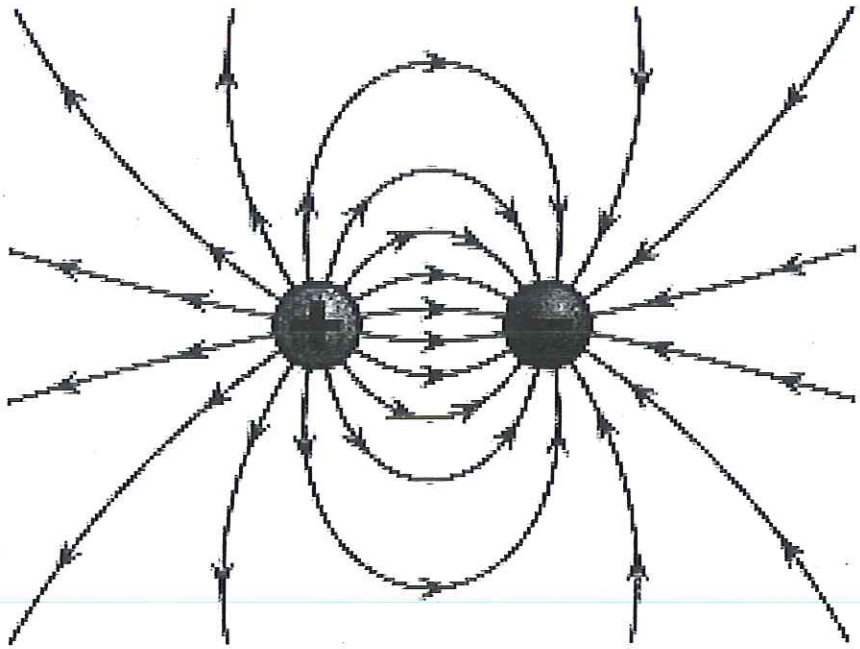
الفيزيـــــاء

المجال الكهربائي

حسب المنهاج الجديد



إعداد الأستاذ : احمد شقبوعة

مراجعة عامة :-

(١) 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 أحياناً معرفة مايلي

بادئات	تحويلات خاصة
• ملي ← 10^{-3}	• P سم^2 ← $10^{-4} \times P$ م^2
• ميكرو ← 10^{-6}	• P سم^3 ← $10^{-6} \times P$ م^3
• نانو ← 10^{-9}	• P غم ← $10^{-3} \times P$ كغم
• بيكو ← 10^{-12}	
• كيلو ← 10^{3}	
• مليون ← 10^{6}	

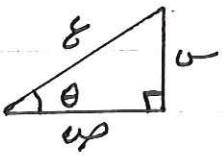
مثال : كتلة مقدارها (٥ ميكروغرام) حولها الى (كغم) .

ك = ٥ ميكروغرام
$= 5 \times 10^{-6} \times 10^{-3}$ كغم $= 5 \times 10^{-9}$ كغم

مثال : شحنة مقدارها ٥ مليونة نانوكولوم حولها الى وحدة (كولوم) .

ش = ٥ مليونة نانوكولوم
$= 5 \times 10^{6} \times 10^{-9}$ كولوم
$= 5 \times 10^{-3}$ كولوم .

(٢) المثلث القائم :

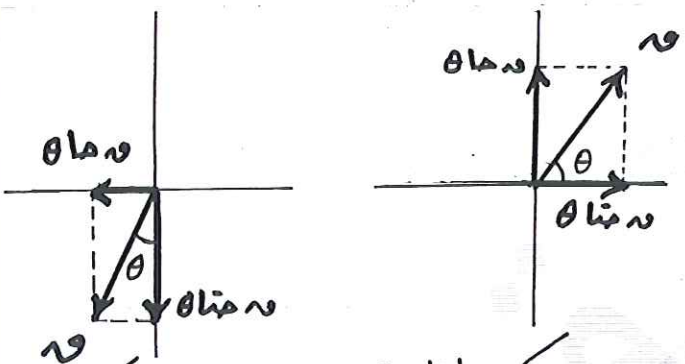


* فيثاغورس :
ع^2 = س^2 + ص^2 .

حا θ = $\frac{س}{ع}$ ، حتا θ = $\frac{ص}{ع}$.

ظا θ = $\frac{س}{ص}$ = $\frac{حا\theta}{حتا\theta}$.

(٣) تحليل القوة المائلة :- لتسهيل التعامل مع القوة المائلة نحتاج الى تحليلها وذلك يعني استبدالها بقوتين متعامدتين احداهما سينية والأخرى صادية (مركبتي القوة).

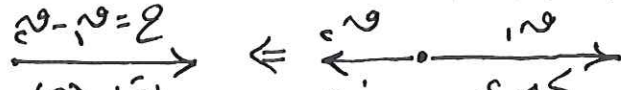


المحور الذي تكونه الزاوية محصورة معه ، يكونه عليه (ق حتا θ) والاخر (ق حا θ) .

(٤) قوانين المحصلة :-

(أ) اذا كان لدينا قوتان في نفس الاتجاه
فانه ع = ق١ + ق٢ ... ع بنفس الاتجاه

(ب) اذا كان لدينا قوتان متعاكستان في الإتجاه
ع = ق كبرى − ق صغرى ... باتجاه الكبرى

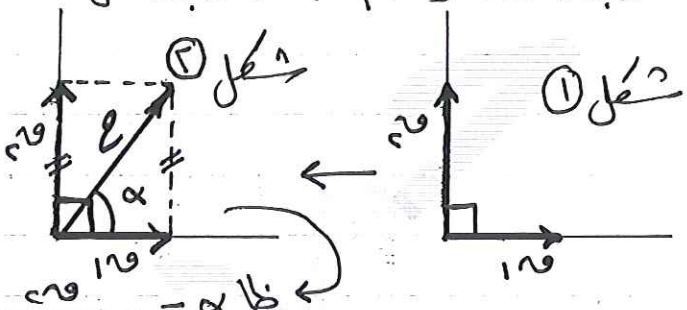


⑦ اذا كان لدينا قوتان متعامدتان ، فإن :

$$ح = \sqrt{ق_1^2 + ق_2^2}$$.

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

الاتجاه = الرسم + حساب الظل .

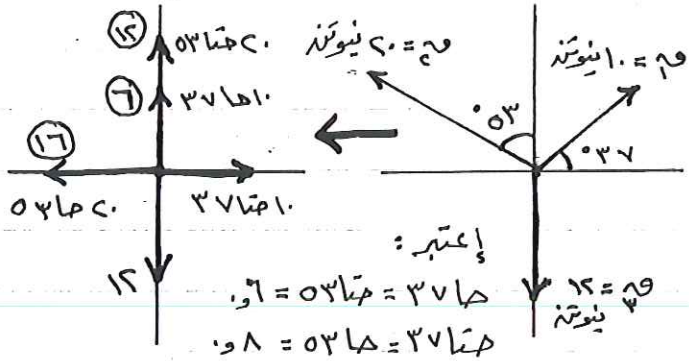


$$ظا\alpha = \frac{ق_2}{ق_1}$$

الاتجاه = شكل ② + $ظا\alpha$

⑤ اذا كان لدينا قوتان بينهما زاوية ليست قائمة (حادة أو منفرجة) هنا نحلل القوى لمائلة ثم نجمع المركبات السينية والصادية ثم نجد المحصلة الكلية .

مثال : في الشكل بالاعتماد على القيم الموضحة أوجد محصلة القوى مقداراً واتجاهاً .

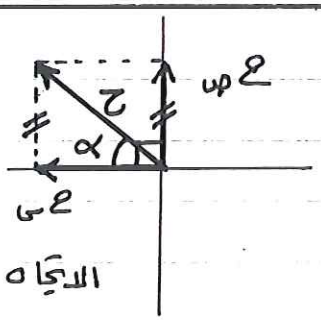


إعتبر :
جا ٣٧ = جتا ٥٣ = ٠,٦
جتا ٣٧ = جا ٥٣ = ٠,٨

$ح_س = ١٦ - ٨ = ٨$ نيوتن ... (ـ)

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

$ح = \sqrt{ح_س^2 + ح_ص^2}$



$= \sqrt{٦٤ + ٣٦} = ١٠$ نيوتن

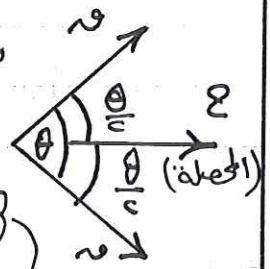
الاتجاه : $ظا\alpha = \frac{ح_ص}{ح_س} = \frac{٦}{٨} = \frac{٣}{٤}$

ملاحظات :-

① 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 القوتين ... واذا كانت منطبقة على أحد المحاور نذكر اتجاهه .

② متطابقتان هامتان : (للزوايا > ٩٠°)

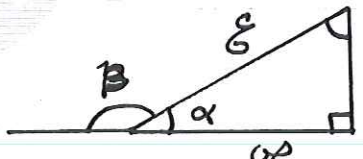
جا (زاوية) = جا (متمم)

جتا (زاوية) = − جتا (متمم)

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

$جتا(١٢٥) = -جتا(٤٥) = -\frac{١}{\sqrt{٢}}$.

بالرموز :



. α ، β متعاملتان $\xleftarrow{\text{للـ}}$ $\alpha + \beta = ١٨٠$

. $جا\beta = جا\alpha = \frac{س}{ع}$.

. $جتا\beta = -جتا\alpha = -\frac{ص}{ع}$.

الشحنة الأساسية : هي أصغر شحنة حرة موجودة في الطبيعة وهي شحنة الإلكترون حيث $شـ_{e} = -1.6 \times 10^{-19}$ كولوم ، بينما $شـ_{p} = +1.6 \times 10^{-19}$ كولوم .

س١ : كيف تكتسب الأجسام شحنة كهربائية ؟

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

* **مبدأ تكميم الشحنة :** شحنة اي جسم يجب أن تكون مضاعفات صحيحة لشحنة الالكترون ... رياضياً :-

$$شـ = ن \, شـ_{e}$$

حيث :- $شـ$: شحنة الجسم ، ن : عدد الالكترونات المفقودة أو المكتسبة
$شـ_{e}$: شحنة الالكترون .

ملاحظة : ① يفضل تعويض شحنة الالكترون دون إشارتها وعليه :
* اذا كانت ن موجبة فانها تدل على الكترونات مفقودة .
* اذا كانت ن سالبة فانها تدل على الكترونات مكتسبة .

② لمعرفة عدد الالكترونات اللازم لتغير شحنة جسم منه $شـ_{1}$ الى $شـ_{2}$.

فان : $ن = \frac{شـ_{2} - شـ_{1}}{شـ_{e}}$ الترتيب (مهم)

وبناءً على اشارة (ن) نحدد أنه الالكترونات مفقودة أو مكتسبة .

س٢ :- جسم شحنته $+3.2$ ميكروكولوم هل فقد أم كسب الكترونات وماعددها

الحل : فقد الكترونات لانه شحنته موجبة

$$ن = \frac{شـ}{شـ_{e}} = \frac{+3.2 \times 10^{-6}}{-1.6 \times 10^{-19}} = 2 \times 10^{13} \, e$$

الحل :- $ن = \frac{شـ}{شـ_{e}} = \frac{1}{-1.6 \times 10^{-19}}$

ومنه $ن = -6.25 \times 10^{18} \, e$.

وهذا عدد كبير جداً جداً لذلك عادةً نستخدم اجزاء الكولوم ميكرو ، نانو ....

س٣ :- يعتبر الكولوم شحنة كبيرة عملياً وضح ذلك . بحساب عدد الالكترونات التي يفقدها أو يكسبها جسم حتى تصبح شحنته (١ كولوم)

س٤ :- أي الشحنات التالية ممكنة أن يحملها جسم وأيها لا مع التفسير ؟
($1.X3^{-19}$ ، $-1.X64^{-6}$ ، $1.X32^{-21}$) كولوم .....

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

$ن = \frac{س}{س_م}$ ⇐ * $ن = \frac{1.X3^{-19}}{1.X1,6^{-19}} = \frac{30}{16}$ (كسر) تخالف مبدأ تكميم الشحنة لذلك لا يمكنه أنه يحملها أي جسم .

* $ن = \frac{-1.X64^{-6}}{1.X1,6^{-19}} = -1.X40^{13}$ م (عدد صحيح) .. ممكنه ...

* $ن = \frac{1.X32^{-21}}{1.X1,6^{-19}} = 1.X20^{-2} = 0,02$ (كسر) ... غير ممكنه ...

س٥ :- جسيم شحنته ($+8$ MC) ما عدد الالكترونات التي يجب أن يفقدها أو يكسبها هذا الجسم حتى تصبح شحنته ($+6,4$ MC) ؟

الحل :- $ن = \frac{س_{م2} - س_{م1}}{س_م} = \frac{1.X6,4^{-6} - 1.X8^{-6}}{1.X1,6^{-19}} = \frac{-1.X1,6^{-6}}{1.X1,6^{-19}}$

$ن = -1.X1^{13}$ م ⇐ الاشارة السالبة تعني أن الجسم كسب هذا العدد .

س٦ :- جسيم شحنته (-5 MC) ما عدد الالكترونات التي يجب أنه يفقدها أو يكسبها حتى تصبح شحنته ($-1,8$ MC) ؟

س٧ : ما المقصود بالشحنة (الشحنات) النقطية ؟

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

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

س٨ : ما العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوة الكهربائية (ق ك) المتبادلة بين شحنتين نقطيتين ؟

الجواب : ① يتناسب مقدار (ق ك) طردياً مع مقدار كل من الشحنتين (س١ ، س٢) .

② يتناسب مقدار (ق ك) عكسياً مع مربع المسافة بينهما.

③ ويعتمد (ق ك) على طبيعة الوسط الذي توجد فيه الشحنات .

الشكل الرياضي لقانون كولوم :- $ق_ك = \frac{م \, س_1 \, س_2}{ف^2}$

س١ ..... ف س٢

حيث : ف : المسافة بين الشحنتين النقطيتين

م : ثابت كولوم .

* ثابت كولوم (م) يعتمد فقط على طبيعة الوسط الذي توجد فيه الشحنات .

① أو السماحية الكهربائية للوسط الذي توجد فيه الشحنات (ε).

نكتب ثابت كولوم على الشكل $م = \frac{1}{4 \pi ε}$ ، حيث (ε) السماحية الكهربائية للوسط .

** وسنقتصر دراستنا فقط على الشحنات الكهربائية التي توضع في الهواء

حيث : $ε_{(هواء أو فراغ)} = ε_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ كولوم٢ / نيوتن.م٢ .

وعليه فان $م = \frac{1}{4 \pi ε_0} = 9 \times 10^9$ نيوتن . م٢ / كولوم٢ .

ملاحظة : أقل سماحية لكل الاوساط هي سماحية الهواء لذلك فان :-

$ε$ لأي وسط $> ε_0$.

س٩ : استنتج وحدة قياس ثابت كولوم ثم وحدة قياس السماحية ϵ_0 ؟

الحل : $ق = ب \frac{س_1 س_2}{ف^2} \leftarrow ق \times ف^2 = ب \, س_1 س_2 \leftarrow ب = \frac{ق \times ف^2}{س_1 س_2}$

ومنه $[ب] = \frac{[ق][ف^2]}{[س_1][س_2]} = \frac{\text{نيوتن . م}^2}{\text{كولوم}^2}$ ... وحدة قياس ثابت كولوم

لكنه $ب = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \leftarrow [ب] = \frac{1}{[\epsilon_0]}$ ... 4π عدد ليس له وحدة

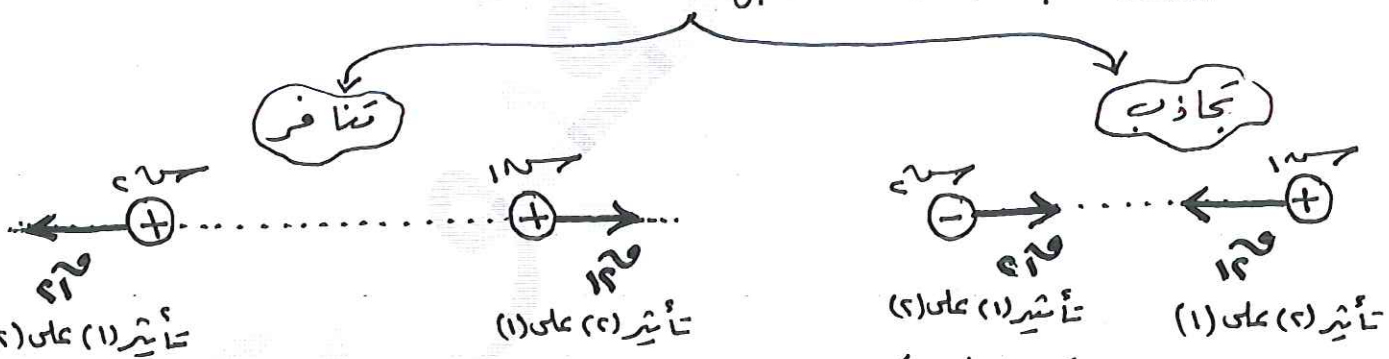
$\therefore [\epsilon_0] = \frac{1}{[ب]} = \frac{1}{\frac{\text{نيوتن . م}^2}{\text{كولوم}^2}} = \frac{\text{كولوم}^2}{\text{نيوتن . م}^2}$.

اي أنه وحدة قياس (ϵ) هي مقلوب وحدة قياس ثابت كولوم ($ب$) .

ملاحظة : الرمز $[ب]$ = وحدة قياس ($ب$) .

ملاحظات حول قانون كولوم :

① يعتمد اتجاه القوة الكهربائية على انواع الشحنات ، بحيث الشحنات المختلفة تتجاذب والمتشابهة تتنافر



في حالة التجاذب تكون القوتين متطابقتين على الخط الواصل بين الشحنتين ...

في حالة التنافر تكون القوتين متطابقتين على امتداد الخط الواصل بين الشحنتين

② $ق_{12}$ ، $ق_{21}$ دائماً متعاكستين في الاتجاه ومتساويتين في المقدار أي أنه احدهما فعل والأخرى رد فعل .... (قانون نيوتن الثالث)

وهذا معناه أنه القوة متبادلة .

وبما أنه $ق_{12} = ق_{21}$ فان $(ق_{12} : ق_{21}) = (1 : 1)$ ... .

③ في قانون كولوم والمجال وكل الكميات المتجهة لا نعوّض الاشارة السالبة للشحنة

المجال الكهربائي :

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

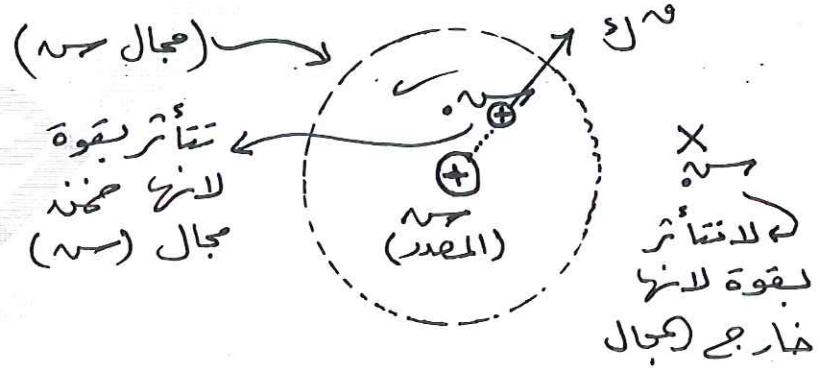
س١ :- ما المقصود بالمجال الكهربائي ؟

الجواب : هو خاصية للحيز المحيط بالشحنة الكهربائية ($س_{م}$) يظهر تأثيره على شكل قوة كهربائية تؤثر في اي شحنة ($س_{م}$) توضع في هذا الحيز.

س٢ :- اذكر أمثلة على قوى المجال ... (قوى التأثير عن بعد) .

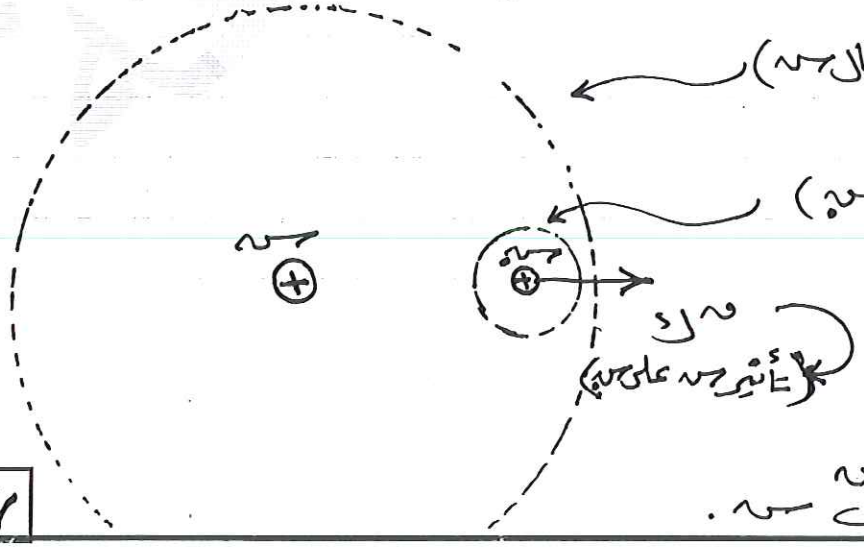
(١) القوة الكهربائية (٢) قوة الجاذبية الارضية (٣) القوة المغناطيسية

* للكشف عن المجال الكهربائي نستخدم شحنة الاختبار ($س_{م}$) وهي شحنة موجبة و صغيرة المقدار ... فاذا وضعت شحنة الاختبار عند نقطة ضمن مجال كهربائي فانها تتأثر بقوة كهربائية.



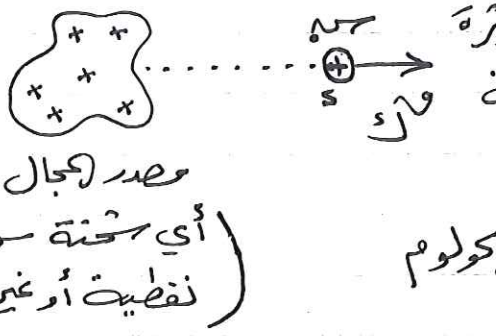
ملاحظة : شحنة الاختبار صغيرة المقدار حتى لا تحدث تغيراً في المجال المراد الكشف عنه لذلك فهي تتأثر ولا تؤثر على غيرها .

توضيح ..



بما أن $س_{م}$ صغيرة المقدار فان مجالها صغير جداً ...
لاحظ $س_{م}$ تقع في مجال $س_{م}$ لكن $س_{م}$ لا تقع في مجال $س_{م}$.
لذلك فان $س_{م}$ تتأثر بمجال $س_{م}$ لكن $س_{م}$ لا تؤثر على $س_{م}$.

والحديث عند حساب المجال الكهربائي عند نقطة فهو يساوي مقدار القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة اختبار توضع عند تلك النقطة مقسوماً على مقدار $س_{ه}$

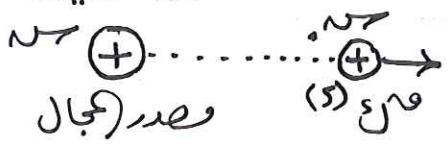


رياضياً: $م = \frac{ف_{ك}}{س_{ه}}$ عند (s) ... نيوتن/كولوم

س٣ : عرف المجال الكهربائي عند نقطة .

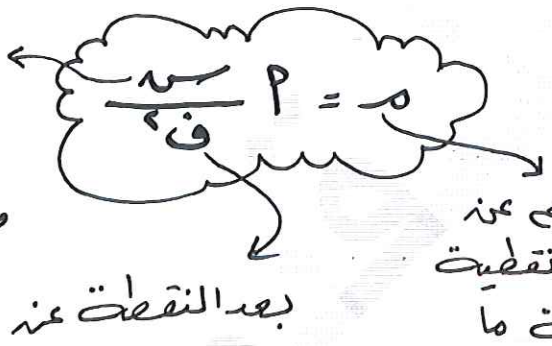
هو القوة الكهربائية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة (+1 كولوم) توضع عند تلك النقطة .

شحنة نقطية



لو كانت مصدر المجال شحنة نقطية فإنه قانون كولوم ..... وبالتالي :

$م = \frac{ف_{ك}}{س_{ه}} \Leftarrow م = \frac{\text{ثابت} \times س_{ه} \times س_{ه}}{ف_{ك}^{2}} \Leftarrow م = \frac{\text{ثابت} \times س_{ه}}{ف_{ك}^{2}}$



س٤ : ما العوامل التي يعتمد عليها المجال الكهربائي الناتج عن شحنة نقطية ؟

① يتناسب طردياً مع مقدار الشحنة الكهربائية المولّدة للمجال .
② يتناسب عكسياً مربع المسافة بين الشحنة والنقطة المراد حساب المجال عندها .

ملاحظات هامة :-

① إختصار $س_{ه}$ من القانون يعني أن المجال الكهربائي لا يعتمد على قيمة شحنة الاختبار $س_{ه}$. أي أنه لو وضعنا أي شحنة أخرى صغيرة في نفس النقطة لن تتغير قيمة المجال .

② العلاقة $م = \frac{ف_{ك}}{س_{ه}}$ تكتب لنا المجال دون معرفة (مصدر المجال) (الشحنة المولّدة) نحتاج فقط مقدار شحنة موضوعه ومقدار $ف_{ك}$ المؤثرة عليها

(٣) العلاقة $م = \frac{ق}{ف^2}$ تحسب لنا المجال اذا علم أنه مصدر المجال شحنة نقطية ..

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

(أو) نفرض أن الشحنة المولدة للمجال ثابتة و شحنة الاختبار متحركة فيكون اتجاه الحركة المتوقع لها هو اتجاه المجال .....

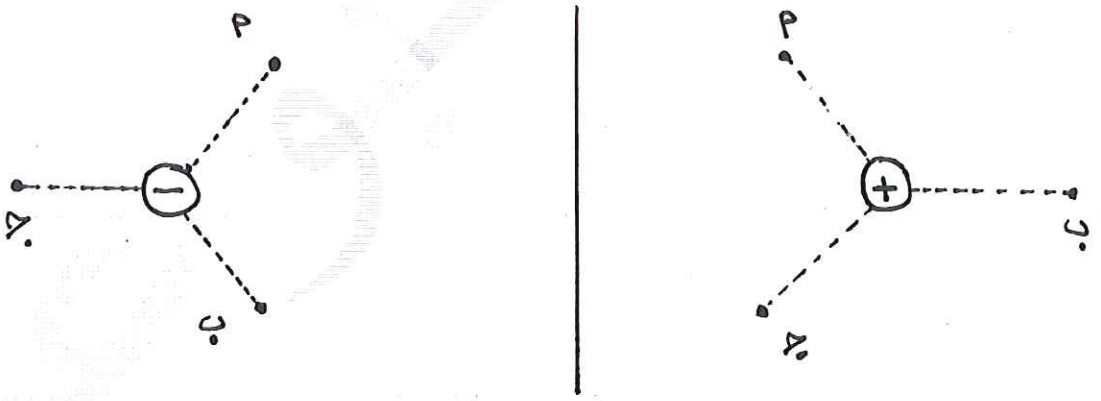
(٥) لا نعوض الاشارة السالبة للشحنة في قوانين المجال للقوة وهذا لا يغني اهمالها لانه الاشارة تؤخذ بعين الاعتبار في تحديد الاتجاهات .

(٦) عند كتابة العلاقة $م = \frac{ق_ك}{س}$ على الشكل $ق = س \times م$

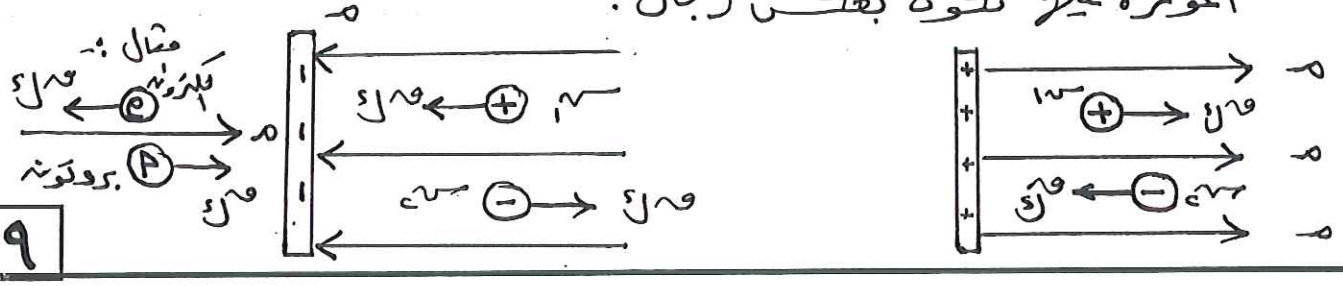
- $ق$: المجال الكهربائي عند تلك النقطة
- $ق_ك$: شحنة موضوعه عند نقطة

تصلح قاعدة عامة لحساب القوة الكهربائية على اي شحنة $(س)$ توضع عند نقطة المجال عندها معلوم $(م)$.

تمرين: حدد اتجاه المجال عند النقاط $ا$ ، $ب$ ، $ج$



(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) اذا كانت لدينا عدة شحنات تولد مجالات كهربائية فاننا نضع شحنة اختبار (س) عند النقطة المطلوبة وندرس تأثير كل شحنة مولدة على (س) ونعيّن كل متجهات المجال ... التي تخرج من كل 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 نزيل وجود هذه الشحنة ويكون المجال ناتج عن الشحنات التي حولها.

أسئلة :-

س١ :- 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.

س٢ :- وضعت شحنة اختبار موجبة في مجال كهربائي فتأثرت بقوة باتجاه (ص) ....

(أ) ما اتجاه المجال عند تلك النقطة؟

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

س٣ :- شحنة مقدارها (٣ ميكروكولوم) وضعت في مجال كهربائي مقداره (٤٠ نيوتن/كولوم) باتجاه (-ص). اوجد مقدار واتجاه القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة.

الجواب :

$$ق = س \times م$$

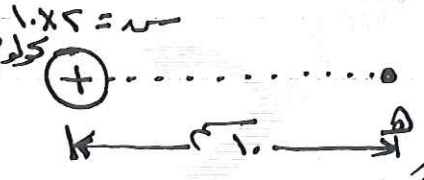
$$= (٣ \times ١٠^{-٦})(٤٠)$$

$$= ١٢٠ \times ١٠^{-٦} \text{ نيوتن}$$

والقوة باتجاه عكس المجال اي (-ص) لان الشحنة سالبة..

س٤ :- جسيم شحنته $(5\ \mu C)$ وكتلته 2×10^{-6} غرام وضع في مجال كهربائي فتأثر بقوة كهربائية مساوية لوزنه ... اوجد مقدار هذا المجال ... اعتبر تسارع الجاذبية الارضية $(g = 10\ م/ث^2)$.

س٥ :-



بالاعتماد على الشكل :-

① أوجد مقدار واتجاه المجال عند (هـ).

② اوجد مقدار واتجاه القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة (-2×10^{-9}) كولوم توضع عند (هـ).

الحل :- ① نفرض وجود شحنة اختبار عند (هـ) فيكون اتجاه المجال $(+س)$

$$م = \frac{س}{ف^2} = \frac{2\times10^{-6}}{10\times10^{-4}} = 9\times10^{9}$$

$$= 18\times10^{5}\ نيوتن/كولوم$$

باتجاه $(+س)$

② $س = -2\times10^{-9}$

$$ق = س \times م = 2\times10^{-9} \times 18\times10^{5}$$

$$= 36\times10^{-4}\ نيوتن\ (-س)$$

س٦ :- (P, Q) شحنتان نقطيتان مقدار كل منهما على الترتيب $(6128 - 72)\times10^{-11}$ كولوم والمسافة الفاصلة بينهما 40 سم ....

① اوجد مقدار واتجاه المجال الكهربائي المحصل عند منتصف المسافة بينهما ...

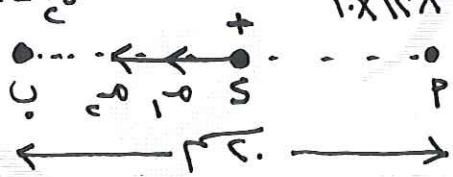
② اوجد مقدار واتجاه القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة 2 بيكو كولوم توضع عند المنتصف.

③ اوجد مقدار واتجاه المجال عند نقطة تبعد 16 سم عن (P) و 36 سم عن (Q).

④ اوجد مقدار واتجاه المجال عند (Q).

الحل :- يفضل دائماً البدء بتحديد اتجاهات المجال عند النقطة المطلوبة.

① $س_1 = +128\times10^{-11}$ $\quad س_2 = -72\times10^{-11}$



... افرض المنتصف (S)

$$م_1 = \frac{س_1}{ف^2} =$$

$$= 9\times10^{9}\ \frac{128\times10^{-11}}{100\times10^{-4}} = 1152\ نيوتن/كولوم$$

باتجاه $(-س)$

$$م_2 = 9\times10^{9}\ \frac{72\times10^{-11}}{100\times10^{-4}} = 648\ نيوتن/كولوم$$

$(-س)$

لاحظ المجالين في نفس الاتجاه ⇐

لذلك $م_{(s)} = م_1 + م_2$

$= 1152 + 648 = 1800$ نيوتن/كولوم

باتجاه (ـ ت) .

(٢) $س_2 = 1.2 \times 10^{-12}$ م ، $ك$

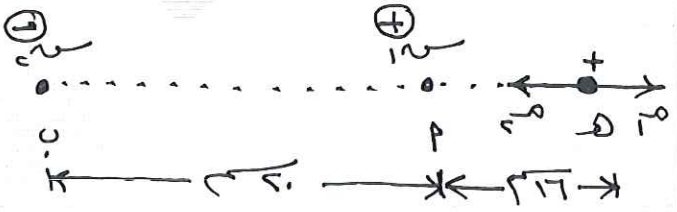
$م_{(s)} = 1800$ نيوتن/كولوم

$ج = س_2 \times م = (1.2 \times 10^{-12})(1800)$

$= 2.16 \times 10^{-10}$ جيوتن

باتجاه (ـ ت) لان الشحنة موجبة .

(٣) هذه النقطة تقع على بعد ١٦ سم على يمينه (P) .. نفرضها (هـ)



$م_1 = 1.9 \times 10^9 \dfrac{1.128 \times 10^{-11}}{1.256 \times 10^{-4}} = 450$ نيوتن/كولوم (ـ ت)

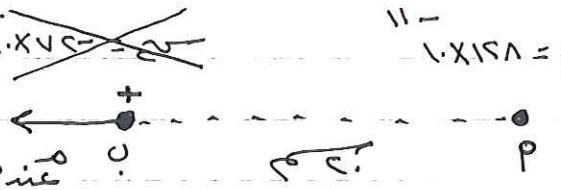
$م_2 = 1.9 \times 10^9 \dfrac{1.152 \times 10^{-11}}{1.296 \times 10^{-4}} = 50$ نيوتن/كولوم (ـ ت)

$م_هـ = م_1 - م_2 = 450 - 50$

$= 400$ نيوتن/كولوم .

(٤) $س_2$ لا تولد مجالاً عند (ب) لذلك نهمل وجودها فيكون المجال عند (ب) ناجم فقط $س_1$. ونضع شحنة اختبار عند (ب) لتحديد اتجاه المجال.

$س_1 = 1.128 \times 10^{-11}$ ، $س_2 = 1.152 \times 10^{-11}$

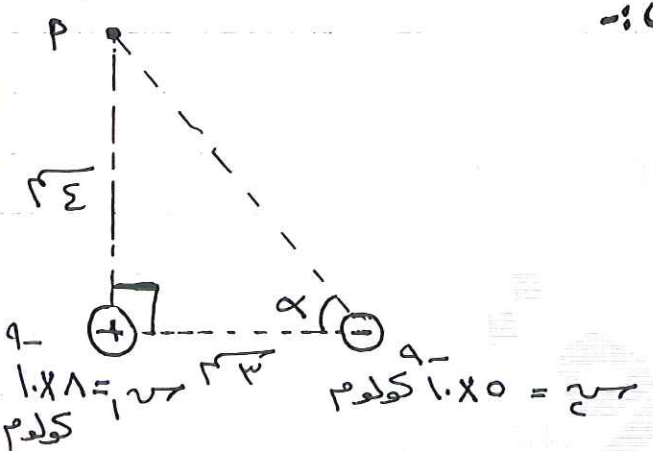


$م_{عند(ب)} = \dfrac{س_1}{ف^2} P$

$= \dfrac{1.128 \times 10^{-11}}{1.600 \times 10^{-4}} 1.9 \times 10^9$

$= 288$ نيوتن/كولوم (ـ ت)

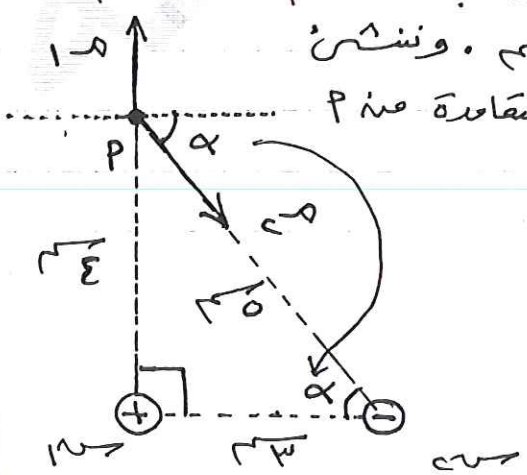
س٧ :-



بالاعتماد على الشكل احسب مقدار المجال الكهربائي المحصل عند (P) وحدد إتجاهه ....

الحل : .. طول الوتر = ٥ سم حسب فيثاغورس

نحدد اتجاه $م_1$ ، $م_2$ ثم نحسب المحصلة . ونشتق محاور متعامدة من P



$م_1 = 9\times10^{9} \dfrac{8\times10^{-9}}{16\times10^{-4}} = 4{,}5\times10^{4}$ نيوتن/كولوم باتجاه (+ص)

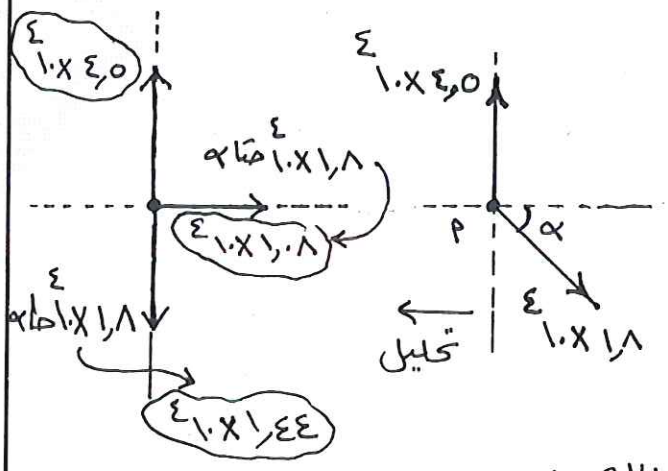
$م_2 = 9\times10^{9} \dfrac{5\times10^{-9}}{25\times10^{-4}} = 1{,}8\times10^{4}$ نيوتن/كولوم باتجاه يصنع زاوية α مع +س كما في الشكل

هنا نتابع التحليل لحساب محصلة المجالين لأن الزاوية بينهما ليست قائمة ...

لاحظ حسب المثلث :

$\text{جا}\alpha = \frac{4}{5} = 0.8$

$\text{جتا}\alpha = \frac{3}{5} = 0.6$



لذلك :

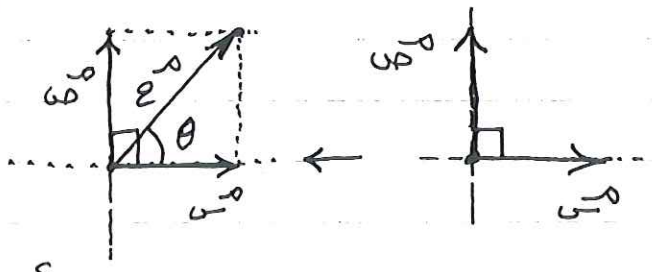
$م_س = 1{,}8\times10^{4} - 1{,}8\times10^{4} = 1\times10^{4}$ نيوتن/كولوم (+س)

$م_ص = 4{,}5\times10^{4} - 2{,}43\times10^{4}$

$= 2{,}06\times10^{4} \approx 2\times10^{4}$ نيوتن/كولوم (+ص)

ملاحظة التقريب حسب الكتاب

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

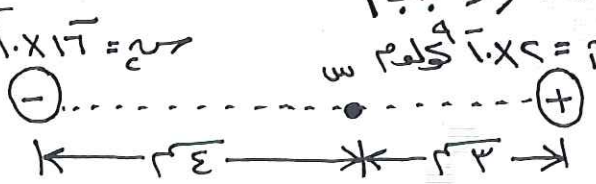


$م_ح = \sqrt{م_س^2 + م_ص^2} = \sqrt{(1)^2 + (3)^2}\times10^{4}$

$= \sqrt{10}\times10^{4}$ نيوتن/كولوم

الاتجاه : $م_ح$ يصنع زاوية θ كما في الشكل حيث $\text{ظا}\theta = \frac{م_ص}{م_س} = \frac{3\times10^{4}}{1\times10^{4}} = 3$

س 8 :- (واجب)



بالاعتماد على الشكل ... أوجد

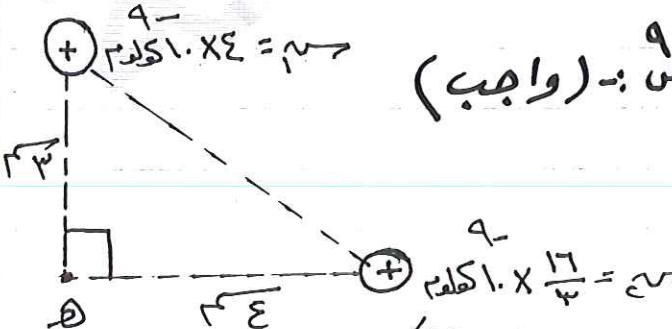
① المجال الكهربائي المحصل عند س مقداراً واتجاهاً .

② القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة (+2 بيكو كولوم) توضع عند س .

الاجابة : ① $م_س = 11\times10^{4}$ نيوتن/كولوم (+س)

② 22×10^{-8} نيوتن باتجاه (-س)

س 9 :- (واجب)



بالاعتماد على الشكل احسب محصلة المجال الكهربائي عند (هـ)

الجواب : 5×10^{4} نيوتن/كولوم ، ظا$\theta = \frac{4}{3}$

س١ :-

(س، ص) نقطتان تقعان في مجال الشحنة (سـ) وصفت شحنة مقدارها ($+1.0 \times 10^{-6}$) كولوم عند النقطة (س) فتأثرت بقوة كهربائية مقدارها (1.0×8) نيوتن

أوجد :-

① مقدار واتجاه المجال عند س .

② القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة (-1.0×10^{-6}) كولوم توضع عند (ص) مقداراً واتجاهاً .

الحل :- ① سـ ، ف غير معلومتين ؟؟

لايجاد المجال عند (س) نستفيد من القوة الكهربائية

$$ق = سـ \times م_{عند\ س}$$

$$م_س = \frac{ق}{سـ} = \frac{1.0 \times 8^{-3}}{1.0 \times 1^{-6}}$$

$$م_س = 1.0 \times 8^{3}$$ نيوتن/كولوم

باتجاه ($+س$)

② نجد أولاً المجال عند (ص)

$$م_ص = \frac{ك\ سـ}{ف^2} = 1.0 \times 8^{3}$$

$$م_ص = \frac{ك\ سـ}{(2ف)^2} = \frac{ك\ سـ}{4\ ف^2} = \frac{1}{4} \times \frac{ك\ سـ}{ف^2}$$

$$\therefore م_ص = \frac{1}{4} \times م_س = \frac{1}{4} \times 1.0 \times 8^{3}$$

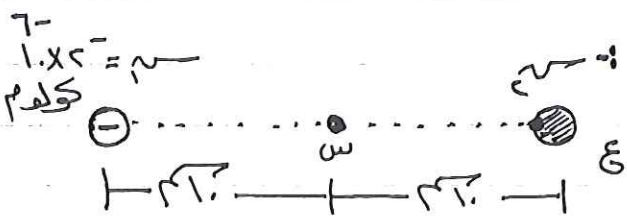
$$= 1.0 \times 2^{3}$$ نيوتن/كولوم

باتجاه ($+س$)

$$\therefore ق = سـ \times م_ص = 1.0 \times 1^{-6} \times 1.0 \times 2^{3}$$

$$= 1.0 \times 2^{-3}$$ نيوتن ($-س$).

س٢ :-



بالاعتماد على الشكل احسب مقدار (سـ) وحدد نوعها اللازم ليكون المجال الكهربائي المحصل عند (س) :

(أ) مساوياً 1.0×5^{4} نيوتن/كولوم باتجاه نحو (ع) أي ($+س$)

(ب) مساوياً 1.0×5^{4} نيوتن/كولوم باتجاه ($-س$) .

الحل (أ) أولاً نجد المجال الناجم عند الشحنة المعلومة .

$$م_1 = \frac{ك\ سـ}{ف^2} = \frac{1.0 \times 9^{9} \times 1.0 \times 2^{-6}}{1.0 \times 1^{-4}}$$

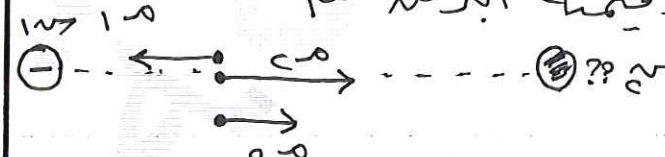
$$= 1.0 \times 18^{5}$$ نيوتن/كولوم

باتجاه ($-س$)

الآن نفكر كما يلي :

$م_1 = 1.0 \times 18^{5}$ نحو ($-س$) والمجال المحصل $م_ح = 1.0 \times 5^{4}$ نحو ($+س$)

اذاً لابد أنه يكون $م_2$ باتجاه ($+س$) وقيمته أكبر من $م_1$



$$م_ح = م_2 - م_1$$

$$1.0 \times 5^{4} = م_2 - 1.0 \times 18^{4}$$

$$م_2 = 1.0 \times 72^{4}$$ نيوتن/كولوم ($+س$)

وبما أن $م_2$ نحو ($-سـ$) لذلك فإن سـ سالبة

ولإيجاد قيمتها ⇐

$م = \frac{ك\ س}{ف^2}$

$= \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٢٧ \times ١٠^{٥}}{(١٠٠ \times ١٠^{-٢})^2}$

$س = ٨ \times ١٠^{-٦}$ كولوم ... (سالبة)

حل (ب) من ف ع م

$م_١ = ١٨ \times ١٠^{٥}$ نيوتن/كولوم (ستجه)

والآن $م_٢ = ٥٤ \times ١٠^{٥}$ نيوتن/كولوم (ستجه)

إذاً لابد أن يكون $م_ح$ باتجاه (ستجه)

$م_١ = ١٨ \times ١٠^{٥}$

$م_٢ = ٥٤ \times ١٠^{٥}$

$م_ح$ ؟؟

$\therefore م_ح = م_١ + م_٢$

$٥٤ \times ١٠^{٥} = ١٨ \times ١٠^{٥} + م_٢$

$م_٢ = ٣٦ \times ١٠^{٥}$ نيوتن/كولوم

باتجاه (ستجه)

بما أن $م_ح$ خارج منه $س_ح$ (تنافر)

لذلك فإن $س_ح$ نوعها موجب

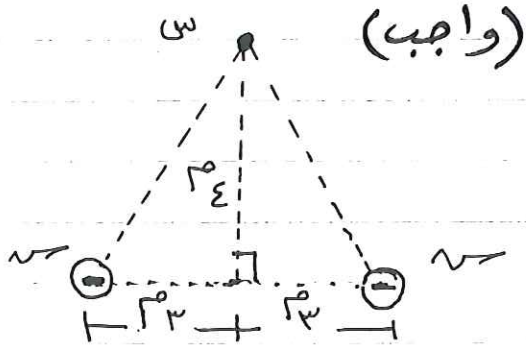
ولإيجاد قيمتها ...

$م = \frac{ك\ س}{ف^2}$

$٣٦ \times ١٠^{٥} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times س_ح}{(١٠٠ \times ١٠^{-٢})^2}$

$س_ح = ٤ \times ١٠^{-٦}$ كولوم (موجبة)

س١٢: (واجب)



شحنتان متماثلتان ($س = -١٠ \times ٢٥^{-٩}$ كولوم) موضوعتان في الهواء كما في الشكل أحسب محصلة المجال عند (س) مقداراً واتجاهاً.

الجواب :- ١٤,٤ نيوتن/كولوم (ص)

نقطة التعادل :-

هي النقطة تنعدم عندها محصلة المجال الكهربائي .

ونحصل عليها في حالتين :-

① اذا كانت لدينا شحنتين من نفس النوع فان نقطة التعادل تقع بينهما وأقرب للشحنة الأصغر .

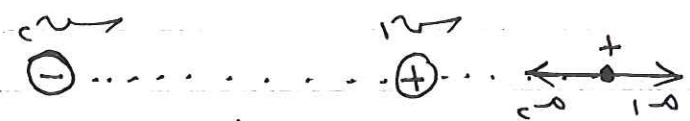
(على فرض $س_1 < س_2$)

$م_1$ تعاكس $م_2$ ... ويجب أنة يكونا ($م_1 = م_2$)

لو كانت $س_1 = س_2$ فان نقطة التعادل تقع في المنتصف .

ملاحظة عند المقارنة بين شحنتين نهمل الاشارة أو نقارن بين القيم المطلقة للشحنات .

② اذا كان لدينا شحنتين مختلفتين في النوع فان نقطة التعادل تكون على امتداد الخط الواصل بينهما ... وأقرب للشحنة الأصغر .



على فرض ($س_1 > س_2$)

لـ $م_1$ تعاكس $م_2$

و متى تكون نقطة تعادل ⇐ $م_1 = م_2$

ملاحظة اذا $س_1 = س_2$ وشحنتين في النوع فلا يوجد نقطة تعادل .

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

مثال $= س_1 \times س_1 = س_2 \times س_2 = صفر$

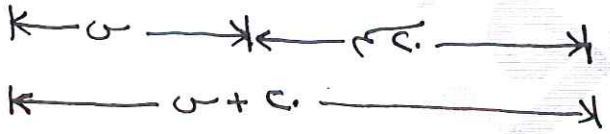
لذلك فهي شحنة متزنة .

لذا تسمى نقطة التعادل نقطة الإتزان ... .

س١ :- بالاعتماد على الشكل حدد موقع نقطة التعادل للشحنتين $س_1$ ، $س_2$

$س_1 = ١٢٨ \times ١٠^{-١١}$ كولوم ، $س_2 = ٧٢ \times ١٠^{-١١}$ كولوم

الحل :- تقع نقطة التعادل الى يسار $س_2$ على بعد (س) منها ...



شرط التعادل :-

$م_1 = م_2$

$$\frac{ك س_1}{ف_1^2} = \frac{ك س_2}{ف_2^2}$$

$$\frac{١٢٨ \times ١٠^{-١١}}{(٢٠ + س)^2} = \frac{٧٢ \times ١٠^{-١١}}{س^2} \div ٢$$

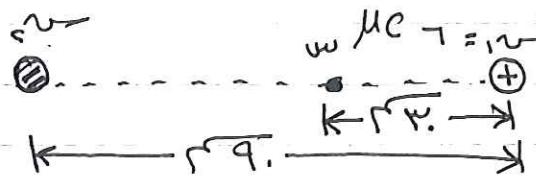
$$\frac{٦٤}{(٢٠ + س)^2} = \frac{٣٦}{س^2}$$ نأخذ الجذر للطرفين

$$\frac{٨}{٢٠ + س} = \frac{٦}{س} \Leftarrow ٨س = ١٢٠ + ٦س$$

$٢س = ١٢٠$

$س = ٦٠$ سم

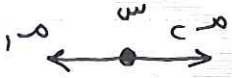
س٢ :-



بالاعتماد على الشكل اذا كانت محصلة المجال عند (س) تساوي صفر اوجد مقدار ونوع سـ٢ ؟

الحل : بما أنه نقطة التعادل بين الشحنتين لذلك فهما من نفس النوع

∴ سـ٢ مثل سـ١ موجبة .



ولايجاد سـ٢ ؟؟

$$م_1 = م_2 \quad \left\{ \begin{array}{l} ف_1 = ٣٠ \text{ سم} \\ ف_2 = ٩٠ - ٣٠ = ٦٠ \text{ سم} \end{array} \right.$$

$$\frac{سـ_1}{ف_1^2} = \frac{سـ_2}{ف_2^2}$$

$$\frac{٦ \times ١٠^{-٦}}{٣٠ \times ٣٠} = \frac{سـ_2}{٦٠ \times ٦٠}$$

$$\frac{٦ \times ١٠^{-٦}}{١} = \frac{سـ_2}{٤}$$

$$سـ_2 = ٢٤ \times ١٠^{-٦} \text{ كولوم}$$

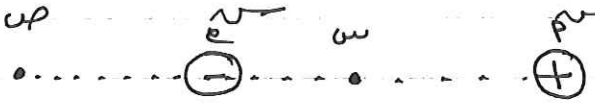
س٣ :- (واجب)

حدد موقع نقطة التعادل ؟

الجواب : بين الشحنتين وعلى بعد $\frac{2}{3}$ متر عن سـ١

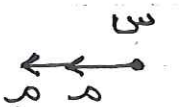
س٤ :- سؤال مناهيم

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



الحل : نذكر أنه سـ١ = سـ٢ مقداراً . لكن مختلفين في النوع .....

النقطة (س) :



م س باتجاه (←)

النقطة (ص) :

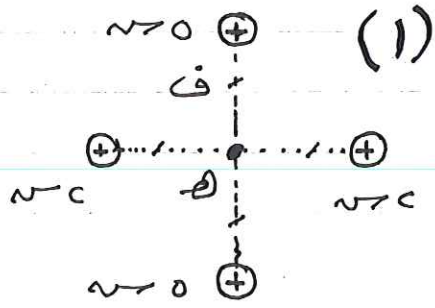
لأنه $م_2 > م_1$

(ص) أقرب للالكترون

لذلك م عند (ص) باتجاه (+س) .

س٥ :- في كل مما يلي توزيعان مختلفان من الشحنات النقطية ، اذا كان (ف) يمثل بعد كل شحنة عن النقطة (هـ) فجد المجال الكهربائي المحصل مقداراً واتجاهاً عند (هـ) بدلالة (سـ ، ف)

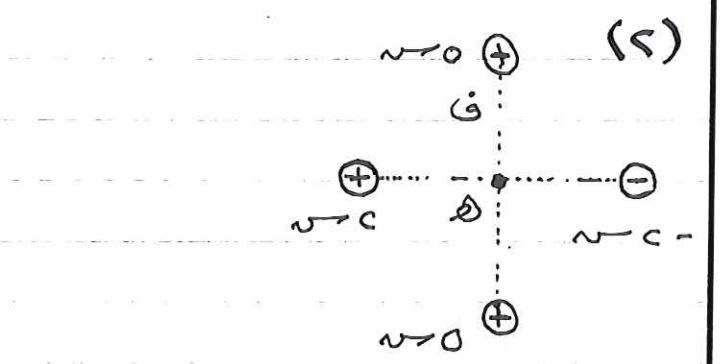
(أ)



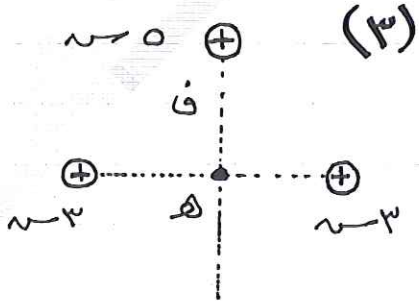
س٦ :- ضع دائره حول رمز الاجابة الصحيحة في كل مما يأتي :-

(١) يبين الشكل التالي اتجاه المجال الكهربائي المحصل عند نقطة تبعد عنه (سـ١، سـ٢) المسافة بينهما

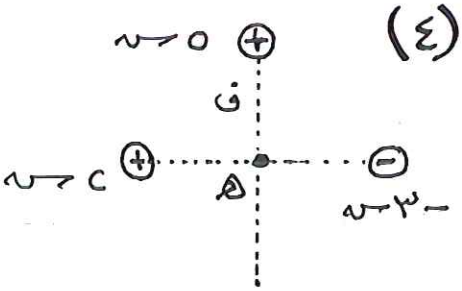
(٢)



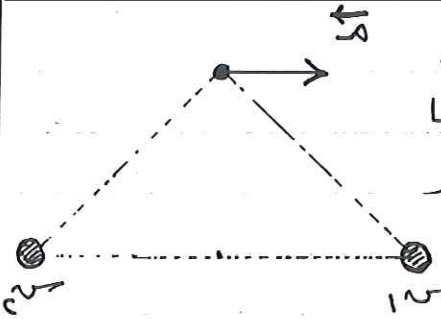
(٣)



(٤)



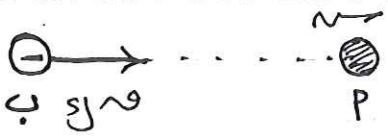
اذا علمت أن الشحنتين لهما نفس المقدار فان :-



أ سـ١ موجبة ، سـ٢ موجبة .
ب سـ١ موجبة ، سـ٢ سالبة .
ج سـ١ سالبة ، سـ٢ موجبة .
د سـ١ سالبة ، سـ٢ سالبة .

(إرشاد : م المحصل يقع بين م١ ، م٢)

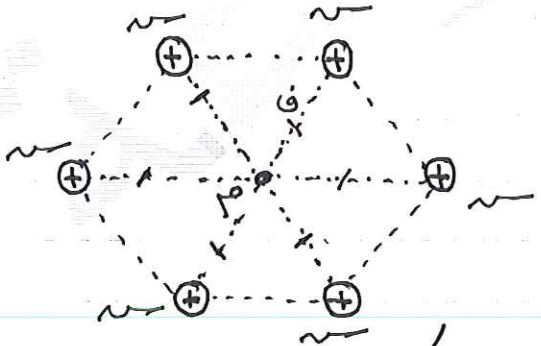
(٢)



في الشكل عندما وضعت شحنة سالبة (-سـ) عند (ب) تأثرت بقوة كهربائية باتجاه (س+) وعليه يكون (إتجاه م عند ب ، نوع الشحنة سـ) على الترتيب :-

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

(٣)

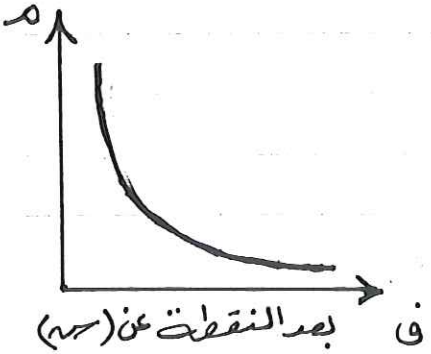


بالاعتماد على الشكل اذا ازيلة شحنة واحدة فان مقدار المجال المحصل عند (م) يساوي :-

أ صفر ب ٥ (سـ / ف٢)
ج ٦ (سـ / ف٢) د P (سـ / ف٢) .

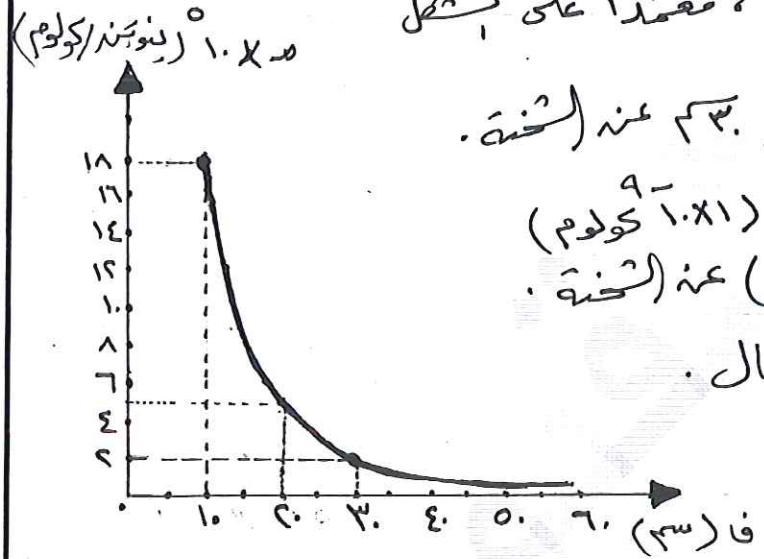
العلاقة البيانية بين المجال الكهربائي والبعد عن الشحنة

من خلال العلاقة ($م = \frac{ثابت}{ف^2}$) نلاحظ أن الثابت يمثل (م ، ف)



تناسباً عكسياً على شكل اقتران نسبي
لذلك فان التمثيل البياني للمتغيرين (ف - م)
سيكون عكسي غير خطي (منحني) ←

س :- 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 الشحنة (١٠×١^{-٩} كولوم) توضع عند نقطة تبعد (٣٠ سم) عن الشحنة.

ج) الشحنة الكهربائية المولدة للمجال.

أ) حسب الشكل على بعد ٣٠ سم
تكون قيمة المجال $م = ١٠ \times ٢^{٥}$ نيوتن/كولوم

ب) $ق = ش \times م$

لاحظ قيمة (م) على بعد (٣٠ سم) غير واضحة بدقة من الرسم ... !!؟
نحاول ايجادها من فرع (أ)

$م = \frac{ثابت}{ف^2}$ .... $م = ١٠ \times ٢^{٥}$ عندما $ف = ٣٠$ سم

$\frac{ثابت}{٠.٠٩} = ١٠ \times ٢^{٥}$ ⇐ $ثابت = ١٠ \times ١٨٠٠^{١}$

$ثابت = ١٠ \times ١٨^{٣}$

ولايجاد (م) على بعد ٤٠ سم

$م = \frac{ثابت}{ف^2} = \frac{١٠ \times ١٨^{٣}}{٠.٤٠ \times ١٠^{-٤}} = ١٠ \times ٤٫٥^{٥}$ نيوتن/كولوم

$\therefore ق = ش م$

$= (١٠ \times ١^{-٩})(١٠ \times ٤٫٥^{٥}) = ١٠ \times ٤٫٥^{-٤}$ نيوتن

ج) من فرع (ب) $ثابت = ١٠ \times ١٨^{٣}$

$١٠ \times ١٨^{٣} = ١٠ \times ١٫٩^{٩}$ ⇐

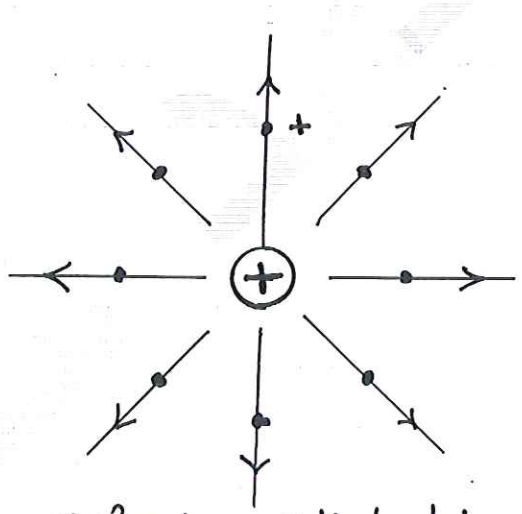
$ش = ١٠ \times ٢^{-٦}$ كولوم .

ويمكن حساب قيمة (ش) ايضاً من قيمة المجال على بعد ٣٠ سم ...
حاول ذلك بنفسك .

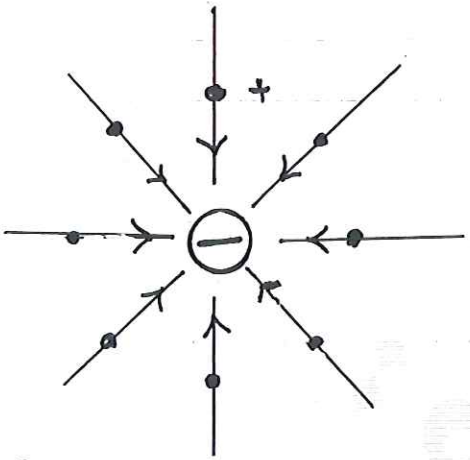
خطوط المجال الكهربائي

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 فانها سوف تتحرك في مسارات بحيث تبتعد عن الشحنة الموجبة وتقترب من الشحنة السالبة نسمي هذه المسارات خطوط المجال الكهربائي .



شكل ① : خطوط المجال حول شحنة مفردة موجبة .



شكل ② : خطوط المجال حول شحنة مفردة سالبة .

خصائص خطوط المجال الكهربائي

① تبدو خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة الى الشحنة السالبة ، لماذا ؟

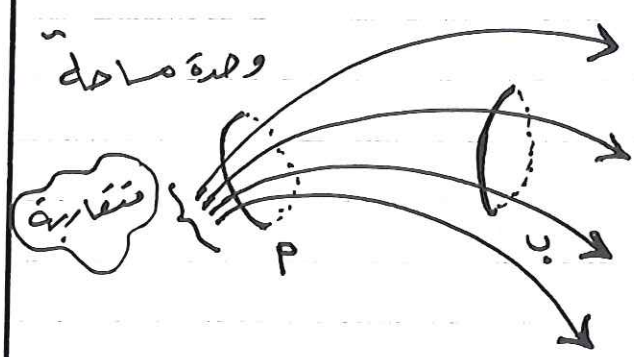
لان شحنة الاختبار تتنافر مع الشحنة الموجبة وتتجاذب مع السالبة .

② يتناسب مقدار المجال الكهربائي في منطقة طرديا مع كثافة خطوط المجال عند تلك المنطقة ← أي (م ∝ كثافة الخطوط)

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

تذكر ⇐ وحدة المساحة = ١ م^{٢}

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



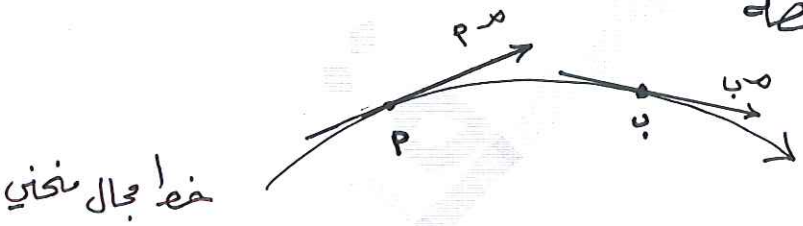
نلاحظ أن كثافة الخطوط عند (P) اكبر منه بكثافة عند (ب) .

عند (P) ٤ خطوط لكل وحدة مساحة
عند (ب) ٢ خط لكل وحدة مساحة
$\Leftarrow$ لذلك $م_P > م_ب$

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 :

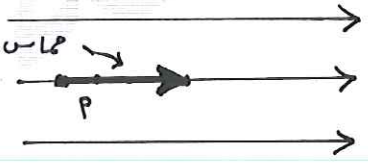


ملاحظات :-

P- الخط المنحني يدل على اتجاهات عديدة وليس اتجاه واحد .

ب- اذا كان خط المجال مستقيم لاداعي لرسم مماس لان خط المجال يدل على اتجاه المجال .

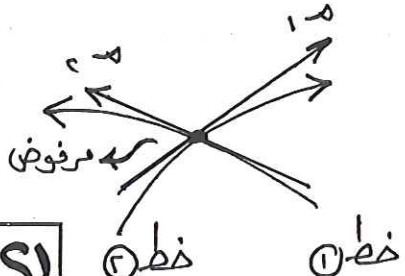
له توضيح :



لاحظ المماس منطبقة على خط المجال

(٤) خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع ، لماذا ؟

لانها لو تقاطعت سيكون للمجال عند نقطة التقاطع اكثر من اتجاه للمجال وهذا مرفوض (مستحيل) .



س١ :- كيف يمكننا 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 .

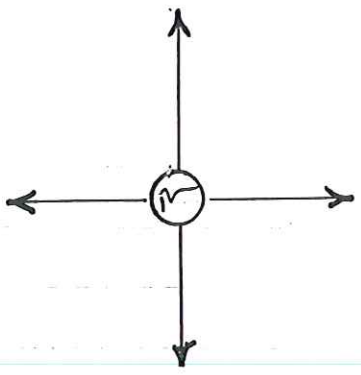
قاعدة هامة : عدد خطوط المجال الخارجة من الشحنة الموجبة أو الداخلة الى الشحنة السالبة تتناسب طردياً مع مقدار تلك الشحنة .

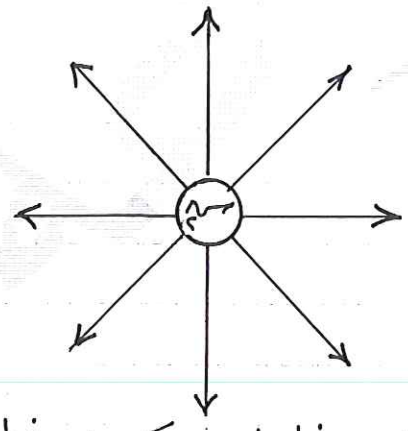
وبناءً على ذلك فان :

(نسبة عدد الخطوط) = (نسبة قيم الشحنات)

أو $\frac{\text{عدد خطوط } ش_1}{\text{عدد خطوط } ش_2} = \frac{ش_1}{ش_2}$

توضيح :

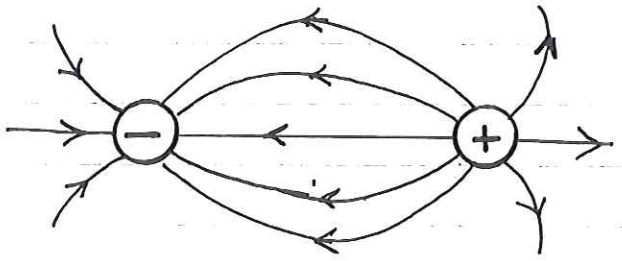




* واضح من الشكل : ① $ش_2 > ش_1$ (لأنه عدد خطوط $ش_2$ أكبر من عدد خطوط $ش_1$)

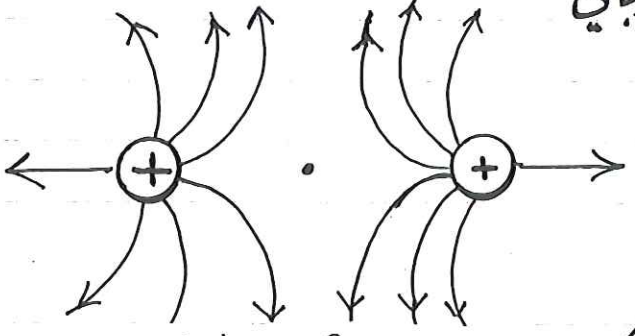
② $\frac{ش_2}{ش_1} = \frac{٨}{٤} \Leftarrow$ ($ش_1 = ٤$ ، $ش_2 = ٨$)

أشكال إضافية لخطوط المجال الكهربائي



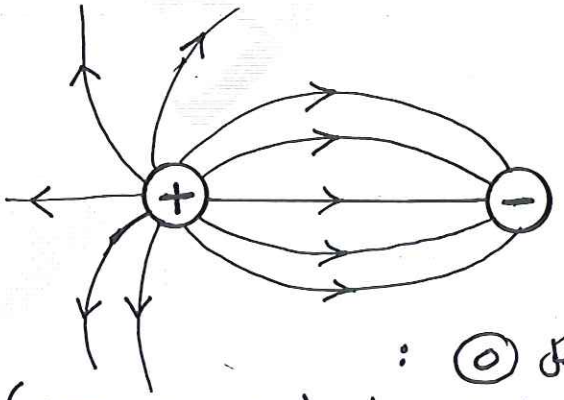
شكل (٣): خطوط المجال لـ $(+ش، -ش)$
شحنتين متساويتين مقداراً ومختلفتين نوعاً.

تذكر: هنا لا يوجد نقطة تعادل.

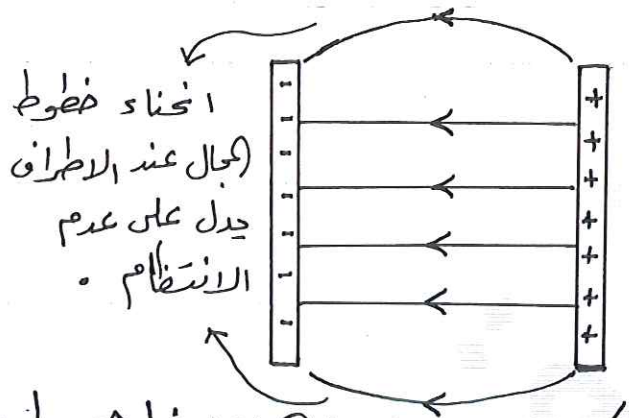


شكل (٤): خطوط المجال لـ $(+ش، +ش)$
شحنتين متماثلتين في المقدار والنوع.

تذكر: نقطة المنتصف هي نقطة تعادل



شكل (٥):
خطوط المجال لـ $(+٣ش، -ش)$
شحنة موجبة ضعف شحنة سالبة



شكل (٦): خطوط المجال بين لوحي موازي
لوحان مشحونان بشحنتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في النوع. (مجال منتظم).

نوعا المجال الكهربائي :-

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

س :- أين يمكن الحصول على مجال منتظم؟

الجواب: بين صفيحتين فلزيتين متوازيتين مشحونتين بشحنتين متساويتين احداهما موجبة والأخرى سالبة.

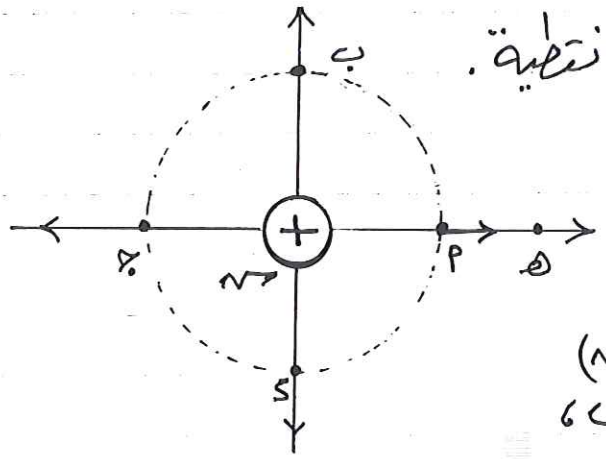
أو بين لوحي موازي

ملحوظة :- في المجال المنتظم :-

① توازي خطوط المجال يدل على إتجاه ثابت .
② 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 الإتجاه مثل المجال الناتج عن شحنة نقطية .

توضيح :- الشكل المجاور يمثل خطوط المجال الكهربائي لشحنة نقطية .



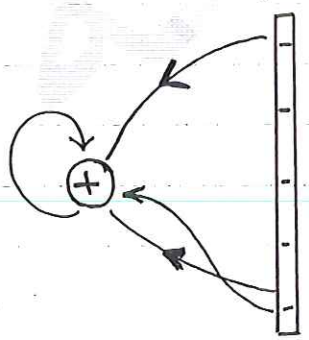
نلاحظ مايلي :-

① مقدار المجال الكهربائي عند النقاط (P ، ب ، هـ ، S) متساوي لأنه لهذه النقاط البعد نفسه عن الشحنة (ن) لكن اتجاه المجال تختلف من نقطة لأخرى ، أي أن الاتجاه غير ثابت .

② اتجاه المجال عند (P) ، وعند (هـ) نفسه ، إلا إن مقدار المجال عند (هـ) أقل من مقدار المجال عند (P) ⇐ ($م_{هـ} < م_{P}$) .
اي أن مقدار المجال غير ثابت .

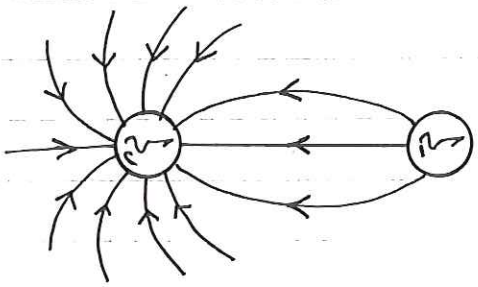
النتيجة : طالما المجال الناجم عن الشحنة النقطية غير ثابت في المقدار والاتجاه فهو مجال غير منتظم .

س٣ :- بالاعتماد على الشكل المجاور اذكر ثلاث أخطاء وردت في رسم خطوط المجال .



الجواب : ① خطوط المجال خارجة من الشحنة السالبة وداخلة الى الموجبة
② خطوط المجال متقاطعة .
③ أحد خطوط المجال مقفلة وهذا من خصائص المجال المغناطيسي وليس الكهربائي .

س٤ :- بالاعتماد على الشكل المجاور ... أجب عما يلي :-



① ما نوع ش١ ، ش٢ ؟

② أوجد نسبة $\frac{ش_1}{ش_2}$ ؟

③ اذا كان ش١ = ٢ μC أوجد ش٢

④ اذا كانت المسافة الفاصلة بين ش١ ، ش٢ ٣٦ cm حدد موقع نقطة التعادل .

حساب المجال الكهربائي المنتظم

(مقدمة) اذا شُحنت صفيحة موصلة (فلزية) فان الشحنة تتوزع على سطحها بانتظام، أي أن كل وحدة مساحة (١م٢) تحمل نفس كمية الشحنة.

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

هيه $\sigma = \frac{ش}{P}$ ... $\frac{\text{كولوم}}{\text{م}^2}$.

ش : شحنة الموصل (الصفيحة).

P : مساحة سطح الموصل (الصفيحة).

س١ :- صفيحة فلزية مربعة طول ضلعها (٥م) شحنت بشحنة مقدارها (١٠٠ نانو كولوم) فتوزعت عليها بانتظام أوجد مقدار الكثافة السطحية للشحنة.

الجواب : $\sigma = \frac{ش}{P}$

$= \frac{١٠٠ \times ١٠^{-٩}}{٢٥ \times ١٠^{-٤}}$

$= ٤ \times ١٠^{-٥}$ كولوم/م٢

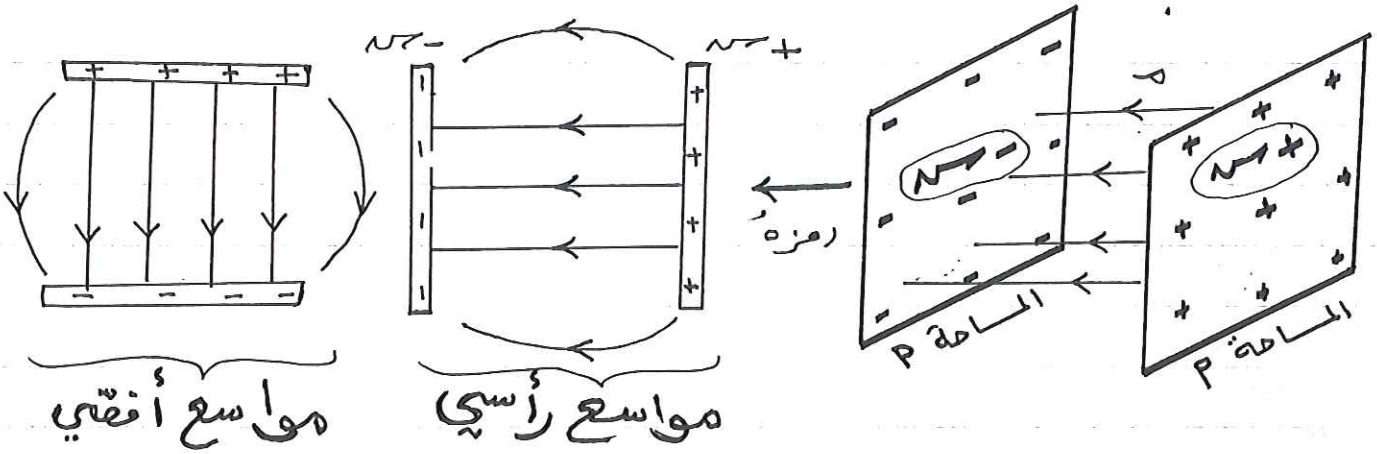
حساب المساحة (P) :

$P = ٥ \times ٥ = ٢٥$ م٢

$= ٢٥ \times ١٠^{-٤}$ م٢

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.



* يمكننا حساب مقدار المجال المنتظم بين صفيحتي مواسع باستخدام العلاقة :

$$م = \frac{ص}{\varepsilon_{\circ}}$$

حيث :-
ص : كثافة الشحنة السطحية على كل صفيحة .
$\varepsilon_{\circ}$: السماحية الكهربائية للفراغ أو لوسط بين الصفيحتين

س٢ :- ما هي العوامل التي تعتمد عليها قيمة المجال الكهربائي المنتظم بين لوحي مواسع ؟

الجواب : ① يتناسب طردياً مع الكثافة السطحية للشحنة على احدى الصفيحتين .

② يتناسب عكسياً مع السماحية الكهربائية للوسط الفاصل بين الصفيحتين .

س٣ :- صفيحتان موصلتان متوازيتان كل منهما مساحتها (1.0×1) م^2 شحنت احداهما بشحنة موجبة والاخرى سالبة وكانت الشحنة على كل صفيحة $(1.0 \times 1,77$ كولوم$^{-9})$ اذا علمت أن $(\varepsilon_{\circ} = 8,85 \times 10^{-12}$ كولوم^2/نيوتن.م$^2)$ .. احسب مقدار :-

① المجال الكهربائي بين الصفيحتين .
② القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة $(1.0 \times 1$ كولوم$^{-9})$ توضع بينهما .
③ مقدار المجال عندما تتضاعف الشحنة على كل صفيحة مع بقاء مساحة الصفيحتين ثابتة .

الحل :- ① نجد $\sigma = \frac{س}{ف} = \frac{1.77 \times 10^{-9}}{1 \times 10^{-2}} = 1.77 \times 10^{-7}$ كولوم/م^2 .

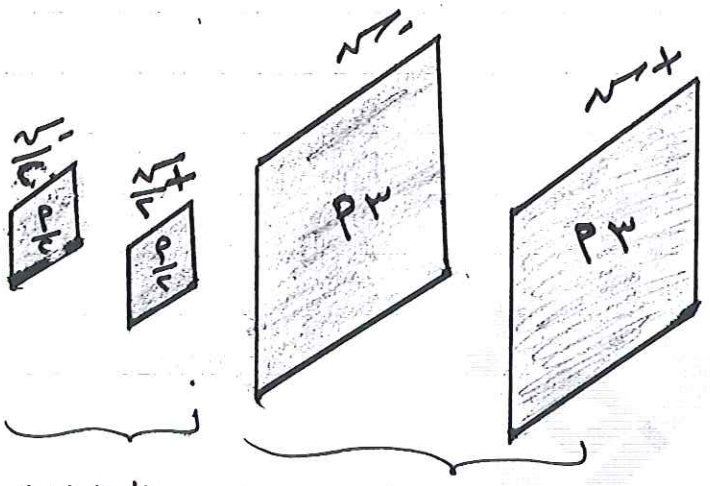
$م = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{1.77 \times 10^{-7}}{8.85 \times 10^{-12}} = 2 \times 10^{4}$ نيوتن/كولوم .

② $ق_ك = س م = (1 \times 10^{-9})(2 \times 10^{4}) = 2 \times 10^{-5}$ نيوتن باتجاه المجال لأن الشحنة موجبة.

③ اذا تضاعفت الشحنة مع بقاء المساحة ثابتة تتضاعف (σ) وبما أنه $م \propto \sigma$ لذلك تتضاعف قيمة $(م)$.

∴ تصبح $م = 4 \times 10^{4}$ نيوتن/كولوم .

س ٤ :- معتمداً على البيانات المثبتة على الشكل حدد في أي الحالتين يكون مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين أكبر ؟ فسر اجابتك .



الجواب :-

المجال تناسب طردياً مع كثافة الشحنة $\Leftarrow م \propto \sigma$.

لذلك نحسب (σ) لكل حالة :-

$\sigma_أ = \frac{س_أ}{ف} = \frac{س}{٣ف} = \frac{1}{٣}(\frac{س}{ف})$.

$\sigma_ب = \frac{س_ب}{ف} = \frac{\frac{س}{٤}}{ف} = \frac{1}{٤}(\frac{س}{ف})$

بما أن $\sigma_ب > \sigma_أ$

لذلك $م_ب > م_أ$ //

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

حركة شحنة في مجال كهربائي منتظم

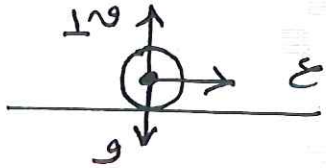
اذا وضع جسيم مشحون كتلته (ك) في مجال كهربائي منتظم (م) فانه سيتأثر بقوة كهربائية ثابتة مقداراً واتجاهاً واذا عملت هذه القوة على تحريكه فانه سيتحرك بتسارع ثابت المقدار والاتجاه وكلا هذا التسارع تعتمد على قانون نيوتن الثاني :

$\Sigma ق = ك ت$ ... حيث $\Sigma ق = ق_{محصلة}$.

ملاحظة : نهمل الوزن للجسيم المتحرك في حالتنا ...

① في حالة الجسيمات الذرية (بروتونات أو إلكترونات) تكون ($ق_ء$) أكبر بكثير جداً من وزنه هذه الجسيمات لذلك نهمل وزنها .

② أي جسيم آخر غير البروتون أو الإلكترون اذا استمر متحركاً بشكل افقي نهمل وزنه مثل جسم يتحرك على سطح افقي أملس .



حيث ($ق_⊥$ تلغي الوزن) ⇐

وفي حالة إهمال الوزنه فان :-

$ق_{محصلة} = ق_ء = ك م$ لكنه $ق_{محصلة} = ك ت$

ومنه ⇐ $ك م = ك ت$ ⇐

$ت = \frac{ك م}{ك}$ ⇐

وبما أن التسارع ثابت لان المجال (م) ثابت لذلك يمكنه وصف حركة هذا الجسيم باستخدام معادلات الحركة في خط مستقيم وتسارع ثابت :

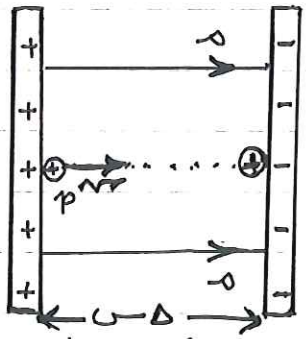
① $ع = ع_. + ت ز$

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

③ $ع^2 = ع_.^2 + 2 ت \Delta س$

حيث : $ع_.$: السرعة الابتدائية
ع : السرعة النهائية
$\Delta س$: الازاحة التي يقطعها الجسيم
ز : زمن الحركة

س٥ :- تحرك بروتونة منه السكون في مجال كهربائي منتظم مقداره (١٦٧٠) نيوتن/كولوم من الصفيحة الموجبة الى الصفيحة السالبة وأصبحت سرعتها ($٢,٤ \times ١٠^{٥}$) م/ث



بعد قطعها إزاحة (Δس)، اذا علمت أن كتلة البروتون ($١,٦٧ \times ١٠^{-٢٧}$) كغم وشحنته ($١,٦ \times ١٠^{-١٩}$) كولوم. فاحسب :-

١) تسارع البروتونة.
٢) الزمن المستغرق للوصول الى الصفيحة السالبة.
٣) الازاحة التي قطعها البروتونة.

الحل : ١) $ت = \frac{ش}{ك} = \frac{١,٦ \times ١٠^{-١٩} \times ١٦٧٠}{١,٦٧ \times ١٠^{-٢٧}}$

$ت = ١,٦ \times ١٠^{١١}$ م/ث^{٢} باتجاه (+س)

٢) $ع = ع_{.} + ت ز$

$٢,٤ \times ١٠^{٥} = ٠ + ١,٦ \times ١٠^{١١} \times ز$

$\therefore ز = ٢ \times ١٠^{-٦}$ ث.

٣) $Δس = ع_{.} ز + \frac{١}{٢} ت ز^{٢}$

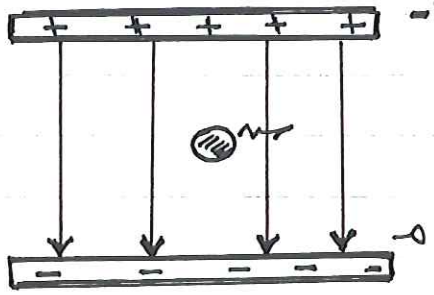
$= ٠ + \frac{١}{٢} \times ١,٦ \times ١٠^{١١} \times (٢ \times ١٠^{-٦})^{٢}$

$= ٣٢$ متر.

*(اضافي) : أثبت أنه سرعة وصول البروتونة الى الصفيحة السالبة تعطى بالعلاقة :

$ع = \sqrt{٢ ش Δس / ك}$.

س٦ :-

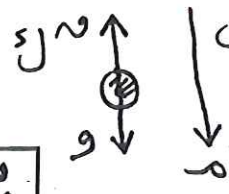


يبين الشكل مجالاً كهربائياً منتظماً اتجاهه رأسي سالب، وضع فيه جسيم كتلته ٣ نانوكولوم وكتلته (٣×١٠^{-٥}) كغم، فاتزن. اذا علمت أن تسارع الجاذبية الارضية ($ج = ١٠$ م/ث^{٢})، فاجب عما يلي :-

١) ما نوع شحنة الجسيم.
٢) احسب مقدار المجال المنتظم.
٣) لو كانت مساحة الصفيحة لواحدة (١٠٠) سم^{٢} اوجد كثافة الشحنة السطحية لكل صفيحة.
اعتبر $ε_{.} = ٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢}$ كولوم^{٢}/نيوتن.م
٤) اذا نقصت مساحة كل صفيحة الى النصف كيف تغير الشحنة على كل صفيحة حتى يبقى الجسم متزناً.

الحل :

١) وزن الجسم باتجاه (-ص) وحتى يتزن الجسم يجب أن يتأثر بقوة كهربائية باتجاه (+ص)



وبما أنه ق عكس المجال هذا يعني أن الشحنة سالبة.

(٢) بما أنه الجسيم متزن ، فان :-

$\vec{F}_{ك} = \vec{و}$

$س_{م} = ك\ ؟$

$١٠\times٣^{-٩} \ م = ١٠\times٣^{-٥}$

$م = ١٠\times١^{٥}$ نيوتن/كولوم

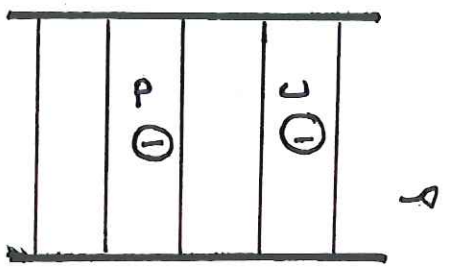
(٣) $م = \frac{ص}{\varepsilon_{.}} \Leftarrow ١٠\times١^{٥} = \frac{ص}{١٠\times٨,٨٥^{-١٢}}$

$ص = ١٠\times٨,٨٥^{-٧}$ كولوم/م^{٢} .

(٤) حتى يبقى الجسم متزن يجب الحفاظ على مقدار واتجاه المجال ($م = \frac{ص}{\varepsilon_{.}}$) لكنه ($ص = \frac{س}{ف}$)

لذلك اذا قلّت المساحة الى النصف يجب أن تقل الشحنة الى النصف حتى تبقى ($ص$) ثابتة وبالتالي المجال ($م$) ثابت.

س٧ :-



اتزنت جسيم (P) شحنته ($س_{م}$) وكتلته ($ك$) في مجال كهربائي منتظم كما في الشكل اعلاه اوجد الشكل وأجب عنه الاسئلة التالية :-

(P) حدد نوع الشحنة على كل صفيحة.

(ب) اذا ادخل جسيم (ب) شحنته ($س$) وكتلته ($ك$) في المجال نفسه فهل يتزن ... فسر اجابتك ؟

(ج) اذا زادت الشحنة على الصفيحتين فهل يبقى (P) محافظاً على اتزانه فسر اجابتك ؟

الجواب :

(P) الجسيم (P) متزن لذلك فانه $\vec{F}_{ك} = \vec{و}_{م}$ لكنه باتجاه عكس الوزن $\Leftarrow \vec{F}_{ك}$ باتجاه ($+\hat{ن}$) .

وبما أنه الشحنة سالبة فانه $\vec{F}_{ك}$ عكس المجال ($م$) لذلك فانه اتجاه المجال باتجاه ($-\hat{ن}$) هذا يعني أنه الصفيحة العلوية موجبة والسفلية سالبة.

(ب) عند اتزان (P) $\begin{cases} \vec{F}_{ك} = \vec{و}_{م} \\ س_{م} = ك\ ج \end{cases}$

$ك_{ب} = ك$ لذلك $و_{ب} > و_{م}$

بما أنه $س_{م} = س_{ب}$ لذلك

$\vec{F}_{ك}$ على (P) $= \vec{F}_{ك}$ على (ب)

لكنه $\vec{F}_{ك}$ على (P) $= \vec{و}_{(P)}$

وطالما $و_{ب} > (و_{م} = \vec{و}_{P} = \vec{F}_{ك_{ب}})$

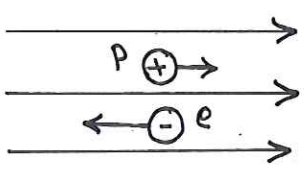
$\therefore و_{ب} > \vec{F}_{ك}$ على (ب)

لذلك لن يتزن الجسيم (ب) .

(ج) اذا زادت الكتلة على الصفيحتين تزداد (ك) فيزداد المجال (م) لكنه وزنه (ق) لذلك لا يتغير لذلك تصبح $\frac{ق}{ك}$ على p > $و_p$

لذلك لا يبقى p متزناً .

س٨ :-



يبين الشكل مجالاً كهربائياً منتظماً يتحرك فيه الكترونة وبروتونة اذا كانت كتلة الالكترونة تعادل $(\frac{1}{1840})$ من كتلة البروتونة ..

(أ) أيهما اكبر مقداراً القوة الكهربائية المؤثرة في البروتونة أم الالكترونة

(ب) أيهما اكبر مقداراً تسارع البروتونة أم تسارع الالكترونة؟ حدد اجابتك .

الجواب :- (أ) $ق_{على\ p} = ش_p \times م$

$ق_{على\ e} = ش_e \times م$

م منتظم لكل $ش_p = ش_e$

$\therefore$ $ق_{على\ (p)} = ق_{على\ (e)}$.

يتأثران بنفس مقدار القوة .

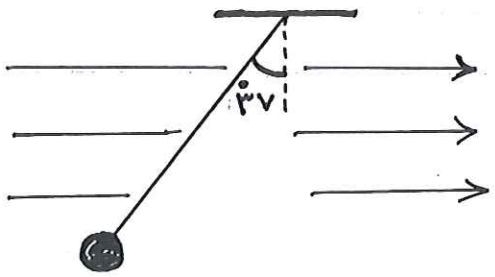
(ب) $ت = \frac{ق}{ك}$ ← (متساوية)

$\therefore$ $ت \propto \frac{1}{ك}$ تتناسب التسارع عكسياً مع (ك) لان (ق) ثابتة

بما أنه $ك_e < ك_p$

لذلك فانه $ت_e > ت_p$.

س٩ :-



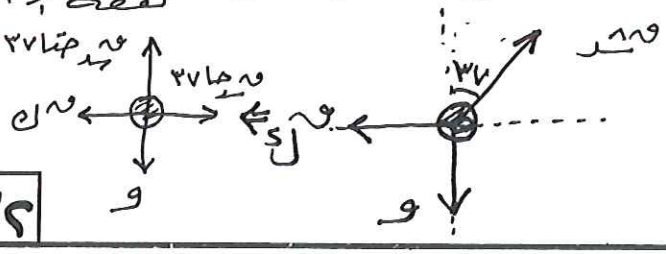
جسيم معلق رأسياً بواسطة خيط كتلته (١ غرام) أثر عليه مجال كهربائي منتظم فانحرف بزاوية ٣٧° عن الاتجاه الرأسي ثم اتزن اذا كانت قيمة المجال (٣×١٠^{٢٣}) نيوتن/كولوم اوجد مقدار ونوع شحنة الجسيم

اعتبر $(جا٣٧ = ٠,٦ ، جتا٣٧ = ٠,٨)$

$ع = ١٠ م/ث^٢$

الحل : طالما انحرف الجسيم عكس المجال لذلك فانه شحنته سالبة

نحدد القوى المؤثرة عليه (اعتبر الجسيم نقطة مادية)



بما أنه الجسيم متزن لذلك فإن :-

$ق_ك = ق_{جـ} جا ٣٧$ ... ①

$و = ق_{جـ} جتا ٣٧$ ... ②

بقسمة المعادلة الاولى على الثانية

$$\frac{ق_ك}{و} = \frac{ق_{جـ} جا ٣٧}{ق_{جـ} جتا ٣٧} = \frac{٠٫٦}{٠٫٨} = \frac{٣}{٤}$$

ومنه $ق_ك = \frac{٣}{٤} \times و$

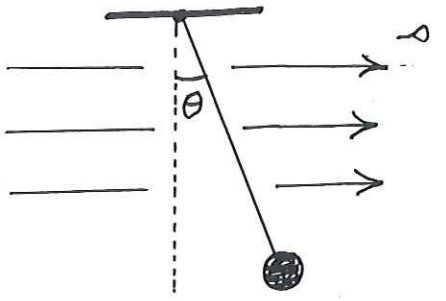
$$\leftarrow \quad س م = \frac{٢}{٤} \, ل \, ؟$$

$$س = ١٠ \times ١٠^{-١} \times \frac{٣}{٤} = ١٠ \times ٣ \times ١٠^{-٣}$$

$$س = \frac{١}{٤} \times ١٠^{-٥} \text{ كولوم}$$

(سالبة).

مثل :- (واجب)

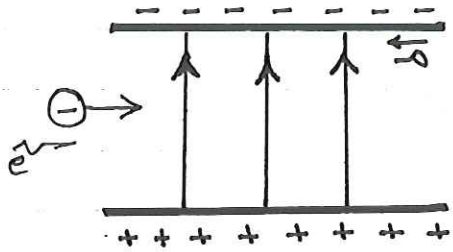


كرة صغيرة مشحونة شحنتها (س) وزنها (و) علقت بخيط داخل مجال كهربائي منتظم ، فاتزنت كما هو مبين في الشكل أثبت أن :

$$ظا \theta = \frac{و}{س}$$

س١١ :- ضع دائرة حول رمز الاجابة الصحيحة في كل مما يلي :-

(١)



في الشكل دخل إلكترون متحركاً بالاتجاه السيني الموجب الى منطقة مجال كهربائي منتظم فان هذا الإلكترون يكتسب تسارعاً بالاتجاه :-

أ) الصادي الموجب ب) الصادي السالب

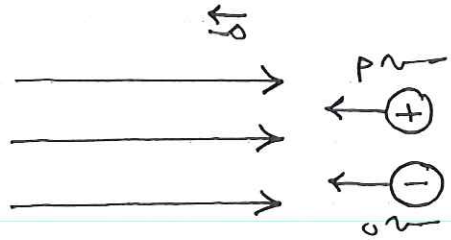
ج) السيني الموجب د) السيني السالب.

(٢) ينشأ مجال كهربائي منتظم بين صفيحتين مشحونتين بشحنتين (+س، -س) فاذا أصبحت مساحة الصفيحتين نصف ما كانت عليه وظلت الشحنة الى النصف ، فان المجال الكهربائي :-

أ) يقل الى النصف ب) يتضاعف مرتين

ج) يقل الى الربع د) يتضاعف اربع مرات

س١٢ :-



الشكل يمثل اتجاه الحركة لجسيمين (أ، ب) قبل دخولها الى مجال كهربائي منتظم وضح لكل جسيم :

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

(٢) أثر القوة الكهربائية في مقدار سرعة الجسيم.

الجواب :-

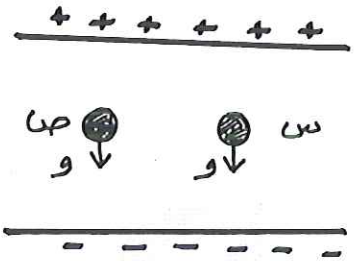
(١) في أ على (أ) باتجاه (+ق) مع المجال لان شحنة موجبة.

في أ على (ب) باتجاه (-ق) عكس المجال لان شحنة سالبة.

(٢) في أ على (أ) (+ق) عكس اتجاه حركته لذلك ستعمل على إبطاء سرعته.

في أ على (ب) باتجاه (-ق) مع اتجاه حركته لذلك ستعمل على زيادة سرعته.

س١٣ :-



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 ؟

الجواب : س سالب

① ص سالب

لاحظ اتجاه المجال م هو (ص+)

∵ س متزنة ⇐ مـ ل نحو (ص+)

مـ ل عكس م ⇐ جـ تل (سالب) .

وبما أنه (ص) تحرك للأعلى لذلك فإنه

مـ ل باتجاه (ص+) أي عكس المجال (م)

لذلك جـ ص+ (سالب)

② مـ ل على (س) = و (س)

لـ لذلك فإن س ساكنة .

مـ ل على (ص) > و (ص)

بدليل الحركة للأعلى .

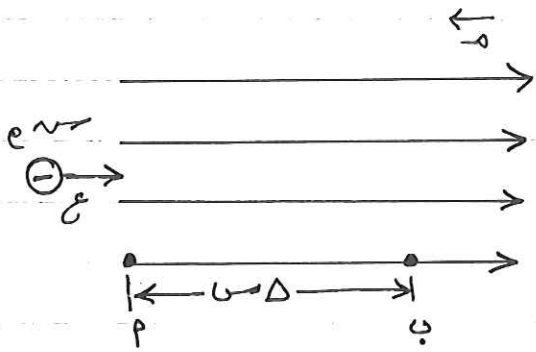
∴ مـ ل على (ص) > مـ ل على (س)

ك ك ك ك

∴ جـ ص > جـ س .

سبب حركة (ص) أنه كتلته (ص) أكبر من كتلته (س) لذلك مـ ل على (ص) أكبر منه وزنه فلا تتزنه

س ١٤ :-



الكترونة يتحرك باتجاه (ستـ) بسرعة $(\frac{٨}{٣} \times ١٠^{٦})$ م/ث دخل الى مجال كهربائي منتظم مقداره (١×١٠^{٣}) نيوتن/كولوم اذا بدأ تأثير المجال من النقطة (أ) وتوقف عند (ب) فاحسب الازاحة التي تقطعها . (اعتبر كـ = ٩×١٠^{-٣١} كغم ، $١,٦ \times ١٠^{-١٩}$ كغم)

الحل : ت = $\frac{\text{مـ}}{\text{ك}} = \frac{١ \times ١٠^{٣} \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}}{٩ \times ١٠^{-٣١}}$

ت = $\frac{١٦}{٩} \times ١٠^{١٤}$ م/ث^{٢} باتجاه (ستـ)

ع$_{أ}$ = $\frac{٨}{٣} \times ١٠^{٦}$ م/ث ... السرعة عند أ

ع$_{ب}$ = صفر ... السرعة عند ب

ع^{٢} = ع$_{أ}^{٢}$ + ٢ ت ٥ س

هنا ع$_{أ}$ باتجاه (ستـ) ، ت (ستـ)

هنا نعوض ت = $-\frac{١٦}{٩} \times ١٠^{١٤}$ م/ث^{٢} لأنه يمثل تباطؤ

إذاً ٠ = $(\frac{٨}{٣} \times ١٠^{٦})^{٢}$ + ٢ × $-\frac{١٦}{٩} \times ١٠^{١٤}$ × ٥ س

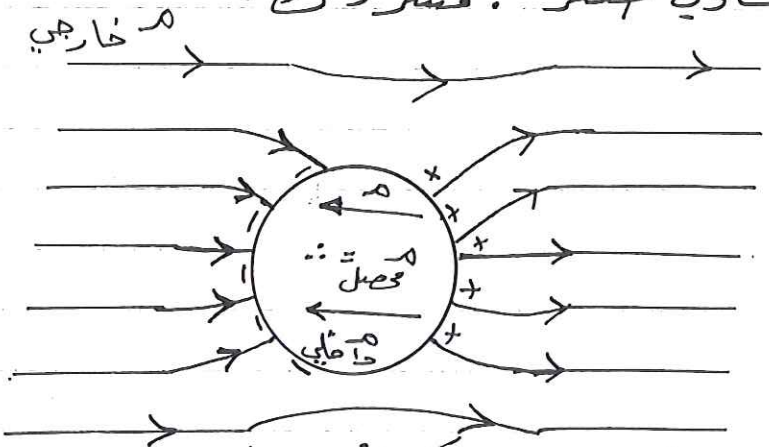
$-\frac{٦٤}{٩} \times ١٠^{١٢} = -\frac{٢٠}{٩} \times ١٠^{١٤}$ ٥ س

ومنه ٥ س = $\frac{٦٤ \times ١٠^{١٢}}{٣٢ \times ١٠^{١٤}}$

٥ س = ٢×١٠^{-٢} متر .

حماية الأجهزة الإلكترونية من المجالات الكهربائية الخارجية

س١ :- اذا وضع موصل فلزي في مجال كهربائي خارجي فان المجال الكهربائي المحصل داخل الموصل يساوي صفراً . فسر ذلك .



تحتوي الموصلات على إلكترونات حرة وعند ما يوضع موصل في مجال كهربائي خارجي تتأثر هذه الإلكترونات بقوة كهربائية تدفعها للحركة بعكس اتجاه المجال فيشحن الموصل بالحث وتتوزع الشحنات على السطح الخارجي كما هو موضح في الشكل المجاور فيتولد داخل الموصل مجال كهربائي (داخلي) مساوٍ للمجال الكهربائي الخارجي ومعاكس له في الاتجاه ، فيكون المجال الكهربائي المحصل داخل الموصل مساوياً للصفر ، هذا يعني أن الموصل يمنع المجال الكهربائي الخارجي من اختراقه .

س٢ :- كيف يتم حماية الاجهزة الإلكترونية الحساسة من المجالات الكهربائية التي قد تسبب لها ضرراً ؟؟

الجواب : تغلف الاجهزة الالكترونية بواسطة موصلات مثل النحاس وصنوعة منه عادة موصلة (مثل ورقة الالمنيوم) تشكل درعاً واقياً لحماية الاجهزة من المجالات الكهربائية الخارجية ، لانه المجال الخارجي لا يخترقه الموصلات .

س٣ :- عند وضع هاتف (خلوي) داخل إناء فلزي (طنجرة) يلاحظ أنه لا يمكنه الاتصال به . فسر ذلك ؟

حتى يتم الاتصال يجب أن يستقبل الهاتف الامواج الكهرومغناطيسية المرسلة اليه و هذه الامواج تحوي مجال كهربائي و آخر مغناطيسي ولان الاناء الفلزي يمنع المجال الخارجي من اختراقه لذلك لن تصل الامواج للهاتف فلا يتم الاتصال .

س٤ :- أيهما أكثر أماناً البقاء داخل سيارة خلال عاصفة مصحوبة بالبرق ، أم الخروج منها؟

الجواب : البقاء داخلها لانه المجال الكهربائي المرافق للبرق لا يخترقه الهيكل المعدني للسيارة .