت أن الشحنة المختزنة في المواسع(س٣) تساوي (٣٠) ميكروكولوم،وأن جـ أ ب = (١٥) فولت،احسب مواسعة المواسع (س٣)



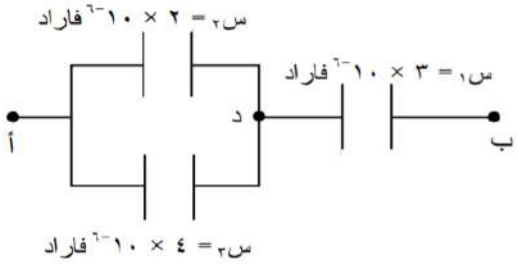
٥- وصلت مجموعة من المواسعات الكهربائية مع بعضها كما في الشكل ، فإذا كان فرق الجهد بين النقطتين
(أ ،ب) يساوي (٤) فولت، وبالاعتماد على القيم المثبتة على الشكل احسب:
١) الشحنة الكلية في المجموعة المواسعات .
٢) مقدار المواسعة الكهربائية (س٤).



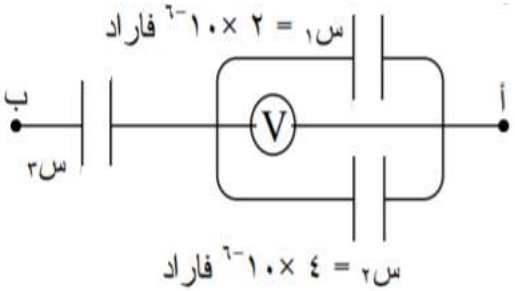
٦- احسب المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات بين النقطتين (د،هـ) علماً انها متساوية وقسمة كل منها (٢) ميكرو فاراد



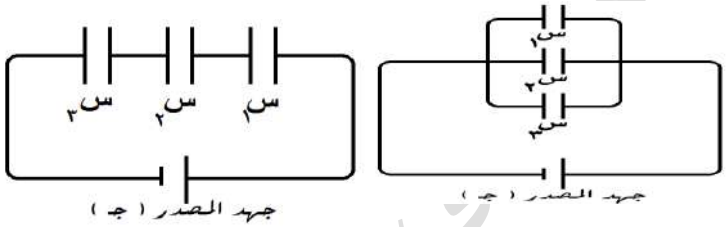
٧- معتمداً على الشكل المجاور وبياناته .إذا كان فرق الجهد بين النقطتين (ب،د) يساوي (١٥) فولت، ،فاحسب:
١- المواسعة المكافئة.
٢- فرق الجهد بين النقطتين (أ،د)
٣- الطاقة المختزنة في المواسع.



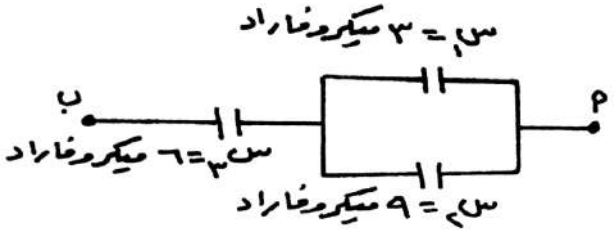
٨- معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل ، إذا علمت أن جـ أب = (٢٠) فولت،وقراءة الفولتميتر (V) = ٨ فولت ،احسب:
١- الشحنة على كل من المواسعين (س١،س٢)
٢- مواسعة المواسع (س٣)



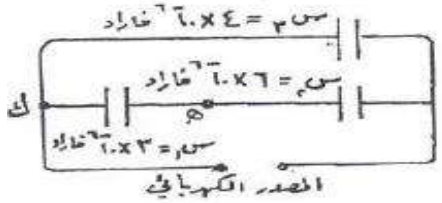
٩- في الشكل المجاور ثلاث مواسعات كل منها (٤) ميكرو فاراد وصلت بطريقتين مع مصدر فرق جهد (٦٠) فولت، الطريقة الأولى على التوازي ،والطريقة الثانية على التوالي ،احسب لكل طريقة:
١- المواسعة المكافئة.
٢- الشحنة وفرق الجهد لكل مواسع .



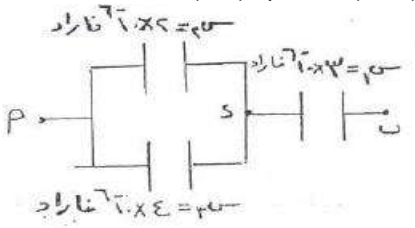
١٠- وصلت مجموعة من المواسعات عاى النحو المبين في الشكل ، فإذا كان فرق الجهد بين النقطتين (جـ أب= ٤٨) فولت ، وأن قيم المواسعات معطاه بالميكروفاراد ، احسب ما يأتي :
أ- المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات . ب- فرق الجهد بين طرفي كل مواسع



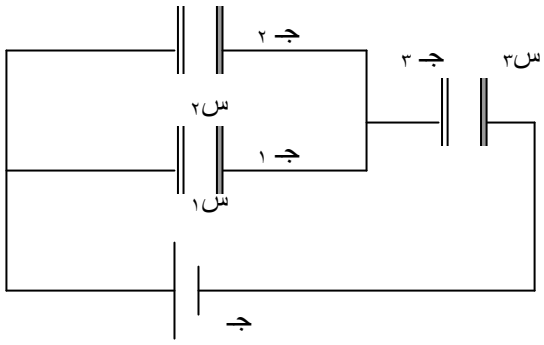
١١- معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل ،جـ هـك= ٢٠ فولت،احسب:
أ- فرق الجهد بين طرفي المصدر الكهربائي.
ب- الطاقة المختزنة في المواسع (س٣) .



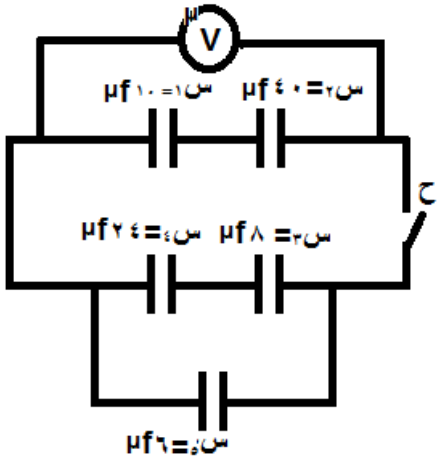
١٢- معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل ، إذا كان فرق الجهد بين بين النقطتين (ب،د) يساوي (١٥) فولت،فاحسب:
١- المواسعة المكافئة لمجموعة المواسعات
٢- فرق الجهد بين النقطتين (أ،د).
٣- الطاقة المختزنة في المواسع (س٣) .



١٣- في الشكل المجاور اذا كانت (س١ = ٢فاراد ، س٢ = ٤فاراد ، س٣ = ٣فاراد) موصولة بفرق جهد مقداره (٢٠٠) فولت اوجد :
١- المواسعة المكافئة للمجموعة .
٢- الشحنة الكهربائية و فرق الجهد بين طرفي كل مواسع .



١٤- إذا علمت أن قراءة الفولتميتر والمفتاح (ح) مفتوح (١٢٠) فولت وأن المواسعات (س٣، س٤،س٥) غير مشحونة فاحسب ما يلي :
أ- شحنة كل مواسع بعد غلق المفتاح (ح)
ب- الطاقة المختزنة في المواسع (س ٥)



من مؤلفات الأستاذ مصطفى دعمس الكتب التالية

عنوان الكتاب	دار النشر	سنة النشر	ISBN
مفتاح الابداع للفيزياء ١٠٢	دار كنوز المعرفة العلمية	٢٠١٢	٩٧٨-٩٩٥٧-٧٤-١٨٧-٧
مفتاح الابداع للفيزياء ١٠١	دار كنوز المعرفة العلمية	٢٠١١	٩٧٨-٩٩٥٧-٧٤-١٣٣-٤
الخصائص الكهربائية والمغناطيسية في الفيزياء	دار غيداء للنشر والتوزيع	٢٠٠٨	

إعداد المعلم مصطفى دعمس