المثالي

في الفيزياء

المجال الكهربائي

حسب المنهاج الجديد

إعداد الأستاذ

أحمد شقبوعة

2021

مراجعة عامة

1 وحدات القياس

في هذا المنهاج نتعامل مع وحدات القياس الاساسية (MKSC) حيث

(M) : متر : لقياس الطول
(K) : كغم : لقياس الكتلة
(S) : ثانية : لقياس الزمن
(C) : كولوم : لقياس الشحنة

نحتاج أحيانًا معرفة ما يلي

بادئات		تحويلات خاصة	
ملي	$١٠^{-٣}$	١ سم	١×١٠^{-٢} م
ميكرو	$١٠^{-٦}$	١ سم^{٢}	١×١٠^{-٤} م^{٢}
نانو	$١٠^{-٩}$	١ سم^{٣}	١×١٠^{-٦} م^{٣}
بيكو	$١٠^{-١٢}$	١ غم	١×١٠^{-٣} كغ$^{-٣}$
كيلو	$١٠^{٣}$		
مليون	$١٠^{٦}$		

مثال 1

كتلة مقدارها (٥ ميكرو غرام) حولها الى (كغم) ؟

الحل

ك = ٥ ميكرو غرام = $٥ \times ١٠^{-٦} \times ١٠^{-٣}$ كغم = ٥×١٠^{-٩} كغم

مثال 2

شحنة مقدارها ٥ مليون نانوكولوم حولها الى وحدة كولوم ؟

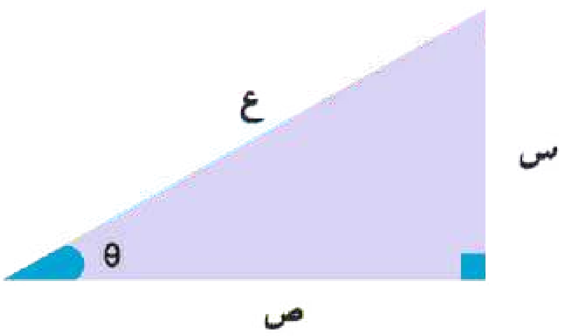
الحل

ش = ٥ مليون نانو كولوم = $٥ \times ١٠^{٦} \times ١٠^{-٩}$ كولوم = ٥×١٠^{-٣} كولوم

2 المثلث القائم

فيثاغورس

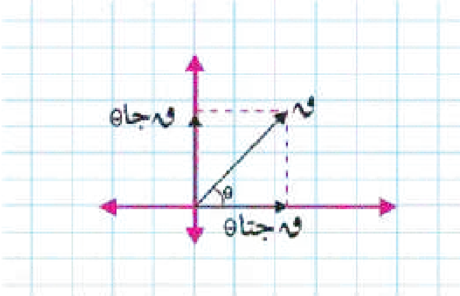
$$ع^{٢} = س^{٢} + ص^{٢}$$

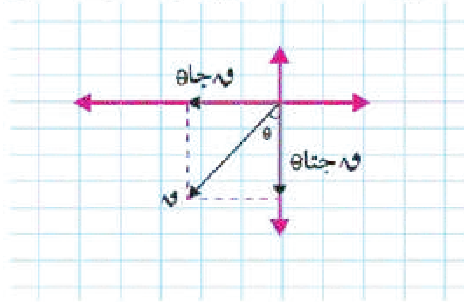


جاθ = $\frac{س}{ع}$ جتاθ = $\frac{ص}{ع}$ ظاθ = $\frac{س}{ص} = \frac{جاθ}{جتاθ}$

3 تحليل القوة

تحليل القوة المائلة : لتسهيل التعامل مع القوة المائلة نحتاج الى تحليلها وذلك يعني استبدلها بقوتين متعامدتين احداهما سينية والاخرى صادية (مركبتي القوة)



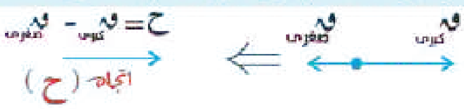


المحور الذي تكون الزاوية محصورة معه ، ويكون عليه (ق جتا θ) والآخر (ق جا θ) .

4 قوانين المحصلة

أ) اذا كان لدينا قوتان في نفس الاتجاه فإن ح = ق١ + ق٢ ⟸ ح بنفس الاتجاه

ب) اذا كان لدينا قوتان متعاكستان في الاتجاه ح = ق كبرى - ق صغرى باتجاه الكبرى

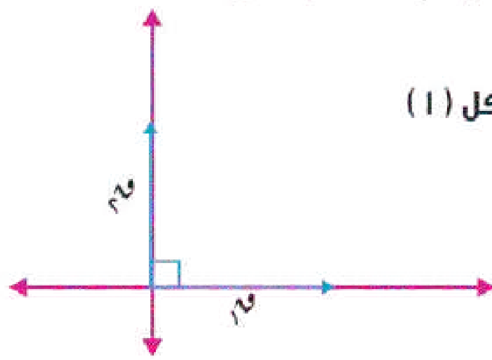


ج) اذا كان لدينا قوتان متعامدتان ، فإن ح = $\sqrt{ق_1^2 + ق_2^2}$

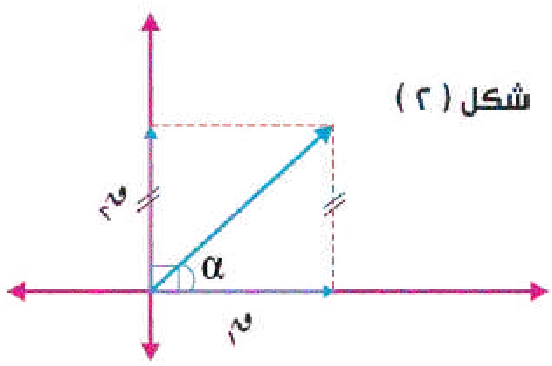
اتجاه ح
- نرسم المحصلة
- نحدد زاوية بين ح وأحد المحورين
- نجد ظل هذه الزاوية

الاتجاه = الرسم + حساب الظل

شكل (١)



شكل (٢)



ظا α = $\frac{ق_2}{ق_1}$

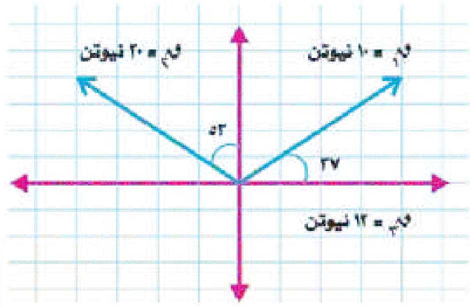
$\boxed{\text{الاتجاه = شكل (٢) + ظا } \alpha}$

د) اذا كان لدينا قوتان بينهما زاوية ليست قائمة (حادة أو منفرجة) هنا نحلل القوى المائلة ثم نجّمع المركبات السينية والصادية ثم نجد المحثلة الكلية .

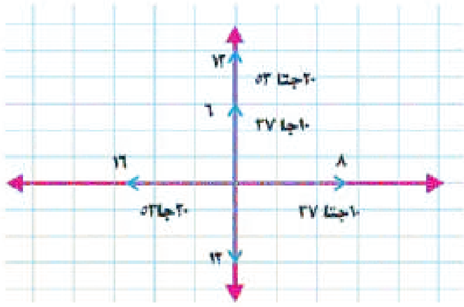
مثال 3

في الشكل بالأعتماد على القيم الموضحة أوجد محصلة القوى مقداراً واتجاهاً

الحل

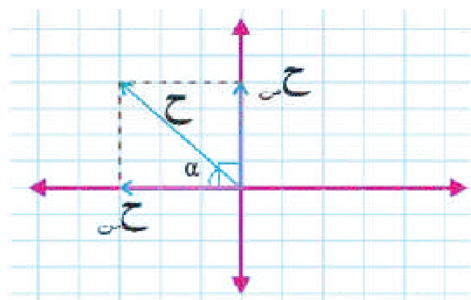


اعتبر
جا ٣٧ = جتا ٥٣ = ٠.٦
جتا ٣٧ = جا ٥٣ = ٠.٨



$ح_س$ = ١٦ - ٨ = ٨ نيوتن ...... (س -)

$ح_ص$ = (١٢ + ٦) - ١٢ = ٦ نيوتن .... (ص +)



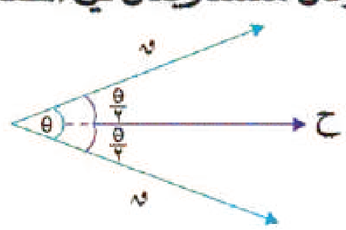
$ح = \sqrt{ح_س^2 + ح_ص^2}$

$= \sqrt{٦٤ + ٣٦}$ = ١٠ نيوتن

الأتجاه : ظاα = $\frac{ح_ص}{ح_س} = \frac{٦}{٨} = \frac{٣}{٤}$

ملاحظات

١) محصلة قوتان متساويتان في المقدار تنصف الزاوية بينهما



وهنا يمكن استخدام القاعدة التالية لحساب المحصلة

ح = ٢ ق جتا ($\frac{\theta}{٢}$) فقط لقوتين متساويتين

ولتحديد اتجاه المحصلة نكتفي بذكر أن المحصلة تنصف الزاوية بين قوتنين ... وإذا كانت منطبقة على أحد المحاور نذكر اتجاهه

٢) متطابقتان هامتان : (للزاوية < ٩٠)

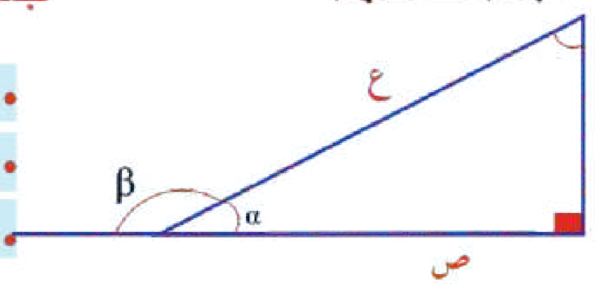
جا (الزاوية) = جا(مكملتها)

جتا (الزاوية) = - جتا (مكملتها)

مثال : جا (١٢٠) = جا (٦٠) = $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$

جتا (١٣٥) = - جا (٤٥) = $\frac{-١}{\sqrt{٢}}$

بالرموز :



- α ، β متكاملتان $\xleftarrow{\text{لان}}$ α + β = ١٨٠
- جا β = جا α = $\frac{س}{ع}$
- جتا β = - جتا α = - $\frac{ص}{ع}$

الشحنة الاساسية : هي اصغر شحنة حرة موجودة في الطبيعة وهي شحنة الالكترون حيث

$q_e = -١٫٦ \times ١٠^{-١٩}$ كولوم ، بينما $q_p = +١٫٦ \times ١٠^{-١٩}$ كولوم

سؤال ١

كيف تكسب الأجسام شحنة كهربائية ؟

الجواب

تتكون المادة من ذرات ومن مكونات الذرة بروتونات موجبة الشحنة والكترونات سالبة الشحنة وفي الذرة المتعادلة يكون عدد الالكترونات مساوياً لعدد البروتونات ويصبح الجسم مشحون بشحنة موجبة اذا فقد عدداً صحيحاً من الالكترونات بينما يصبح مشحون بشحنة سالبة اذا كسب عدداً صحيحاً من الالكترونات .

مبدأ تكميم الشحنة

شحنة اي جسم يجب أن تكون مضاعفات صحيحة لشحنة الالكترون .

رياضياً $q = ن \, q_e$

حيث : q : شحنة الجسم ن : عدد الالكترونات المفقودة أو المكتسبة

q_e : شحنة الالكترون

ملاحظات

١) يفضل تعويض شحنة الالكترونات دون إشارتها وعليه

- اذا كانت ن موجبة فانها تدل على الكترونات مفقودة
- اذا كانت ن سالبة فانها تدل على الكترونات مكتسبة

ملاحظات

٢) لمعرفة عدد الكترونات اللازم لتغير شحنة جسم من $ش_1$ الى $ش_2$

فإن : $ن = \dfrac{\Delta ش}{ش_e} = \dfrac{ش_2 - ش_1}{ش_e}$ الترتيب مهم من أجل الأشارة

وبناءً على اشارة (ن) نحدد أن الالكترونات مفقودة أو مكتسبة

مثال 5

جسيم شحنته + ٣,٢ ميكرو كولوم هل فقد أم كسب الكترونات وما عددها ؟

الحل

فقد الكترونات لان شحنته موجبة

$$ن = \frac{ش}{ش_e} = \frac{3.2\times10^{-6}}{1.6\times10^{-19}} = 2\times10^{13}\, e$$

مثال 6

يعتبر الكولوم شحنة كبيرة عملياً وضح ذلك بحساب عدد الالكترونات التي يفقدها أو يكسبها جسم حتى تصبح شحنته (١ كولوم) ؟

الحل

$$ن = \frac{ش}{ش_e} = \frac{1}{1.6\times10^{-19}}$$

ومنه $ن = 625\times10^{16}\, e$

وهذا عدد كبير جداً لذلك عادة نستخدم أجزاء الكولوم ميكرو ، نانو ....

مثال 7

أي الشحنات التالية ممكن أن يحملها جسم وأيها لا مع التفسير (3×10^{-19} ، -64×10^{-6} ، 32×10^{-21})

الحل

نجد عدد الالكترونات المفقودة أو المكتسبة فاذا كان عدد صحيح فالشحنة منطقية لانها تتفق مع مبدأ تكميم الشحنة والعكس صحيح .

$$ن = \frac{ش}{ش_e} = \frac{3\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}} = \frac{30}{16} = \frac{15}{8}$$

(كسر) تخالف مبدأ تكميم الشحنة لذلك لا يمكن أن يحملها أي جسيم .

$$ن = \frac{-64\times10^{-6}}{1.6\times10^{-19}} = -40\times10^{13}\, e$$

(عدد صحيح) ممكن .

$$ن = \frac{32\times10^{-21}}{1.6\times10^{-19}} = 20\times10^{-2} = 0.2\, e$$

(كسر) غير ممكن .

مثال 8

جسيم شحنته (+ ٨ ميكرو كولوم) ما عدد الالكترونات التي يجب أن يفقدها أو يكسبها هذا الجسيم حتى يصبح شحنته (+ ٦,٤ ميكروكولوم) ؟

الحل

$$\text{ن} = \frac{\Delta \text{س}}{\text{س}_e} = \frac{\text{س}_2 - \text{س}_1}{\text{س}_e} = \frac{6.4\times10^{-6} - 8\times10^{-6}}{1.6\times10^{-19}} = \frac{-1.6\times10^{-6}}{1.6\times10^{-19}}$$

$\text{ن} = -1\times10^{13}$ الاشارة السالبة تعني أن الجسم كسب هذا العدد

تدريب 1

جسيم شحنته (-٥ ميكروكولوم) ما عدد الالكترونات التي يجب أن يفقدها أو يكسبها حتى تصبح شحنته (-١,٨ ميكرو كولوم) ؟

سؤال 1

ما المقصود بالشحنة النقطية ؟

الجواب

هي أجسام مشحونة أبعادها صغيرة جداً مقارنة بالمسافات الفاصلة بينهما بحيث تبدو الشحنة كأنها تتركز في نقطة .

قانون كولوم

قانون كولوم : يبحث في القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين .

سؤال 2

ما العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوة الكهربائية ($\text{ق}_\text{ك}$) المتبادلة بين شحنتين نقطيتين ؟

الجواب

١ - يتناسب مقدار ($\text{ق}_\text{ك}$) طردياً مع مقدار كل من الشحنتين (س_1 ، س_2).

٢ - يتناسب مقدار ($\text{ق}_\text{ك}$) عكسياً مع مربع المسافة بينهما.

٣ - وتعتمد ($\text{ق}_\text{ك}$) على طبيعة الوسط الذي توجد فيه الشحنات .

الشكل الرياضي لقانون كولوم :

$$\text{ق}_{\text{ك}} = \text{أ}\,\frac{\text{سـ}\ \text{سـ}}{\text{ف}^{٢}}$$

ثاتب كولوم (أ) يعتمد فقط على طبيعة الوسط الذي توجد فيه الشحنات أو السماحية الكهربائية للوسط الذي توجد فيه الشحنات (ε) .

نكتب ثابت كولوم على شكل $\text{أ} = \frac{١}{٤\pi\varepsilon}$ حيث (ε) السماحية الكهربائية للوسط .

وستقتصر دراستنا فقط على الشحنات الكهربائية التي توضع في الهواء

حيث : $\varepsilon_{(\text{هواء، فراغ})} = \varepsilon_{0} = ٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢}$ كولوم² / نيوتن . م²

وعليه فان $\text{أ} = \frac{١}{٤\pi\varepsilon_{0}} = ٩ \times ١٠^{٩}$ نيوتن . م² / كولوم²

ملاحظة : أقل سماحية لكل الاوساط هي سماحية الهواء لذلك فإن :

$$\varepsilon_{0} < \varepsilon_{\text{لاي وسط}}$$

سؤال ٣

استنتج وحدة قياس ثابت كولوم ثم وحدة قياس السماحية ε_{0} ؟

الجواب

$$\text{ق}_{\text{ك}} = \text{أ}\,\frac{\text{سـ}\ \text{سـ}}{\text{ف}^{٢}} \leftarrow \text{ق} \times \text{ف} = \text{أ}\ \text{سـ}\ \text{سـ} \leftarrow \text{أ} = \frac{\text{ق} \times \text{ف}}{\text{سـ}\ \text{سـ}}$$

ومنه $[\text{أ}] = \frac{[\text{ق}][\text{ف}^{٢}]}{[\text{سـ}][\text{سـ}]} = \frac{\text{نيوتن . م}^{٢}}{\text{كولوم}^{٢}}$ .... وحدة قياس ثابت كولوم

لكن $\text{أ} = \frac{١}{٤\pi\varepsilon_{0}} \leftarrow [\text{أ}] = \frac{١}{[\varepsilon_{0}]}$ .... ٤π عدد ليست له وحدة

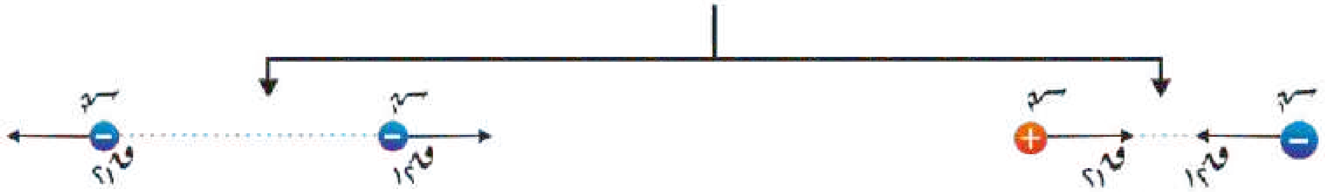
$$[\varepsilon_{0}] = \frac{١}{[\text{أ}]} = \frac{١}{\frac{\text{نيوتن . م}^{٢}}{\text{كولوم}^{٢}}} = \frac{\text{كولوم}^{٢}}{\text{نيوتن . م}^{٢}}$$

أي أن وحدة قياس (ε) هي مقلوب وحدة قياس ثابت كولوم (أ)

ملاحظة : الرمز [أ] = وحدة قياس (أ)

مـلاحـــظـات حول قانون كولوم

١) يعتمد اتجاه القوة الكهربائية على أنواع الشحنات ، بحيث الشحنات المختلفة تتجاذب و المتشابهة تتنافر



(قانون نيوتن الثاني)

٢) $ق_{١٢}$ ، $ق_{٢١}$ دائماً متعاكستين في الاتجاه ومتساويتين في المقدار أي أن احداهما فعل والاخر رد فعل وهذا معنى أن القوة متبادلة .

وبما أن $ق_{٢١}$ = $ق_{١٢}$ فان ($ق_{٢١}$: $ق_{١٢}$) = (١ : ١)

٣) في قانون كولوم والمجال وكل الكميات المتجهة لا نعوض الاشارة السالبة للشحنة .

المجال الكهربائي

تعد القوة الكهربائية ذات تأثير عن بعد (دون تلامس) ولتفسير تأثير القوة الكهربائية افترض فرداي مفهوم المجال الكهربائي .

سؤال 1

ما المقصود بالمجال الكهربائي ؟

الجواب

هو خاصية للحيز المحيط بالشحنة الكهربائية (سـ) يظهر تأثيره على شكل قوة كهربائية تؤثر في أي شحنة ($سـ_0$) توضع في هذا الحيز .

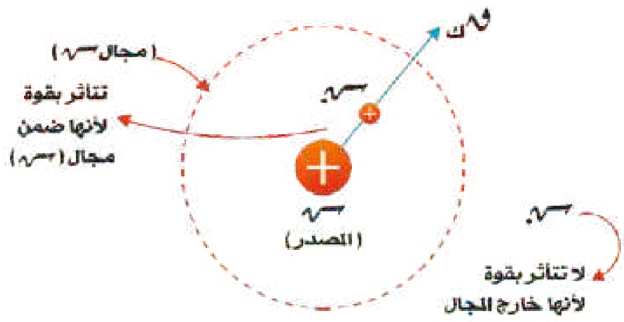
سؤال 2

اذكر أمثلة على قوى المجال .... (قوى التأثير عن بعد)

الجواب

١) القوة الكهربائية ٢) قوة الجاذبية الارضية ٣) القوة المغناطيسية

● للكشف عن المجال الكهربائي نستخدم شحنة الاختبار (سـ.) وهي شحنة موجبة وصغيرة المقدار .. فإذا وضعت شحنة الاختبار عند نقطة ضمن مجال كهربائي فانها تتأثر بقوة كهربائية .



ملاحظات

شحنة الاختبار صغيرة المقدار لا تحدث تغيراً في المجال المراد الكشف عنه لذلك فهي تتأثر ولا تؤثر على غيرها

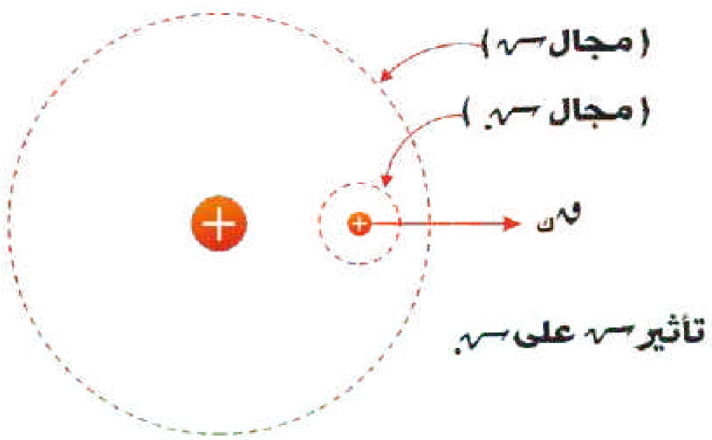
بما أن سـ. صغيرة المقدار فأن مجالها صغير جداً.

لاحظ سـ. تقع في مجال سـ

لكن سـ لا تقع في مجال سـ.

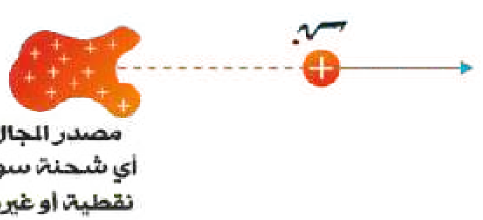
لذلك فان سـ. تتأثر بقوة كهربائية

لكن سـ. لا تؤثر على سـ



وللحديث عن حساب المجال الكهربائي عند نقطة فهو يساوي مقدار القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة اختبار توضع عند تلك النقطة مقسوماً على مقدار سـ. .

رياضياً : $م = \frac{ق_ك}{سـ.}$ نيوتن / كولوم



3 سـؤال

عرف المجال الكهربائي عند نقطة .

الجواب

المجال الكهربائي عند نقطة هو القوة الكهربائية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة (+١ كولوم) توضع عند تلك النقطة .

لو كان مصدر المجال شحنة نقطية فان $ق_ك$ تصبح قانون كولوم .... وبالتالي

$$مـ = \frac{\frac{م\ سـ\ \cancel{سـَ}}{ف^2}}{\cancel{سـَ}}$$

المجال الناجم عن شحنة نقطية عند نقطة ما

$$مـ = م \frac{سـ}{ف^2}$$

الشحنة المولدة للمجال مصدر جهد

بعد النقطة عن الشحنة المولدة للمجال

4 سـؤال

ما العوامل التي يعتمد عليها المجال الكهربائي الناتج عن شحنة نقطية ؟

الجواب

١) يتناسب طردياً مع مقدار الشحنة الكهربائية المولدة للمجال .

٢) يتناسب عكسياً مع مربع المسافة بين الشحنة والنقطة المراد حساب المجال عندها .

ملاحظات

١) اختصار $سـَ$ من القانون يعني أن المجال الكهربائي لا يعتمد على قيمة شحنة الاختبار $سـَ$ أي أنه لو وضعت اي شحنة أخرى صغيرة في نفس النقطة لن تتغير قيمة المجال .

٢) العلاقة $مـ = \frac{ق_ك}{سـَ}$ تحسب لنا المجال دون معرفة المصدر (الشحنة المولدة) نحتاج فقط مقدار شحنة موضوعه ومقدار $ق_ن$ المؤثرة عليها .

٣) العلاقة = $مـ = م \frac{سـ}{ف^2}$ تحسب لنا المجال اذا علم أن مصدر المجال .

٤) المجال كمية متجهة ولتحديد اتجاهه نفرض وجود شحنة اختبار موجبة عند النقطة المطلوبة فيكون اتجاه المجال هو نفس اتجاه القوة الكهربائية الموثرة على $سـَ$.

أو نفرض أن الشحنة المولّدة للمجال ثابتة وشحنة الاختبار متحركة فيكون اتجاه الحركة المتوقع لها هو اتجاه المجال ....

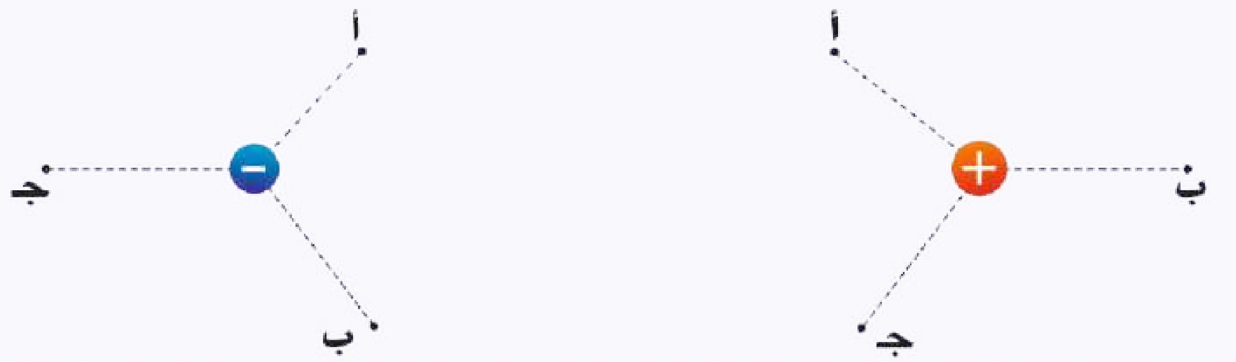
٥) لا نعوض الاشارة السالبة للشحنة في قوانين المجال وهذا لا يعني اهمالها لان الاشارة تؤخذ بعين الاعتبار في تحديد الاتجاهات.

٦)عند كتابة العلاقة $م = \frac{ق_ك}{س}$ على النحو ⟵ $ق_ك = س\ م$

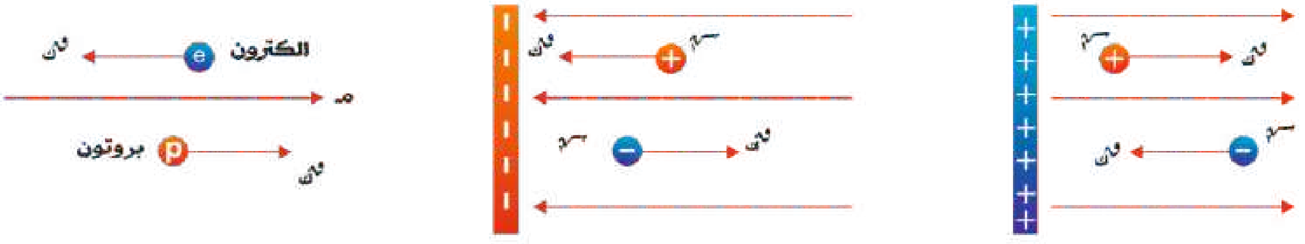
حيث (س) هي شحنة موضوعة عند نقطة , (م) المجال الكهربائي عند تلك النقطة تصبح قاعدة عامة لحساب القوة الكهربائية على اي شحنه (س) توضع عند نقطة المجال عندها معلوم (م).

تدريب ١

حدد اتجاه المجال عن النقاط أ,ب,ج



٧) اذا وضعت شحنة موجبة في مجال كهربائي معلوم فانها تتأثر بقوة كهربائية مع اتجاه المجال أما الشحنة السالبة فالقوة الكهربائية المؤثرة عليها تكون بعكس المجال .



٨) إذا كان لدينا عدة شحنات تولد مجالات كهربائية فاننا نضع شحنة اختبار (س) عند النقطة المطلوبة وندرس تأثير كل شحنة مولّدة على (س) ونعين كل متجهات المجال .. التي تخرج كلها من النقطة بحيث عدد المتجهات يساوي عدد الشحنات المولدة للمجال ثم نحسب قيم المجال .. ثم نجد المحصلة النهائية .

٩) الشحنة النقطية لا تولد مجالاً كهربائياً في موقعها ، لذلك اذا طُلب حساب المجال عند موقع شحنة نقطية نهمل وجود هذه الشحنة ويكون المجال ناتج عند الشحنات التي حولها.

سؤال 5

ماذا نعني بقولنا أن المجال الكهربائي عند نقطة يساوي ٥ نيوتن/ كولوم .

الجواب

اي أن هذا المجال يؤثر بقوة كهربائية مقدارها ٥ نيوتن على وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة فيه .

سؤال 6

وضعت شحنة اختبار موجبة في مجال كهربائي فتأثرت بقوة باتجاه (ص -) ..

(أ) ما اتجاه المجال عند تلك النقطة ؟

(ب) إذا وضع الكترون بدل شحنة الاختبار فهل يتغير اتجاه المجال أو مقداره عند تلك النقطة ؟ فسر

الجواب

(أ) اتجاه المجال باتجاه (ص -) لان الشحنة الموجبة تتاثر بقوة مع اتجاه المجال .

(ب) إذا وضع الكترون بدل شحنة الاختبار لا يتغير مقدار أو اتجاه المجال , لان مقدار المجال لا يعتمد على مقدار شحنة الاختبار اما اتجاه القوة الكهربائية على الالكترون فيكون (ص+) اي عكس المجال لان الالكترون سالب الشحنة.

مثال 9

شحنة مقدارها (-٣ ميكروكولوم) وضعت في مجال كهربائي مقداره (٤٠ نيوتن / كولوم) باتجاه (س+) . اوجد مقدار واتجاه القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة .

الحل

$ق_{ك} = ش\ م = (٣ \times ١٠^{-٦})(٤٠) = ١٢٠ \times ١٠^{-٦}$ نيوتن

والقوة باتجاه عكس المجال أي (س -) لان الشحنة سالبة .

مثال 10

جسيم شحنته (٥ ميكرو كولوم) وكتلته ٢×١٠^{-٢} غرام وضع في مجال كهربائي فتأثر بقوة كهربائية مساوية لوزنه . اوجد مقدار هذا المجال (اعتبر تسارع الجاذبية الارضية (١٠ م / $ث^{٢}$))

الحل

مثال 11

بالاعتماد على الشكل :-

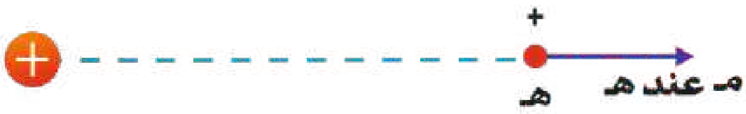
$ش = ٢ \times ١٠^{-٦}$ كولوم

(١) أوجد مقدار واتجاه المجال عند (هـ)

(٢) أوجد مقدار واتجاه القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة (-٢×١٠^{-٩}) كولوم توضع عند (هـ)

الحل

(١) نفرض وجود شحنة اختبار عند (هـ) فيكون اتجاه المجال (س +)



$$م = أ \frac{ش}{ف^٢} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{٢ \times ١٠^{-٦}}{١٠٠ \times ١٠^{-٤}} = ١٨ \times ١٠^{٥}$$ نيوتن / كولوم باتجاه (س +)

---

(٢)

$$ق = ش \times م = ٢ \times ١٠^{-٩} \times ١٨ \times ١٠^{٥} = ٣٦ \times ١٠^{-٤}$$ نيوتن (س -)

مثال 12

(أ , ب) شحنتان نقطيتان مقدار كل منهما على الترتيب (١٢٨ , - ٧٢) × $١٠^{-١١}$ كولوم والمسافة الفاصلة بينهم ٢٠ سم ...

(١) أوجد مقدار واتجاه المجال الكهربائي المحصل عند منتصف المسافة بينهم ...

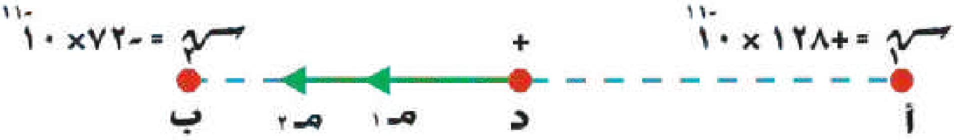
(٢) اوجد مقدار واتجاه القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة ٢ بيكوكولوم توضع عند المنتصف.

(٣) أوجد مقدار واتجاه المجال عند نقطة تبعد ١٦ سم عن (أ) و٣٦سم عن (ب).

(٤) أوجد مقدار واتجاه المجال عند (ب).

الحل

يفضل دائما البدء بتحديد اتجاهات المجال عند النقطة المطلوبة.



$$م_١ = أ \frac{ش_١}{ف^٢} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{١٢٨ \times ١٠^{-١١}}{١٠٠ \times ١٠^{-٤}} = ١١٥٢$$ نيوتن / كولوم باتجاه (س -)

$$م_٢ = أ \frac{ش_٢}{ف^٢} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{٧٢ \times ١٠^{-١١}}{١٠٠ \times ١٠^{-٤}} = ٦٤٨$$ نيوتن / كولوم باتجاه (س -)

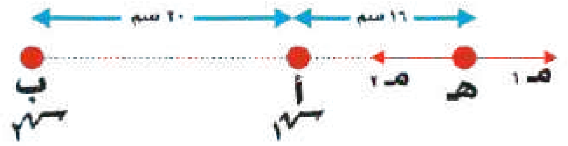
لاحظ المجالين في نفس الاتجاه لذلك :- م = م١ + م٢

= ١١٥٢ + ٦٤٨ = ١٨٠٠ نيوتن / كولوم باتجاه (س -)

(٢) ش = ٢ × $١٠^{-١٢}$

ق ك = ش م = (٢ × $١٠^{-١٢}$)(١٨٠٠) = ٣٦ × $١٠^{-١٠}$ نيوتن باتجاه (س -) لان الشحنة موجبة

(٣) هذه النقطة تقع على بعد ١٦ سم على يمين (أ) .. نفرضها (هـ)



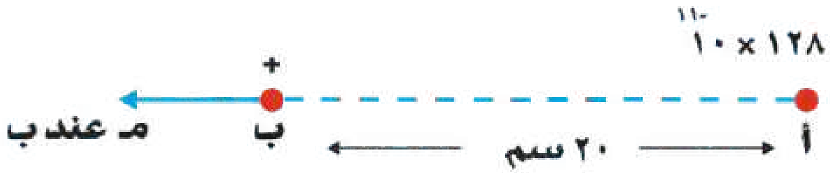
م١ = ٩ × $١٠^{٩}$ $\frac{١٢٨ \times ١٠^{-١١}}{٢٥٦ \times ١٠^{-٤}}$ = ٤٥٠ نيوتن / كولوم (+ س)

م٢ = ٩ × $١٠^{٩}$ $\frac{٧٢ \times ١٠^{-١١}}{٢٥٦ \times ١٠^{-٤}}$ = ٥٠ نيوتن / كولوم (- س)

مح = م١ + م٢ = ٤٥٠ - ٥٠ = ٤٠٠ نيوتن / كولوم

(٤) ش٢ لا تولد مجالا عند (ب) لذلك نهمل وجودها فيكون المجال عند (ب) ناجم فقط ش١.

ونضع شحنة اختبار عند (ب) لتحديد اتجاه المجال.

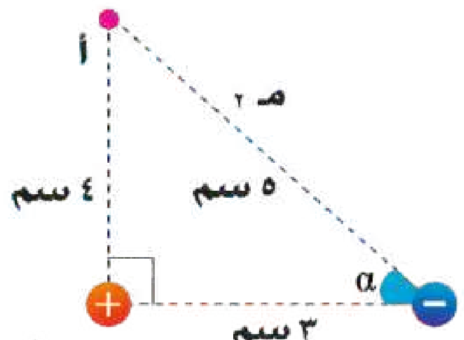


م عند (ب) = أ $\frac{ش_١}{ف^٢}$ = ٩ × $١٠^{٩}$ $\frac{١٢٨ \times ١٠^{-١١}}{٤٠٠ \times ١٠^{-٤}}$ = ٢٨٨ نيوتن / كولوم (س -)

مثال 13

بالاعتماد على الشكل احسب مقدار المجال الكهربائي

المحصل عند (أ) وحدد اتجاهه ...

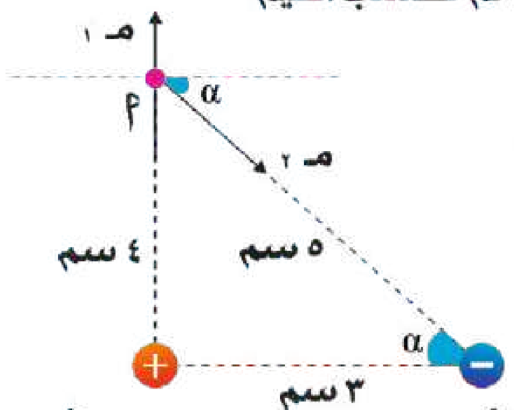


ش٢ = ٨ × $١٠^{-٩}$ كولوم ش١ = ٥ × $١٠^{-٩}$ كولوم

الحل

طول الوتر = ٥ سم حسب فيثاغورس نحدد اتجاه $م_١$ ، $م_٢$ ثم نحسب القيم

ونشئ محاور متعامدة من ٲ



ق = ٨ × $١٠^{-٩}$ كولوم ‏ ‏ ق = ٥ × $١٠^{-٩}$ كولوم

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

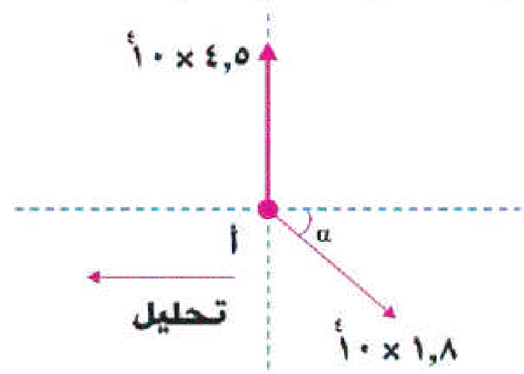
$م_٢ = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{٨ \times ١٠^{-٩}}{١٦ \times ١٠^{-٤}} = ١,٨ \times ١٠^{٤}$ نيوتن / كولوم

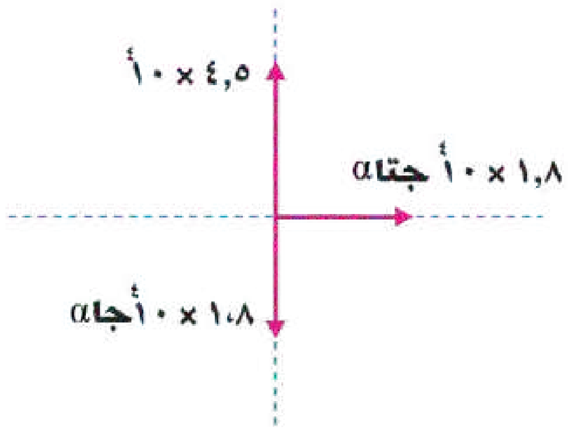
(α) مع (س +) كما في الشكل

هنا نحتاج التحليل لحساب محصلة المجالين لان الزاوية بينهما ليست قائمة

لاحظ حسب المثلث :

جا α = $\frac{٤}{٥}$ = ٠,٨ ‏ ‏ جتا α = $\frac{٣}{٥}$ = ٠,٦





لذلك

$م_س = ١,٠٨ \times ١٠^{٤} \approx ١ \times ١٠^{٤}$ نيوتن / كولوم

$م_ص = ٤,٥ \times ١٠^{٤} - ١,٤٤ \times ١٠^{٤} = ٣,٠٦ \times ١٠^{٤} \approx ٣ \times ١٠^{٤}$ نيوتن / كولوم

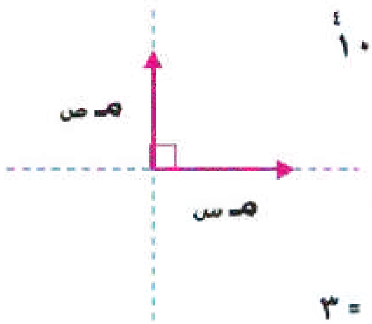
ملاحظة : التقريب حسب الكتاب

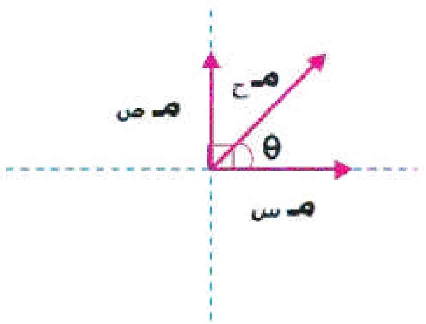
وهو تقريب جيد في ظل عدم السماح باستخدام آلة حاسبة في امتحان الوزارة

$م_ح = \sqrt{م_س^٢ + م_ص^٢} = \sqrt{(١)^٢ + (٣)^٢} \times ١٠^{٤}$

$= \sqrt{١٠} \times ١٠^{٤}$ نيوتن / كولوم

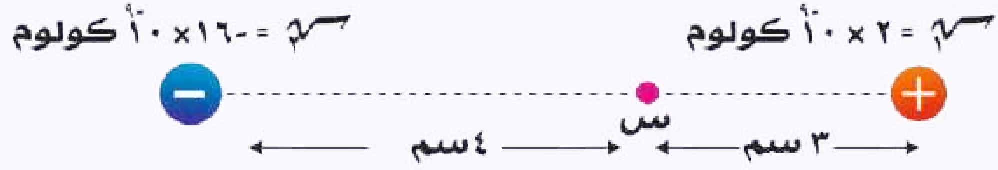
الاتجاه : $م_ح$ يصنع زاوية (θ) كما في الشكل حيث : $ظا θ = \frac{م_ص}{م_س} = \frac{٣ \times ١٠^{٤}}{١ \times ١٠^{٤}} = ٣$





تدريب 1

١)



١) المجال الكهربائي المحصل عند س مقداراً واتجاهاً .

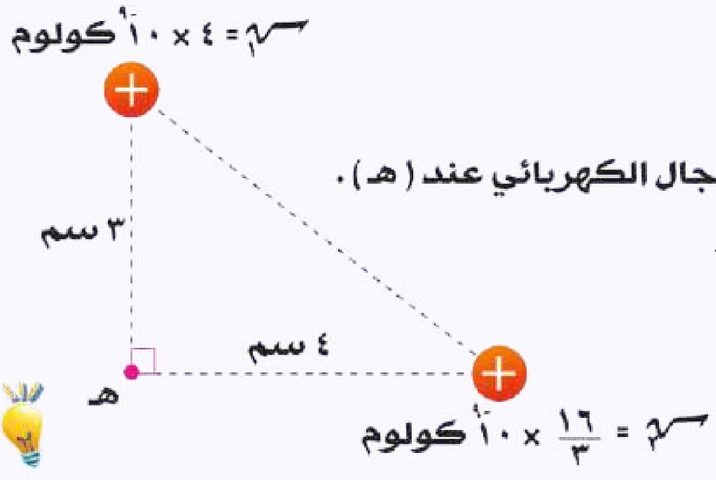
٢) القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة (+٢ بيكوكولوم) توضع عند (س) .

الاجابات ١) $\text{مـ}_{\text{س}} = ١١ \times ١٠^{٤}$ نيوتن / كولوم (س -)

٢) ٢٢×١٠^{-٨} نيوتن باتجاه (س -)

٢) بالاعتماد على الشكل احسب محصلة المجال الكهربائي عند (هـ) .

الجواب : ٥×١٠^{٤} نيوتن / كولوم ، ظا $\alpha = \frac{٤}{٣}$



مثال 14

(س,ص) نقطتان تقعان في مجال الشحنة (شـ) وضعت شحنة مقدارها (١×١٠^{-٦}) كولوم عند النقطة (س) فتأثرت بقوة كهربائية مقدارها (٨×١٠^{-٣}) نيوتن أوجد

١) مقدار واتجاه المجال عند (س) .

٢) القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة (-١×١٠^{-٦}) كولوم توضع عند (ص) مقداراً واتجاهاً .

الحل

١) (شـ ، ف) غير معلومتين ؟! لإيجاد المجال عند (س) نستفيد من القوة الكهربائية .

$\text{ق}_{\text{ك}} = \text{شـ} \times \text{مـ}_{\text{عند س}}$

$\text{مـ}_{\text{س}} = \frac{\text{ق}_{\text{ك}}}{\text{شـ}} = \frac{٨ \times ١٠^{-٣}}{١ \times ١٠^{-٦}} \longleftarrow \text{مـ}_{\text{س}} = ٨ \times ١٠^{٣}$ نيوتن / كولوم باتجاه (س +)

---

٢) نجد أولاً المجال عند (ص) $\text{مـ}_{\text{س}} = \frac{\text{أ شـ}}{(\text{ف})^{٢}} = ٨ \times ١٠^{٣}$ نيوتن / كولوم باتجاه (س +)

$\text{مـ}_{\text{ص}} = \frac{\text{أ شـ}}{(٢\text{ف})^{٢}} = \frac{١}{٤} \times \frac{\text{أ شـ}}{(\text{ف})^{٢}} = \frac{١}{٤} \times ٨ \times ١٠^{٣}$

$= ٢ \times ١٠^{٣}$ نيوتن / كولوم (س +)

مثال 15

بالاعتماد على الشكل احسب مقدار (ش) وحدد نوعها اللازم ليكون المجال الكهربائي المحصل عند (س) : (أ) مساويا ٥٤ × $١٠^{٥}$ نيوتن / كولوم باتجاه نحو (ع) اي (س+).

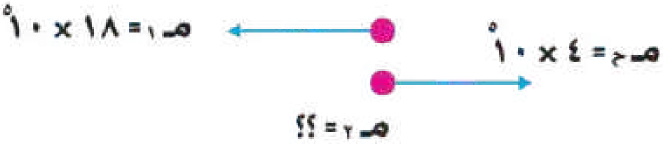
(ب) مساويا ٥٤ × $١٠^{٥}$ نيوتن / كولوم باتجاه نحو (س-).

الحل

(أ) أولا نجد المجال الناجم عن الشحنة المعلومة

م١ = أ $\frac{ش}{ف^{٢}}$ = ٩ × $١٠^{٩}$ $\frac{٢ \times ١٠^{-٦}}{١٠٠ \times ١٠^{-٤}}$ = ١٨ × $١٠^{٥}$ نيوتن / كولوم باتجاه (س -)

الان نفكر كما يلي :



م١ = ١٨ × $١٠^{٥}$ نحو (س -) والمجال المحصل

مح = ٥٤ × $١٠^{٥}$ نحو (س +).

اذاً لا بد أن يكون م٢ باتجاه (س +) وقيمة أكبر من م١

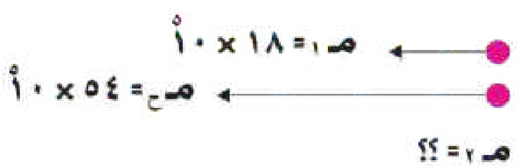
مح = م١ + م٢ ⟵ ٥٤ × $١٠^{٥}$ = م٢ - ١٨ × $١٠^{٥}$

م٢ = ٧٢ × $١٠^{٥}$ نيوتن / كولوم (س +) وبما أن م٢ نحو (ش) لذلك فان ش سالبة ولايجاد قيمتها م٢ = أ $\frac{ش_{٢}}{ف^{٢}}$ ٧٢ × $١٠^{٥}$ = ٩ × $١٠^{٩}$ $\frac{ش}{١٠٠ \times ١٠^{-٤}}$ $\boxed{\text{ش = ٨ × } ١٠^{-٦} \text{ كولوم ..... (سالبة)}}$

(ب) من فرع (أ) م١ = ١٨ × $١٠^{٥}$ نيوتن / كولوم (س -)

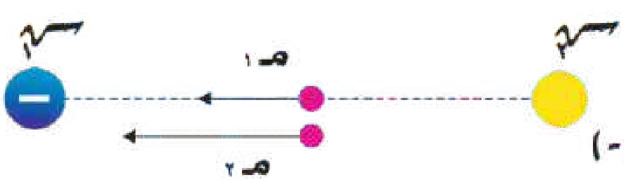
والان مح = ٥٤ × $١٠^{٥}$ نيوتن / كولوم (س -)

اذاً لابد أن يكون م٢ باتجاه (س -)



مح = م١ + م٢

٥٤ × $١٠^{٥}$ = ١٨ × $١٠^{٥}$ + م٢



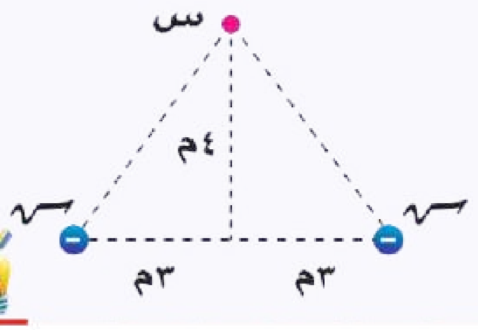
م٢ = ٣٦ × $١٠^{٥}$ نيوتن / كولوم باتجاه (س -)

بما أن م٢ خارج من ش (تنافر) لذلك فإن ش نوعها موجب .

م٢ = أ $\frac{ش_{٢}}{ف^{٢}}$ $\cancel{٣٦}^{٤}$ × $١٠^{٥}$ = $\cancel{٩}$ × $١٠^{٩}$ $\frac{ش_{٢}}{١٠٠ \times ١٠^{-٤}}$ ش = ٤ × $١٠^{-٦}$ كولوم (موجبة).

① تــدريــب

شحنتان متماثلتان ($ش = -25 \times 10^{-9}$ كولوم) موضوعتان في الهواء كما في الشكل احسب محصلة المجال عند (س) مقدارا واتجاها ..



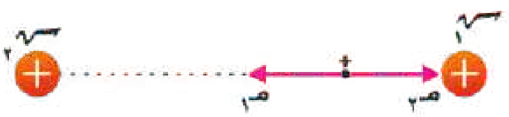
الجواب :- ١٤,٤ نيوتن /كولوم (ص -)

نقطة التعادل

نقطة التعادل : هي النقطة التي تنعدم عندها محصلة المجال الكهربائي .

وسندرس حالتين

١- إذا كان لدينا شحنتين من نفس النوع فإن نقطة التعادل تقع بينهما وأقرب للشحنة الأصغر . (على فرض $ش_1 < ش_2$)



$م_1$ عكس $م_2$ .... ويجب ان يكون ($م_1 = م_2$)، لوكانت $ش_1 = ش_2$ فإن نقطة التعادل تقع في المنتصف .

> **مـــلاحـــظـــة**
>
> عند المقارنة بين شحنتين تهمل الإشارة او نقارن بين القيم المطلقة للشحنات .

٢- إذا كان لدينا شحنتين مختلفتين في النوع فإن نقطة التعادل تكون على امتداد الخط الواصل بينهما ... وأقرب للشحنة الأصغر .

(على فرض $ش_1 < ش_2$)

$م_1$ بعكس $م_2$ ...... وحتى تكون نقطة تعادل ⟵ $م_1 = م_2$

> **مـــلاحـــظـــة**
>
> اذا كان $ش_1 = ش_2$ ومتعاكسين في النوع ومتساويتين في المقدار فلا يوجد نقطة تعادل .

اي شحنة توضع عند نقطة التعادل فإن محصلة القوى الكهربائية المؤثرة عليها تساوي صفر .

$ق_ك = ش \times م = ش \times صفر = صفر$ لذلك فهي شحنة متزنة .

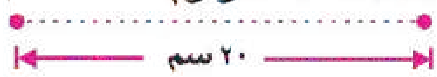
- لذا تسمى نقطة التعادل نقطة الإتزان ...

مثال 16

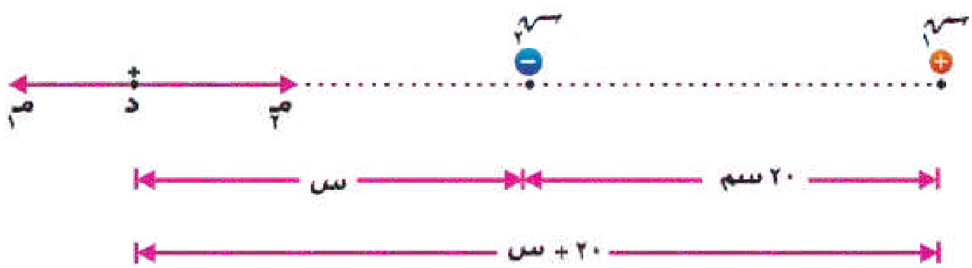
بالإعتماد على الشكل حدد موقع نقطة التعادل للشحنتين $ش_1$ ، $ش_2$

الحل

$ش_1 = ١٢٨ \times ١٠^{-١١}$ كولوم $ش_2 = -٧٢ \times ١٠^{-١١}$ كولوم



تقع نقطة التعادل الى يسار $ش_2$ على بعد (س) منها ...



شرط التعادل : $م_1 = م_2 \leftarrow أ \dfrac{ش_1}{ف_1^2} = أ \dfrac{ش_2}{ف_2^2} \leftarrow \left(\dfrac{١٢٨ \times ١٠^{-١١}}{(٢٠ + س)^2} = \dfrac{٧٢ \times ١٠^{-١١}}{س^2} \right)$ **بالقسمة على ٢**

$\dfrac{٦٤}{(٢٠ + س)^2} = \dfrac{٣٦}{س^2}$ **نأخذ الجذر للطرفين**

$\dfrac{٨}{٢٠ + س} = \dfrac{٦}{س} \leftarrow ٨س = ١٢٠ + ٦س \leftarrow ٢س = ١٢٠ \leftarrow س = ٦٠$ سم

مثال 17

بالإعتماد على الشكل اذا كانت محصلة المجال عند (س) تساوي صفر أوجد مقدار ونوع $ش_2$ ؟

الحل

بما ان نقطة التعادل بين الشحنتين لذلك هما من نفس النوع $ش_2$ مثل $ش_1$ موجبة .

ولايجاد $ش_2$؟؟ $م_1 = م_2$

$أ \dfrac{ش_1}{ف_1^2} = أ \dfrac{ش_2}{ف_2^2}$ $\left\{ \begin{array}{l} ف_1 = ٣٠ \text{ سم} \\ ف_2 = ٩٠ - ٣٠ = ٦٠ \text{ سم} \end{array} \right.$

$\dfrac{٦ \times ١٠^{-٦}}{٩٠٠ \times \cancel{١٠^{-٤}}} = \dfrac{ش_2}{٣٦٠٠ \times \cancel{١٠^{-٤}}} \leftarrow \dfrac{٦ \times ١٠^{-٦}}{١} = \dfrac{ش_2}{٤}$

$ش_2 = ٢٤ \times ١٠^{-٦}$ كولوم ...... (موجبة)

1 تـدريـب

بالاعتماد على الشكل حدد موقع نقطة التعادل ؟

الجواب : بين الشحنتين وعلى بعد $\frac{١}{٢}$ متر عن ش١

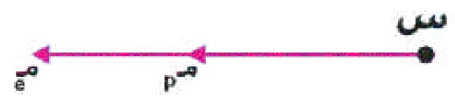
18 مثـــال

سؤال مفاهيمي :

في الشكل الكترون وبروتون موضوعين على المحور السيني حدد اتجاه المجال الكهربائي المحصل عند (س) ، (ص) .

الحل

تذكر أن $ش_p$ = $ش_e$ مقداراً . لكن مختلفين بالنوع ....



النقطة (س) :

م س باتجاه (س -)

النقطة (ص) :

$م_e > م_p$ لان (ص) أقرب للالكترون

لذلك م عند (ص) باتجاه (س +) .

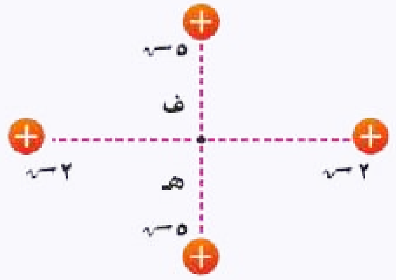
1 تدريب

في كل مما يلي توزيعات مختلفة من الشحنات النقطية ،

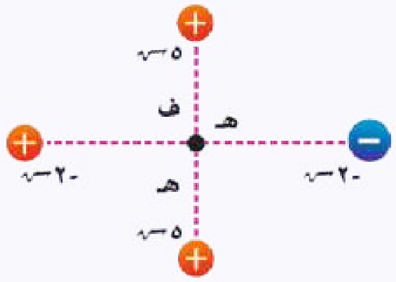
إذا كان (ف) يمثل بعد كل شحنة عن النقطة (هـ) :

فجد المجال الكهربائي المحصل مقداراً واتجاهاً عند (هـ)

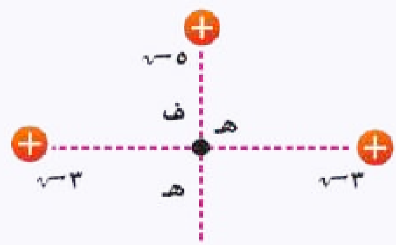
بدلالة (س ، ف)



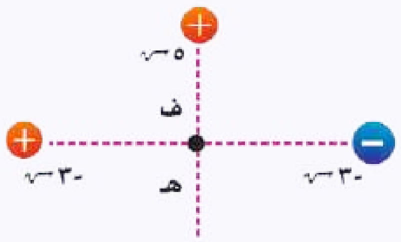
(١)



(٢)



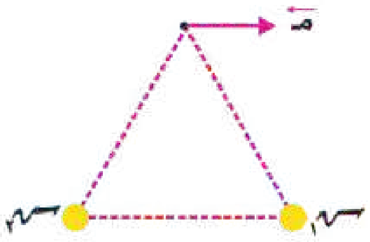
(٣)



(٤)

مثال 19

ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي :



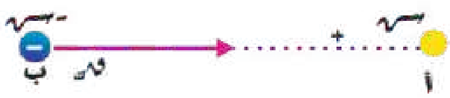
١ - يبين الشكل التالي اتجاه المجال الكهربائي المحصل عند نقطة تبعد عن (س$_{١}$ ، س$_{٢}$) المسافة نفسها :

اذا علمت أن الشحنتين لهما نفس المقدار فإن :

أ) س$_{١}$ موجبة ، س$_{٢}$ موجبة .　　　ب) س$_{١}$ موجبة ، س$_{٢}$ سالبة .

ج) س$_{١}$ سالبة ، س$_{٢}$ موجبة .　　　د) س$_{١}$ سالبة ، س$_{٢}$ سالبة .

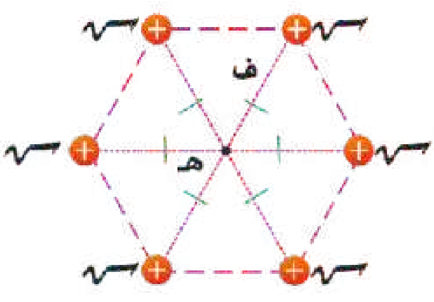
(إرشاد م المحصل يقع بين م$_{١}$ ، م$_{٢}$)



٢ - في الشكل المجاور عندما وضعت شحنة سالبة (-س$_{٢}$) عند (ب) تأثرت بقوة كهربائية باتجاه (س+) وعلية يكون (إتجاه مـ عند ب ، نوع الشحنة س)

أ) (+ س ، موجبة)　　　ب) (+ س ، سالبة)

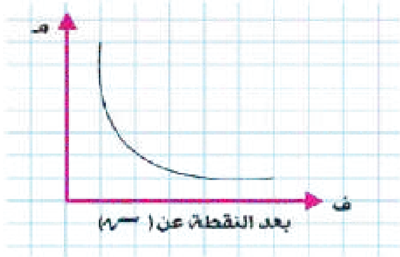
ج) (- س ، سالبة)　　　د) (- س ، موجبة)



٣ - بالإعتماد على الشكل اذا ازيلة شحنة واحدة فإن مقدار المجال المحصل مند (هـ) يساوي

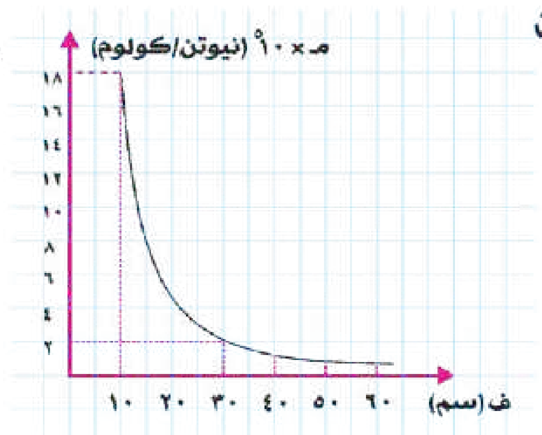
أ) صفر　　　ب) ٥ ($\frac{أ س}{ف^{٢}}$)　　　ج) ٦ ($\frac{أ س}{ف^{٢}}$)　　　د) $\frac{أ س}{ف^{٢}}$

من خلال العلاقة ($مـ = \frac{\text{أ ش}}{ف^{٢}}$) نلاحظ أن التناسب بين (مـ ، ف) تناسباً عكسياً على شكل اقتران نسبي لذلك فان التمثيل البياني لمنحنى (ف - مـ) سيكون عكسي غير خطي (منحني) .



مثال 20

يبين الشكل العلاقة بين المجال الكهربائي الناتج عن شحنة نقطية والبعد عنها ، معتمداً على الشكل .



جد مقدار كل مما يلي :

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

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

ج) الشحنة الكهربائية المولدة للمجال .

الحل

أ) حسب الشكل على بعد ٣٠ سم تكون قيمة المجال مـ = ٢×١٠^{٥} نيوتن / كولوم

ب) $ق_{ك} = ش \times مـ$

لاحظ قيمة (مـ) على بعد (٢٠ سم) غير واضحة بدقة من الرسم ... !! ؟

نحاول ايجادها من الفرع (أ)

$مـ = \frac{\text{أ ش}}{ف^{٢}}$ ... مـ = ٢×١٠^{٥} عندما ف = ٣٠ سم

$٢ \times ١٠^{٥} = \frac{\text{أ ش}}{٩٠٠ \times ١٠^{-٤}} \Leftarrow \text{أ ش} = ١٨٠٠ \times ١٠^{١} \Leftarrow \text{أ ش} = ١٨ \times ١٠^{٣}$

ولإيجاد (مـ) على بعد ٢٠ سم

$مـ = \frac{\text{أ ش}}{ف^{٢}} = \frac{١٨ \times ١٠^{٣}}{٤٠٠ \times ١٠^{-٤}} = ٤,٥ \times ١٠^{٥}$ نيوتن / كولوم

$ق_{ك} = ش\, مـ = (١ \times ١٠^{-٩})(٤,٥ \times ١٠^{٥}) = ٤,٥ \times ١٠^{-٤}$ نيوتن

ج) من فرع (ب) ⟸ م سـ = ١٥ × ١٠^٣ ⟸ ٩ × ١٠^٩ سـ = ١٨ × ١٠^٣

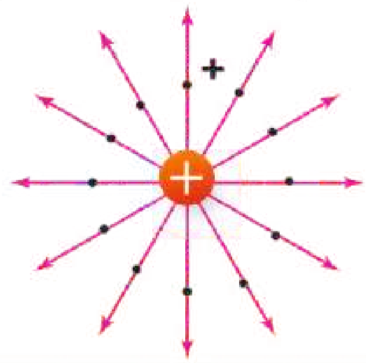
⟸ سـ = ٢ × ١٠^-٦ كولوم

ويمكن حساب قيمة (سـ) ايضاً من قيمة المجال على بعد ١٠ سم ... حاول ذلك بنفسك

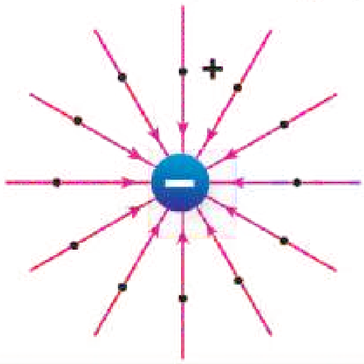
خطوط المجال الكهربائي

خط المجال الكهربائي :- هو المسار الذي تسلكه شحنة الاختبار الموجبة حرة الحركة عند وضعها في المجال الكهربائي .

توضيح : اذا وضعنا عدة شحنات اختبار في مواقع مختلفة حول شحنة موجبة وأخرى سالبة فإنها سوف تتحرك في مسارات بحيث تبتعد عن الشحنة الموجبة وتقترب من الشحنة السالبة تسمى هذه المسارات خطوط المجال الكهربائي .



شكل (١) : خطوط المجال حول شحنة مفردة موجبة



شكل (٢) : خطوط المجال حول شحنة مفردة سالبة .

خصائص خطوط المجال الكهربائي

١- تبدو خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة الى الشحنة السالبة . لماذا ؟

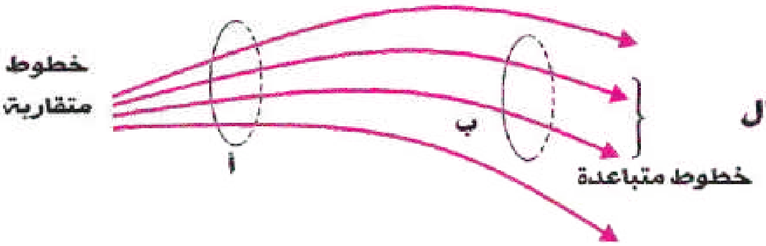
لأن شحنة شحنة الاختيار تتنافر مع الشحنة الموجبة وتتجاذب مع السالبة .

٢- يتناسب مقدار المجال الكهربائي في منطقة طردياً مع كثافة خطوط المجال عند تلك المنطقة ⟵ أي (م $\propto$ كثافة الخطوط)

تعريف كثافة الخطوط : عدد خطوط المجال التي تخترق وحدة المساحة عمودياً .

تذكر ⟵ وحدة المساحة = ١ م^٢

توضيح : الشكل المجاور يمثل خطوط المجال الكهربائي لتوزيع معين من الشحنات



ملاحظات

إن كثافة الخطوط عند (أ) اكبر من الكثافة عند (ب) .

عند (أ) ٤ خطوط لكل وحدة مساحة
عند (ب) ٢ خط لكل وحدة مساحة
← لذلك $م_أ > م_ب$

نتيجة هامة : تقارب (تزاحم) خطوط المجال يدل على كثافة كبيرة بالتالي مجال كبير وتباعد خطوط المجال يدل على كثافة صغيرة بالتالي مجال صغير.

٣- يحدد اتجاه المجال عند نقطة على خط المجال برسم مماس لخط المجال عند تلك النقطة .

توضيح :

ملاحظات

أ) الخط المنحني يدل على اتجاهات عديدة وليس اتجاه واحد .

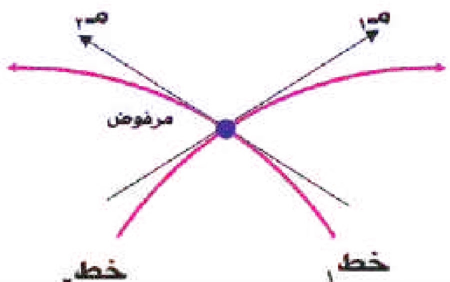
ب) اذا كان خط المجال مستقيم لا داعي لرسم مماس لأن خط المجال يدل على اتجاه المجال .

توضيح :

لاحظ المماس منطبق على خط المجال .

٤- خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع ، لماذا ؟

لأنها لو تقاطعت سيكون للمجال عند نقطة التقاطع أكثر من اتجاه وهذا مرفوض (مستحيل) .



7 سؤال

كيف يمكن الإفادة من خطوط المجال في معرفة كل من :-

أ- مقدار المجال الكهربائي في منطقة ما ؟ ب- اتجاه المجال الكهربائي عند نقطة ما ؟

الجواب

أ - في المنطقة التي تتقارب فيها خطوط المجال تكون قيمة المجال كبيرة ، وفي المنطقة التي تتباعد فيها خطوط المجال تكون قيمة المجال صغيرة .

ب - عند أي نقطة على خط المجال يكون اتجاه المجال باتجاه المماس لخط المجال عند تلك النقطة .

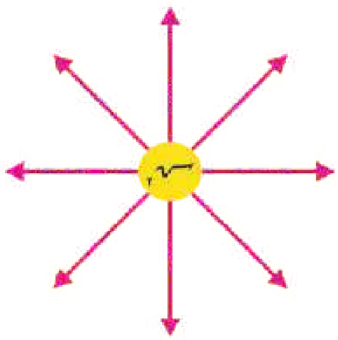
قاعدة هامة : عدد خطوط المجال الخارجية من الشحنة موجبة أو الداخلة الى الشحنة السالبة يتناسب طردياً مع مقدار تلك الشحنة .

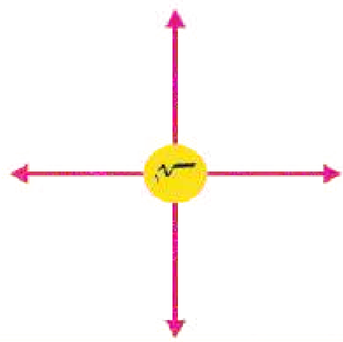
وبناءً على ذلك فإن : (نسبة عدد الخطوط) = (نسبة قيم الشحنات)

أو

$$\frac{\text{عدد خطوط شـ}_1}{\text{عدد خطوط شـ}_2} = \frac{\text{شـ}_1}{\text{شـ}_2}$$

توضيح :

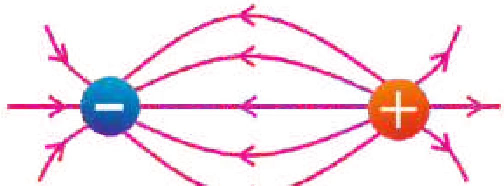




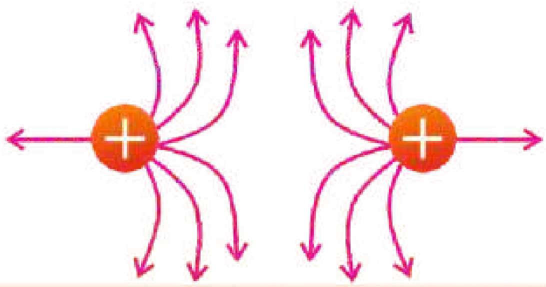
واضح من الشكل : ١) $\text{شـ}_2 > \text{شـ}_1$ (لأن عدد خطوط شـ_2 اكبر من عدد خطوط شـ_1)

٢) $\frac{\text{شـ}_1}{\text{شـ}_2} = \frac{4}{8} \Leftarrow (\text{شـ}_2 = 2\,\text{شـ}_1)$

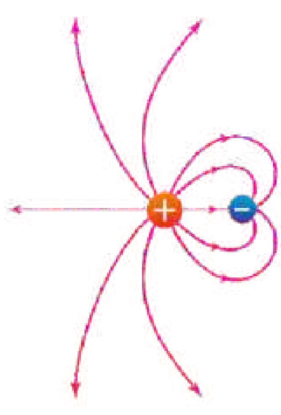
أشكال اضافية لخطوط المجال الكهربائي



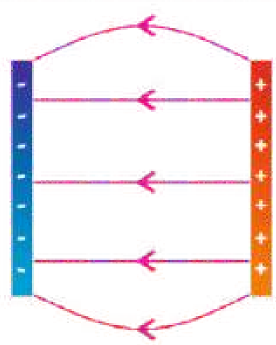
شكل (٣) خطوط المجال لـ (+شـ ، - شـ)
شحنتين متساويتين مقداراً ومختلفين نوعاً .
تذكر : هنا لا يوجد نقطة تعادل .



شكل (٤) : خطوط مجال لـ (+ شـ ، + شـ)
شحنتين متماثلتين في المقدار والنوع .
تذكر : نقطة المنتصف هي نقطة تعادل .



شكل (٥) : خطوط المجال لـ (+٢ شـ ، - شـ)
شحنة موجبة ضعف شحنة سالبة



انحناء خطوط المجال عند مجال الاطراف يدل على عدم الانتظام .

شكل (٦) : خطوط المجال بين لوحي مواسع صفيحتان مشحونتان بشحنتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في النوع . (مجال منتظم) .

نوعا المجال الكهربائي :

(اولاً) **المجال الكهربائي المنتظم** : وهو المجال الثابت في المقدار والاتجاه عند جميع نقاطه ، وتكون خطوطه على شكل مستقيمات متوازية المسافات الفاصلة بينهما متساوية .

8 سؤال

اين يمكن الحصول على مجال منتظم ؟

الجواب

بين صفيحتين فلزيتين متوازيتين مشحونتين بشحنتين متساويتين احدهما موجبة

موجبة والأخرى سالبة .... أو بين لوحي مواسع

ملاحظات

في المجال المنتظم :

١) توازي خطوط المجال يدل على اتجاه ثابت .

٢) تساوي المسافات الفاصلة بين الخطوط يدل على كثافة ثابتة بالتالي مقدار ثابت للمجال .

(ثانياً) **المجال الكهربائي غير المنتظم** :- وهو مجال غير ثابت في المقدار أو الاتجاه مثل المجال الناتج عن شحنة نقطية .

ملاحظات

الشكل المجاور يمثل خطوط المجال الكهربائي لشحنة نقطية .

توضيح :

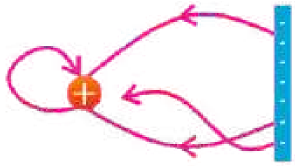
١) مقدار المجال الكهربائي عند النقاط (أ ، ب ، ج ، د) متساوي لأن لهذه النقاط البعد نفسه عن الشحنة (س)
لكن اتجاه المجال يختلف من نقطة لأخرى ، أي أن الاتجاه غير ثابت .

٢) اتجاه المجال عند (أ) ، وعند (هـ) نفسه ، إلا إن مقدار المجال عند (هـ) أقل من مقدار المجال عند (أ) ⟸ ($م_{هـ} > م_{أ}$) أي أن مقدار المجال غير ثابت .

نتيجة :

طالما المجال الناجم عند الشحنة النقطية غير ثابت في المقدار والاتجاه فهو مجال غير منتظم .

سؤال 9



بالاعتماد على الشكل المجاور اذكر ثلاث أخطاء وردت في رسم خطوط المجال .

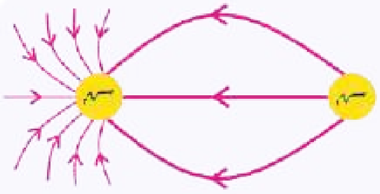
الجواب

١) خطوط المجال خارجة من الشحنة السالبة وداخلة الى الموجبة .

٢) خطوط المجال متقاطعة .

٣) أحد خطوط المجال الكهربائي مقفل وهذا من خصائص المجال المغناطيسي وليس الكهربائي .

تدريب 1



بالاعتماد على الشكل المجاور اجب عما يلي :-

١) ما نوع س_1 ، س_2 ؟

٢) أوجد نسبة $\frac{\text{س}_1}{\text{س}_2}$ ؟

٣) اذا كانت المسافة الفاصلة بين س_1 ، س_2 ٦سم حدد موقع نقطة التعادل .

حساب المجال الكهربائي المنتظم

اذا شحنت صفيحة موصلة (فلزية) فإن الشحنة تتوزع على سطحها بانتظام ، أي أن كل وحدة مساحة (١ م^٢) تحمل نفس كمية الشحنة .

كثافة الشحنة السطحية (σ) : هي كمية الشحنة الكهربائية لكل وحدة مساحة من سطح الموصل .

حيث $\boxed{\sigma = \frac{س}{أ}}$ $\frac{\text{كولوم}}{\text{م}^٢}$

س : شحنة الموصل (الصفيحة) .

أ : مساحة سطح الموصل (الصفيحة) .

مثال 20

صفيحة فلزية مربعة طول ضلعها (٥ سم) شحنت بشحنة مقدارها (١٠٠ نانوكولوم) فتوزعت عليها بانتظام أوجد مقدار الكثافة السطحية للشحنة .

الحل

$\sigma = \frac{س}{أ} \longrightarrow \sigma = \frac{١٠٠ \times ١٠^{-٩}}{٢٥ \times ١٠^{-٤}} = ٤ \times ١٠^{-٥}$ كولوم / م^٢

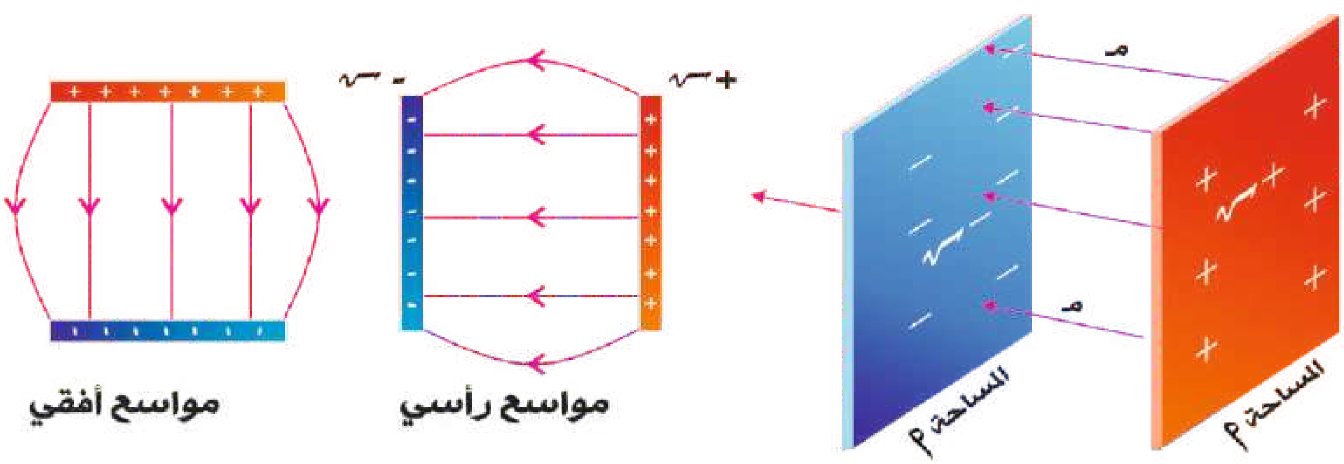
لحساب المساحة (أ) :

أ = ٥ × ٥ = ٢٥ سم^٢

أ = ٢٥ × $١٠^{-٤}$ م^٢

المواسع : عبارة عن أداة لتخزين الشحنات وهو عبارة عن صفيحتين موصلتين متوازيتين مشحونتين بشحنتين متساويتين في المقدار ومختلفتين في النوع (الإشارة) تتوزع على الصفيحتين بانتظام .

أهم ما يميزه أن المجال بين الصفيحتين وبعيداً عن الأطراف هو مجال منتظم ... كما هو موضح في الأشكال التالية



مواسع أفقي   مواسع رأسي

يمكن حساب مقدار المجال المنتظم بين صفيحتي مواسع باستخدام العلاقة :

$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

σ : كثافة الشحنة السطحية على كل صفيحة .

ε_0 : السماحية الكهربائية للفراغ .

أو الوسط بين الصفيحتين

سؤال 10

ما هي العوامل التي تعتمد عليها قيمة المجال الكهربائي المنتظم بين لوحي مواسعة ؟

الجواب

١) يتناسب طردياً مع الكثافة السطحية للشحنة على احدى الصفيحتين .

٢) يتناسب عكسياً مع السماحية الكهربائية للوسط الفاصل بين الصفيحتين .

مثال 20

صفيحتان موصولتان متوازيتان كل منها مساحته (1×10^{-2}) م^2 شحنت احداهما بشحنة موجبة والاخرى سالبة وكانت الشحنة على كل صفيحة ($1,77 \times 10^{-9}$ كولوم)

اذا علمت أن ($\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$) كولوم^2 / نيوتن . م^2 . احسب مقدار :-

١- المجال الكهربائي بين الصفيحتين .

٢- القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة (1×10^{-9}) كولوم توضع بينهما .

٣- مقدار المجال عندما تتضاعف الشحنة على كل صفيحة مع بقاء مساحة الصفيحتين ثابتة .

الحل

١- نجد $\sigma = \frac{q}{A} = \frac{1,77 \times 10^{-9}}{1 \times 10^{-2}} = 1,77 \times 10^{-7}$ كولوم / م^2

$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{1,77 \times 10^{-7}}{8,85 \times 10^{-12}} = 2 \times 10^{4}$ نيوتن / كولوم

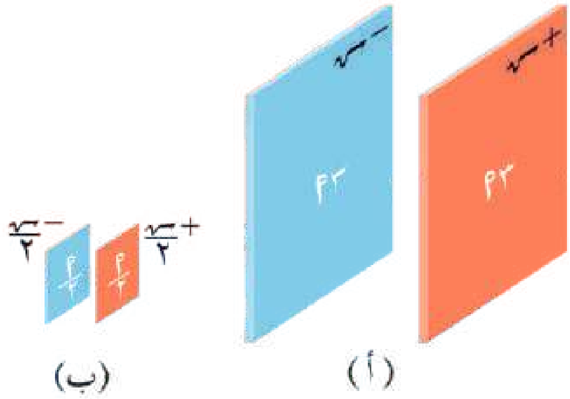
٢- $F = qE = (1 \times 10^{-9})(2 \times 10^{4}) = 2 \times 10^{-5}$ نيوتن باتجاه المجال لأن الشحنة موجبة .

٣- إذا تضاعفت الشحنة مع بقاء المساحة ثابتة تتضاعف (σ) وبما أن

$E \propto \sigma$ لذلك تتضاعف قيمة (E) تصبح $E = 4 \times 10^{4}$ نيوتن / كولوم .

مثال 21

معتمداً على البيانات المثبتة على الشكل حدد في أي الحالتين يكون مقدار المجال الكهربائي بين الصفحتين أكبر؟ فسر اجابتك .



الحل

المجال يتناسب طردياً مع كثافة الشحنة ⟸ $مـ \propto \sigma$. لذلك نحسب (σ) لكل حالة :-

$$\sigma_{أ} = \frac{س_{أ}}{م} = \frac{س}{٣م} = \frac{١}{٣}\left(\frac{س}{م}\right) .$$

$$\sigma_{ب} = \frac{س_{ب}}{م} = \frac{\frac{س}{\cancel{٢}}}{\frac{م}{\cancel{٢}}} = \left(\frac{س}{م}\right) .$$

بما أن $\sigma_{ب} > \sigma_{أ}$ لذلك $مـ_{ب} > مـ_{أ}$

مقدار المجال في حالة (ب) اكبر من مقدار المجال في حالة (أ) .

حركة شحنة في مجال كهربائي منتظم

اذا وضع جسيم مشحون كتلته (ك) في مجال كهربائي منتظم (مـ) فإنه سيتأثر بقوة كهربائية ثابتة مقداراً واتجاهاً واذا عملت هذه القوة على تحريكه فإنه سيتحـــرك بتسارع ثابت المقدار والاتجاه ولحساب هذا التسارع تعتمد على قانون نيوتن الثاني :

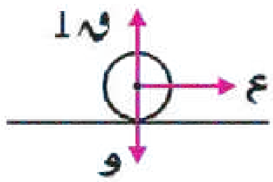
$\sum$ ق = ك ت ... حيث $\sum$ ق = ق محصلة .

نهمل الوزن للجسيم المتحرك في حالتين ...

مـلاحــظـات

١) في حالة الجسيمات الذرية (بروتونات والكترونات) تكون (ق ن) اكبر بكثير جداً من وزن هذه الجسيمات لذلك نهمل وزنها .

٢) أي جسيم آخر غير البروتون أو الالكترون اذا استمر متحركاً بشكل افقي نهمل وزنه مثل جسم يتحرك على سطح افقي أملس .



حيث (ق ⊥ تلغي الوزن) ⟵

وفي حالة اهمال الوزن فإن :

ق محصلة = ق ن = ش مـ لكن ق محصلة = ك ت

ومنه ش مـ = ك ت $\qquad$ ت = $\frac{\text{ش مـ}}{\text{ك}}$ $\qquad$ فقط عند اهمال الوزن

اذا كان لدينا جسيم عادي يتحرك رأسياً لا نهمل وزنه ويكون ت = $\frac{\sum \text{ق}}{\text{ك}}$

وبما أن التسارع ثابت لأن المجال (مـ) ثابت لذلك يمكن وصف حركة هذا الجسيم باستخدام معادلات الحركة في خط مستقيم وتسارع ثابت :

$$ع = ع_{\circ} + ت ز$$

$$\Delta س = ع_{\circ} ز + \frac{1}{2} ت ز^{2}$$

$$ع^{2} = ع_{\circ}^{2} + 2 ت \Delta س$$

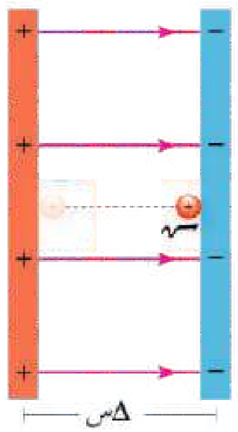
$ع_{\circ}$: السرعة الابتدائية

ع : السرعة النهائية

Δس : الازاحة التي يقطعها الجسيم

ز : زمن الحركة

مثال 22



تحرك بروتون من السكون في مجال كهربائي منتظم مقدارة (١٦٧٠) نيوتن / كولوم من الصفيحة الموجبة الى الصفيحة السالبة وأصبحت سرعته ($٣,٢ \times ١٠^{٥}$) م / ث بعد قطعه إزاحة (Δس)، اذا علمت أن كتلة البروتون ($١,٦٧ \times ١٠^{-٢٧}$) كغم وشحنته ($١,٦ \times ١٠^{-١٩}$) كولوم .

فاحسب :-

١) تسارع البروتون

٢) الزمن المستغرق للوصول الى الصفيحة السالبة .

٣) الإزاحة التي قطعها البروتون .

الحل

١) $ت = \frac{شـ\, م}{ك} = \frac{١,٦ \times ١٠^{-١٩} \times ١٦٧٠}{١,٦٧ \times ١٠^{-٢٧}}$ $ت = ١,٦ \times ١٠^{١١}$ م / ث^{٢} باتجاه (س+)

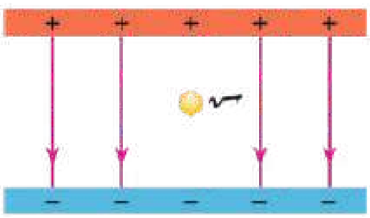
٢) $ع = ع_{.} + ت\, ز$ $٣,٢ \times ١٠^{٥} = ٠ + ١,٦ \times ١٠^{١١} \times ز$ $ز = ٢ \times ١٠^{-٦}$ ث.

٣) $\Delta س = ع_{.}\, ز + \frac{١}{٢} ت\, ز^{٢} = ٠ + \frac{١}{٢} \times ١,٦ \times ١٠^{١١} \times (٢ \times ١٠^{-٦})^{٢} = ٠,٣٢$ متر.

(اضافي) : أثبت أن سرعة وصول البروتون الى الصفيحة السالبة تعطى بالعلاقة :

$$ع = \sqrt{\frac{٢\, شـ\, \sigma\, \Delta س}{\varepsilon_{.}\, ك}}$$

مثال 23



يبين الشكل مجالاً كهربائياً منتظماً اتجاهه صادي سالب، وضع فيه جسيم شحنته ٣ نانوكولوم وكتلته (٣×١٠^{-٥}) كغم، فاتزن .

اذا علمت أن تسارع الجاذبية الارضية (جـ = ١٠ م / ث^{٢})،

فأجب عما يلي :-

١) ما نوع شحنة الجسيم .

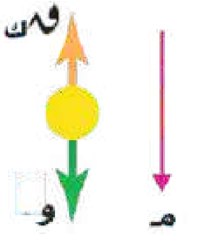
٢) احسب مقدار المجال المنتظم .

٣) لو كانت مساحة الصفيحة الواحدة (١٠٠) سم^{٢} اوجد كثافة الشحنة السطحية لكل صفيحة ثم شحنة كل صفحة إعتبر $\varepsilon_{.} = ٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢}$ كولوم / نيوتن . م^{٢}

٤) ما مقدار شحنة كل صفيحة .

٥) اذا نقصت مساحة كل صفيحة الى النصف كيف نغير الشحنة على كل صفيحة حتى يبقى الجسم متزن .

الحل



١) وزن الجسم باتجاه (ص -) وحتى يتزن الجسم يجب أن يتأثر بقوة كهربائية باتجاه (ص +) وبما أن قك عكس المجال هذا يعني أن الشحنة سالبة .

٢) بما أن الجسيم متزن، فإن :- قك = و ⇐ ش م = ك جـ

٣×١٠^{-٩} م = $٣ \times ١٠^{-٥} \times ١٠$ ⇐ م = ١×١٠^{٩} نيوتن / كولوم

٣) م = $\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$ ⇐ $١ \times ١٠^{٥} = \frac{\sigma}{٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢}}$ ⇐ $\sigma = ٨,٨٥ \times ١٠^{-٧}$ كولوم / م^{٢}

٤) $\sigma = \frac{\text{ش}}{\text{أ}}$ ⇐ ش = $\sigma \times$ أ = $٨,٨٥ \times ١٠^{-٧} \times ١٠٠ \times ١٠^{-٤} = ٨,٨٥ \times ١٠^{-٩}$ كولوم

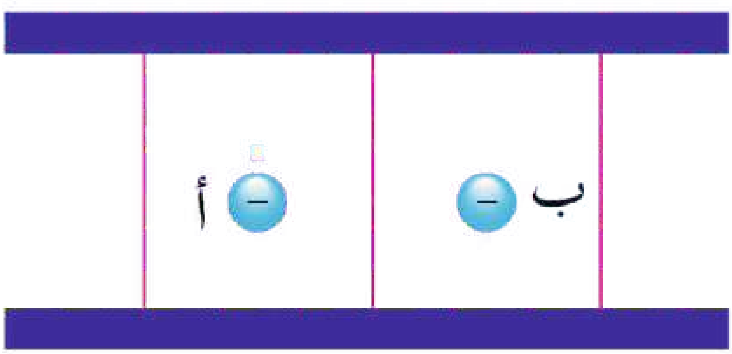
٥) حتى يبقى الجسم متزن يجب الحفاظ على مقدار واتجاه المجال .

(م = $\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$) لكن ($\sigma = \frac{\text{ش}}{\text{أ}}$)

لذلك اذا قلت المساحة الى النصف يجب أن تقل الشحنة الى النصف حتى تبقى (σ) ثابتة وبالتالي المجال (م) ثابت .

مثال 24

اتزن جسيم (أ) شحنته (- ش) وكتلته (ك) في مجال كهربائي منتظم كما في الشكل ادرس الشكل وأجب عن الأسئلة التالية :-



أ) حدد نوع الشحنة على كل صفيحة .

ب) اذا ادخل جسيم (ب) في المجال نفسه وكتلته (٢ك) فهل يتزن ..

فسر اجابتك ؟

ج) اذا زادت الشحنة على الصفيحتين فهل يبقى (أ) محافظا على اتزانه فسر اجابتك ؟

د) اذا ضاعفنا الشحنة على كل صفيحة ماذا يحدث للجسم (أ) والجسم (ب) ؟

الحل

أ) الجسيم (أ) متزن لذلك فإن قك = وأ لكن باتجاه عكس الوزن ← قك باتجاه (ص +).

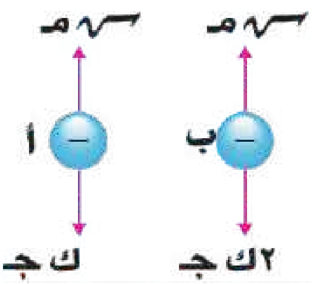
وبما ان الشحنة سالبة. فإن قك عكس المجال (م) لذلك فإن اتجاه المجال باتجاه (ص -)

هذا يعني أن الصفيحة العلوية موجبة والسفلية سالبة

ب) من اتزان (أ)   ك جـ = ش م

∴ ٢ك جـ > ش م   ∴ و(ب) > قك(ب)

∴ يتحرك (ب) للأسفل



ج) اذا زادت الشحنة على الصفيحتين تزداد (قك) فيزداد المجال (م)

لكن وزن (أ) لن يتغير لذلك تصبح قكأ > وا

لذلك لن يبقى أ متزناً.

د) $\sigma = \frac{ش}{A}$ ← ش' = ٢ ش ← $\sigma' = ٢\sigma$

م' = ٢ م

قك(أ) = ش × ٢م ← ٢ ش م > ك جـ

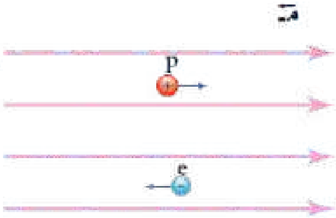
قك(أ) > وأ   يتحرك للأعلى

قك(ب) = ش × ٢م ← ٢ ش م = ٢ك جـ

قك(ب) = و ب   يتزن

25 مثــال

يبين الشكل مجالاً كهربائياً منتظماص يتحرك فيه الكترون وبروتون إذا كانت كتلة الالكترون تعادل ($\frac{١}{١٨٤٠}$) من كتلة البروتون ...



أ) أيهما اكبر مقداراً القوة الكهربائية المؤثرة في البروتون أم الالكترون

ب) أيهما أكبر مقداراً تسارع البروتون أم تسارع الالكترون ؟ فسر اجابتك .

الحل

أ) $ق_{على\ p} = ش_{p}\ م$

$ق_{على\ e} = ش_{e}\ م$

م منتظم أو $ش_{p} = ش_{e}$ ∴ $ق_{ك\ على\ (p)} = ق_{ك\ على\ e}$ يتأثران بنفس مقدار القوة .

ب) $ت = \frac{ق}{ك}$ ← (متساوية)

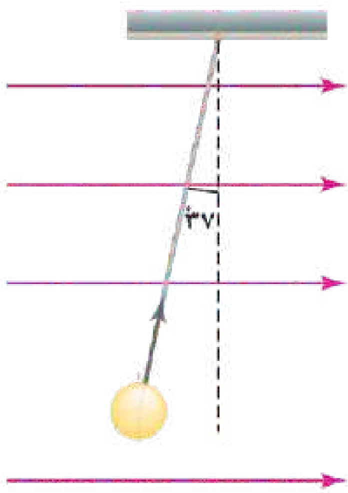
$ت \propto \frac{١}{ك}$ يتناسب التسارع عكسياً مع (ك) لأن (ق) ثابتة

بما أن $ك_{e} < ك_{p}$ ← لذلك فإن $ت_{e} > ت_{p}$

26 مثــال

جسيم معلق رأسياً بواسطة خيط كتلته (غرام) أثر عليه مجال كهربائي منتظم فانحرف بزاوية ٣٧° عن الاتجاه الرأسي ثم اتزان اذا كانت قيمة المجال (٣ × ١٠^{٣}) نيوتن / كولوم اوجد مقدار ونوع شحنته الجسيم

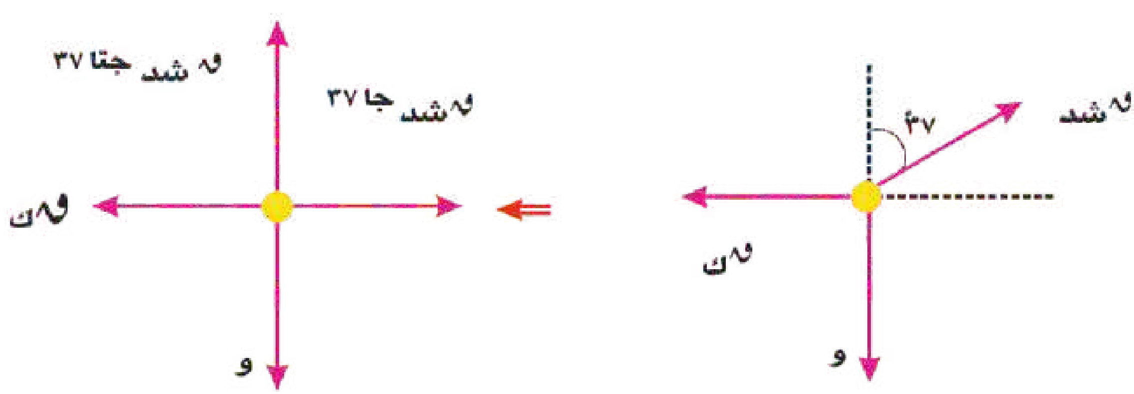
اعتبر(جا ٣٧ = ٠,٦ ، جتا ٣٧ = ٠,٨) و(جـ = ١٠ م / ث^{٢})



الحل

طالما انحراف الجسيم عكس المجال لذلك فإن شحنته سالبة

نحدد القوة المؤثرة علية (اعتبر الجسيم نقطة الأصل)



بما أن الجسيم متزن لذلك فإن :-

$ق_ك = ق_{شد}$ جا ٣٧ ...... ①

$و = ق_{شد}$ جتا ٣٧ ...... ②

بقسمة المعادلة الاولى على الثانية

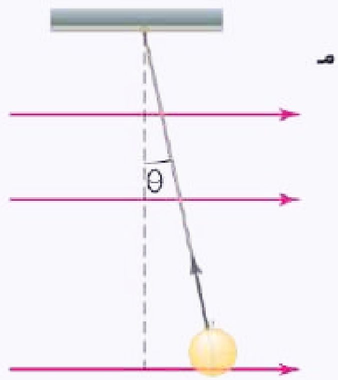
$$\frac{ق_ك}{و} = \frac{\cancel{ق_{شد}}\ جا\ ٣٧}{\cancel{ق_{شد}}\ جتا\ ٣٧} = \frac{٠,٦}{٠,٨} = \frac{٣}{٤}$$

ومنه $ق_ك = \frac{٣}{٤}$ ك جـ $\qquad سـ \times \cancel{٣} \times ١٠^{٣} = \frac{\cancel{٣}}{٤} \times ١ \times ١٠^{-٣} \times ١٠$

$سـ = \frac{١}{٤} \times ١٠^{-٥}$ كولوم (سالبة)

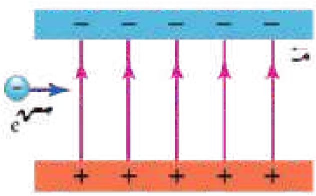
1 تـدريـب

كرة صغيرة مشحونة شحنتها (سـ) ووزنها (و) علقت بخيط داخل مجال كهربائي منتظم ، فاتزنت كما هو مبين في الشكل أثبت أن : $م = \frac{و\ ظا\ \theta}{سـ}$



27 مثـــال

١ - في الشكل دخل الكترون متحركاً بالاتجاه السيني الموجب الى منطقة مجال كهربائي منتظم فإن هذا الالكترون يكتسب يكتسب تسارعاً بالاتجاه :-



أ) الصادي الموجب ب) الصادي السالب

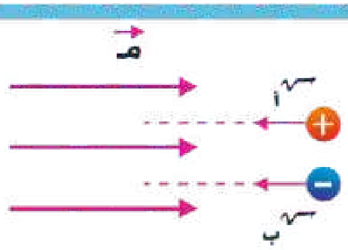
ج) السيني الموجب د) السيني السالب

٢ - ينشأ مجال كهربائي منتظم بين صفيحتين مشحونتين بشحنتين (+ سـ ، - سـ) فإذا اصبحت مساحة الصفيحتين ضعفي ما كانت علية وقلت الشحنة الى النصف ، فإن المجال الكهربائي :-

أ) يقل الى النصف ب) يتضاعف مرتين

ج) يقل الى الربع د) يتضاعف اربع مرات

مثال 28



الشكل يمثل اتجاه الحركة لجسمين (أ ، ب) قبل دخولهما الى مجال كهربائي منتظم وضح كل جسيم :

١) اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة فيه أثناء حركته في المجال الكهربائي .

٢) أثر القوة الكهربائية في مقدار سرعة الجسيم .

الحل

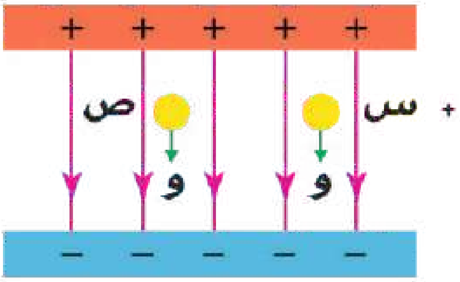
١) قك على (أ) باتجاه (س +) مع المجال لأن شأ موجبة .

قك على (ب) باتجاه (س -) عكس المجال لأن شب سالبة .

٢) قك على (أ) (س+) عكس اتجاه حركته لذلك ستعمل على إبطاء سرعته .

قك على (ب) باتجاه (س -) مع اتجاه حركته لذلك ستعمل على زيادة سرعته .

مثال 29



جسيمان (س ، ص) مشحونان ولهما نفس الوزن موضوعان في مجال كهربائي منتظم لوحظ أن (س) بقي ساكناً ، بينما تحرك (ص) باتجاه الصادات الموجب (ص) .

أجب عما يلي :-

أ) ما نوع شحنة كل جسيم ؟

ب) كيف تفسر اختلاف الحالة الحركية للجسمين (س ، ص) على الرغم من أن لهما نفس الوزن ؟

الحل

١) س ← سالب ص ← سالب ← لاحظ اتجاه المجال م هو (ص -)

س متزن ← قك نحو (ص +) قك عكس م ← الجسيم (س) (سالب) .

وبما أن (ص) تحرك للأعلى لذلك فإن قك باتجاه (ص +)

أي عكس المجال (م) لذلك الجسيم ص (سالب) .

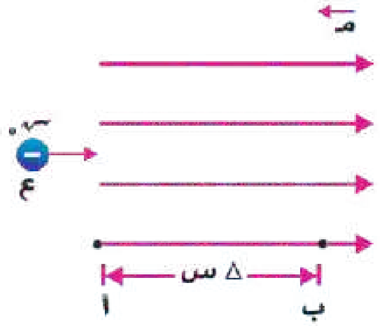
وص = وس

لكن ص يتحرك للأعلى لذلك بالتأكيد

$F_{ك}(ص) > F_{ك}(س)$

$q_{ص} \times \cancel{E} > q_{س} \times \cancel{E}$ $\therefore$ $q_{ص} > q_{س}$

مثال 30



الكترون يتحرك باتجاه (س+) بسرعة ($\frac{8}{3} \times 10^{6}$) م / ث دخل الى مجال كهربائي منتظم مقداره (1×10^{3}) نيوتن / كولوم إذا بدأ تأثير المجال من النقطة (أ) وتوقف عند (ب) لحظياً فاحسب الإزاحة التي قطعها . (إعتبر $ك_{e} = 9 \times 10^{-31}$ كغم).

الحل

$ت = \frac{q\,E}{ك} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 1 \times 10^{3}}{9 \times 10^{-31}}$

$ت = \frac{16}{9} \times 10^{14}$ م / ث^{2} باتجاه (س +)

$ع_{.} = \frac{8}{3} \times 10^{6}$ م / ث ... السرعة عند (أ)

ع = صفر ... السرعة عند ب

$ع^{2} = ع_{.}^{2} + 2\,ت\,\Delta س$ هنا ع. باتجاه (س +) وت (س +)

هنا نعوض $ت = \frac{-16}{9} \times 10^{14}$ م / ث^{2}
لأنه يمثل تباطؤ

$\therefore\ 0 = (\frac{8}{3} \times 10^{6}) + 2 \times \frac{-16}{9} \times 10^{14}\,\Delta س$ ← $\frac{-64}{\cancel{9}} \times 10^{12} = \frac{-32}{\cancel{9}} \times 10^{14}$

ومنه $\Delta س = \frac{64 \times 10^{12}}{32 \times 10^{14}}$ ← $\Delta س = 2 \times 10^{-2}$ متر