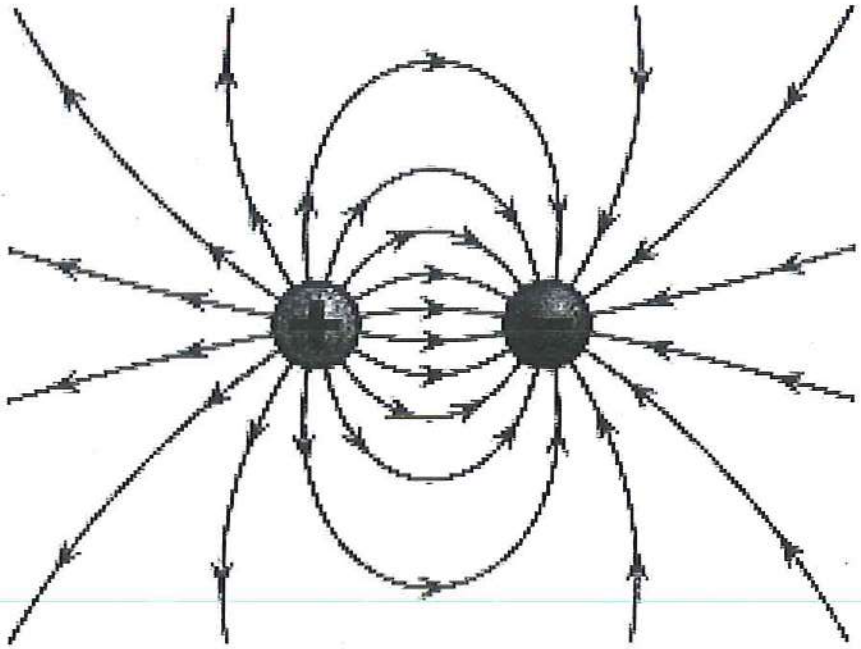
الفيزيـــــاء

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) كلفن : لقياس الكتلة .
(S) ثانية : لقياس الزمن .
(C) كولوم : لقياس الشحنة .

نحتاج أحياناً معرفة مايلي

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

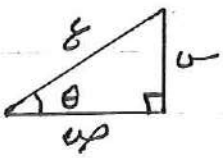
مثال : كتلة مقدارها (٥ ميكروغرام) حولها الى (كغم) .

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) .

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

(٢) المثلث القائم :

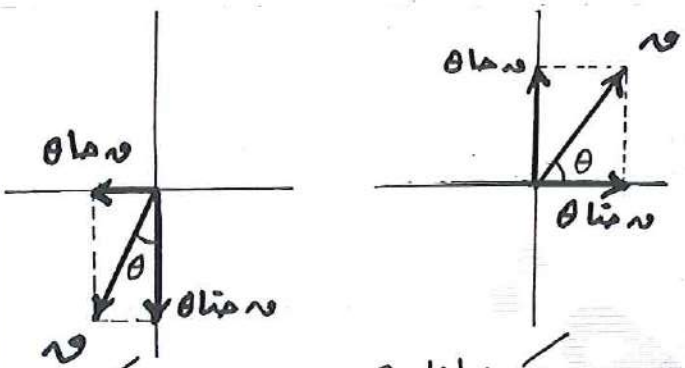


* فيثاغورس :
$ع^2 = س^2 + ص^2$.

$جا\theta = \frac{س}{ع}$ ، $جتا\theta = \frac{ص}{ع}$.

$ظا\theta = \frac{س}{ص} = \frac{جا\theta}{جتا\theta}$.

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



المحور الذي تكونه الزاوية محصورة معه ، يكونه عليه (ق جتا θ) والاخر (ق جا θ) .

(٤) قوانين المحصلة :-

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

ق١ ⟵ ق٢ ⟵ ع

(ب) اذا كان لدينا قوتان متعاكستان في الاتجاه

ع = ق كبرى − ق صغرى ... باتجاه الكبرى

ق١ ⟵ ق٢ ⟵ ق٣

كبرى — صغرى — اتجاه (ع) ، ع = ق١ − ق٢

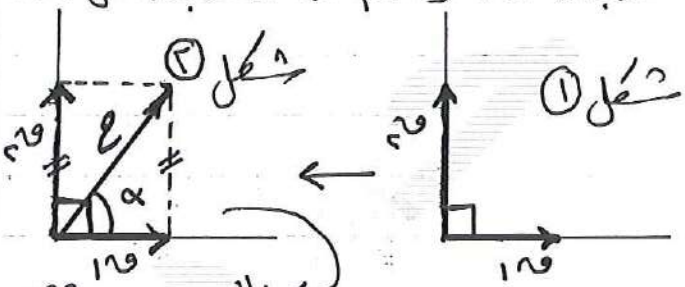
⑦ اذا كان لدينا قوتان متعامدتان ، فإن :

$ع = \sqrt{ق_1^2 + ق_2^2}$.

اتجاه ع ← نرسم المحصلة ع
← نجد زاوية بينه ع وأحد المحورين
← نجد ظل هذه الزاوية

الاتجاه = الرسم + حساب الظل .

شكل ①



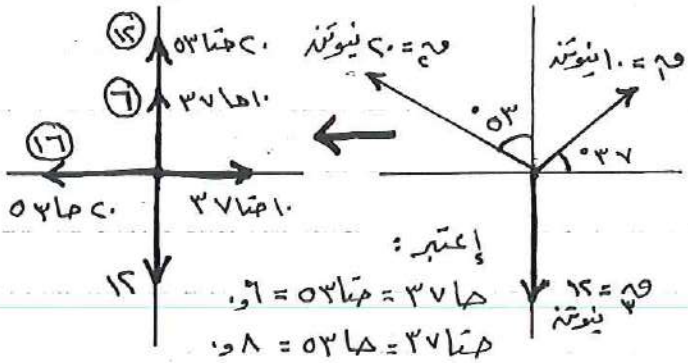
شكل ②

$ظا\alpha = \frac{ق_2}{ق_1}$

الاتجاه = شكل ② + $ظا\alpha$

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

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



إعتبر :
$جا٣٧ = جتا٥٣ = ٠,٦$
$جتا٣٧ = جا٥٣ = ٠,٨$

$ع_س = ١٦ - ٨ = ٨$ نيوتن ... (ـ س)

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

$ع = \sqrt{ع_س^2 + ع_ص^2}$

$= \sqrt{٦٤ + ٣٦} = ١٠$ نيوتن

الاتجاه : $ظا\alpha = \frac{ع_ص}{ع_س} = \frac{٦}{٨} = \frac{٣}{٤}$

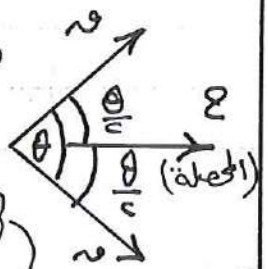
ملاحظات :-

① محصلة قوتان متساويتان في المقدار تنصف الزاوية بينهما .

وهنا يمكنه استخدام القاعدة التالية لحساب المحصلة :

$ع = ٢ ق جتا(\frac{\theta}{٢})$

فقط لقوتين متساويتين



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

② متطابقتان هما متمانه : (للزوايا > ٩٠°)

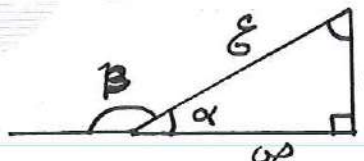
جا (زاوية) = جا (متمم)

جتا (زاوية) = − جتا (متمم)

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

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

بالرموز :



$\alpha + \beta = ١٨٠$ ← لأن α ، β متكاملتان .

$جا\beta = جا\alpha = \frac{س}{ع}$.

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

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

س ١ : 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 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 :-

$$ش = ن \, ش_e$$

حيث :- $ش$: شحنة الجسم ، $ن$: عدد الالكترونات المفقودة أو المكتسبة
$ش_e$: 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 من $ش_1$ الى $ش_2$.

فان : $ن = \frac{\Delta ش}{ش_e} = \frac{ش_2 - ش_1}{ش_e}$ الترتيب (مهم)

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

س ٢ :- جسم شحنته $+3.2$ ميكروكولوم هل فقد أم كسب الكترونات وما عددها

الحل : فقد الكترونات لانه شحنته موجبة

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

س ٣ :- يعتبر الكولوم شحنة كبيرة عملياً وضح ذلك . بحساب عدد الالكترونات التي يفقدها أو يكسبها جسم حتى تصبح شحنته (١ كولوم)

الحل :- $ن = \frac{ش}{ش_e} = \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}}$

ومنه $ن = 6.25 \times 10^{18} \, e$.

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

س٤ :- أي الشحنات التالية ممكنة أنه 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.

$ن = \frac{س}{س_م} \Leftarrow * \quad ن = \frac{1.X3^{-19}}{1.X1,6^{-19}} = \frac{20}{16}$ (كسر) تخالف مبدأ تكميم الشحنة لذلك لا يمكنه أنه يحملها أي جسم .

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

$* \quad ن = \frac{1.X32^{-21}}{1.X1,6^{-19}} = 1.X20^{-2} = \frac{1}{50}$ (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 :- $ن = \frac{س_{ن}}{س_م} = \frac{س_{ن} - س_{ن_{ابتدائي}}}{س_م} = \frac{1.X6,4^{-6} - 1.X8^{-6}}{1.X1,6^{-19}} = \frac{-1.X1,6^{-6}}{1.X1,6^{-19}}$

$ن = -1.X1^{13}$ م $\Leftarrow$ 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 وتعتمد (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 $م = \frac{1}{4 \pi \varepsilon}$ ، حيث (ε) السماحية الكهربائية للوسط .

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

حيث : $\varepsilon_{(هواء \text{ أو } فراغ)} = \varepsilon_0 = ١٠ \times ٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢}$ كولوم^2 / نيوتن . م^2 .

وعليه فان $م = \frac{1}{4 \pi \varepsilon_0} = ٩ \times ١٠^{٩}$ نيوتن . م^2 / كولوم^2 .

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

ε لأي وسط $> \varepsilon_0$.

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

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

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

لكن $ب = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ ← $[ب] = \frac{1}{[\varepsilon_0]}$ ... 4π عدد ليس له وحدة

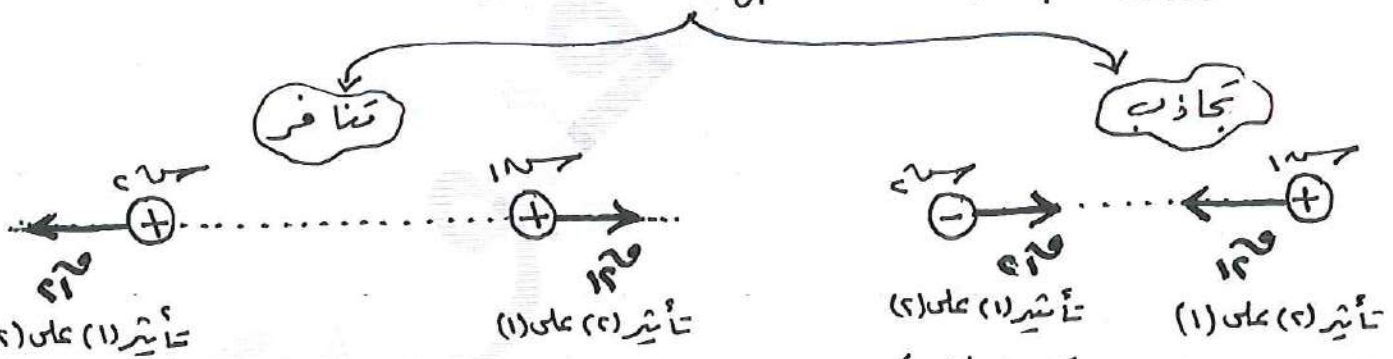
$\therefore [\varepsilon_0] = \frac{1}{[ب]} = \frac{1}{\frac{\text{نيوتن} \cdot \text{م}^2}{\text{كولوم}^2}} = \frac{\text{كولوم}^2}{\text{نيوتن} \cdot \text{م}^2}$.

اي أنه وحدة قياس (ε_0) 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 متطبقتين على الخط الواصل بين الشحنتين ...

في حالة التنافر تكون القوتين متطبقتين 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 .

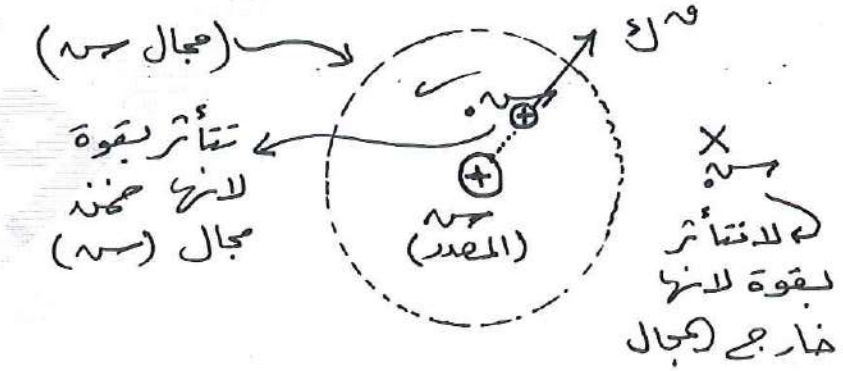
س١ :- ما المقصود بالمجال الكهربائي ؟

الجواب : هو خاصية للحيز المحيط بالشحنة الكهربائية ($ش_{١}$) يظهر تأثيره على شكل قوة كهربائية تؤثر في اي شحنة ($ش_{٢}$) توضع في هذا الحيز.

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

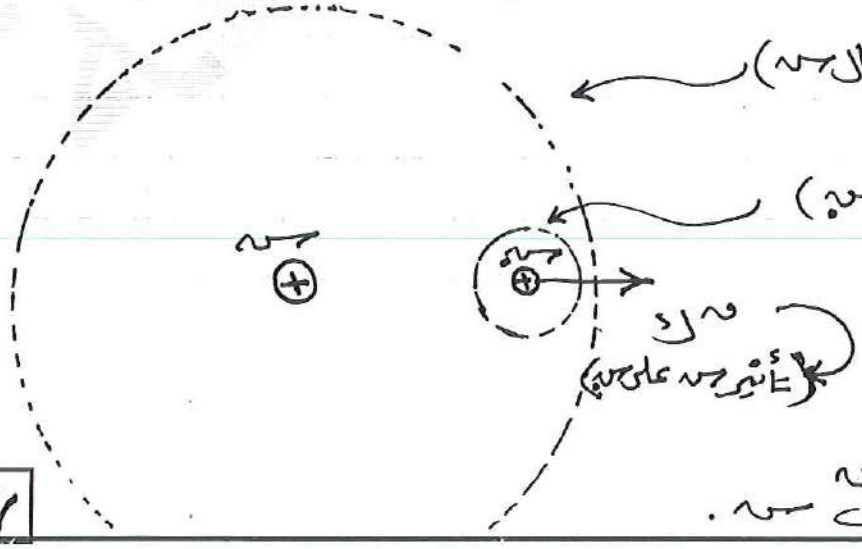
(١) القوة الكهربائية (٢) قوة الجاذبية الارضية (٣) القوة المغناطيسية

* للكشف عن المجال الكهربائي نستخدم شحنة الاختبار ($ش_{٢}$) وهي شحنة موجبة و صغيرة المقدار ... فاذا وضعت شحنة الاختبار عند نقطة ضمن مجال كهربائي فانها تتأثر بقوة كهربائية.



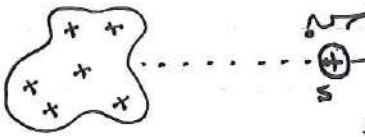
ملاحظة : شحنة الاختبار صغيرة المقدار حتى لا تحدث تغيراً في المجال المراد الكشف عنه لذلك فهي تتأثر ولا تؤثر على غيرها .

توضيح ..



بما أن $ش_{٢}$ صغيرة المقدار فان مجالها صغير جداً ...
لاحظ $ش_{٢}$ تقع في مجال $ش_{١}$ لكن $ش_{١}$ لا تقع في مجال $ش_{٢}$.
لذلك فان $ش_{٢}$ تتأثر بمجال $ش_{١}$ لكن $ش_{٢}$ لا تؤثر على $ش_{١}$.

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



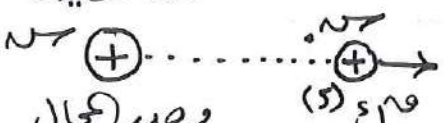
مصدر المجال (أي شحنة سواء نقطية أو غيرها)

رياضياً: $م = \frac{ف_{ك}}{حـ_{ب}}$ عند (S) ... نيوتن/كولوم

س٣: عرف المجال الكهربائي عند نقطة.

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

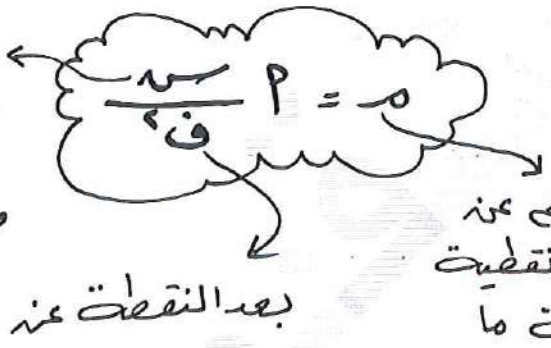
شحنة نقطية



مصدر المجال

لو كانت مصدر المجال شحنة نقطية فانه $ف_{ك}$ تصبح قانون كولوم ..... وبالتالي:

$$م = \frac{ف}{حـ_{ب}} \Leftarrow \frac{\frac{P \times حـ_{ب}}{ف^2}}{حـ_{ب}}$$



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

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

ملاحظات هامة:-

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

② العلاقة $م = \frac{ف_{ك}}{حـ_{ب}}$ تكتب لنا المجال دون معرفة المصدر (الشحنة المولدة) نحتاج فقط مقدار شحنة موضوعه ومقدار $ف_{ك}$ المؤثرة عليها

(٣) العلاقة $م = P \frac{س}{ف^2}$ 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 .....

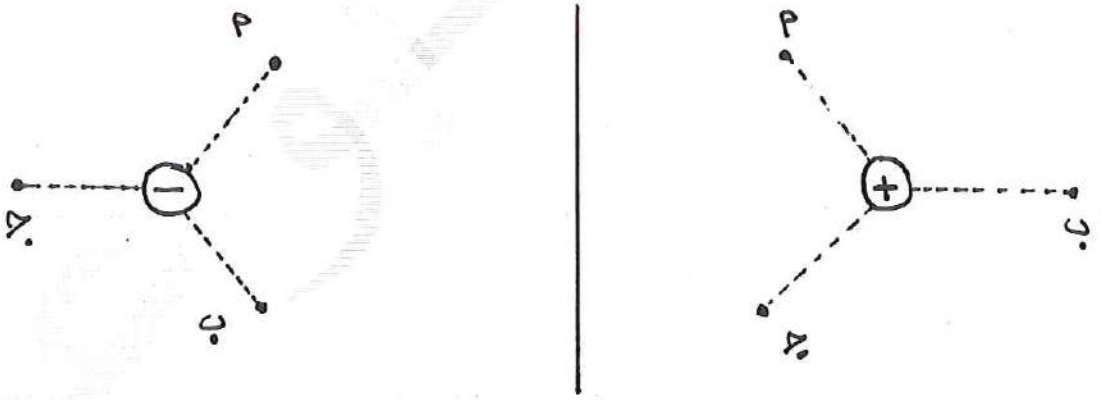
(٥) لا نعوض الاشارة السالبة للشحنة في قوانين المجال للقوة وهذا لا يعني اهمالها لانه الاشارة تؤخذ بعين الاعتبار في تحديد الاتجاهات .

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

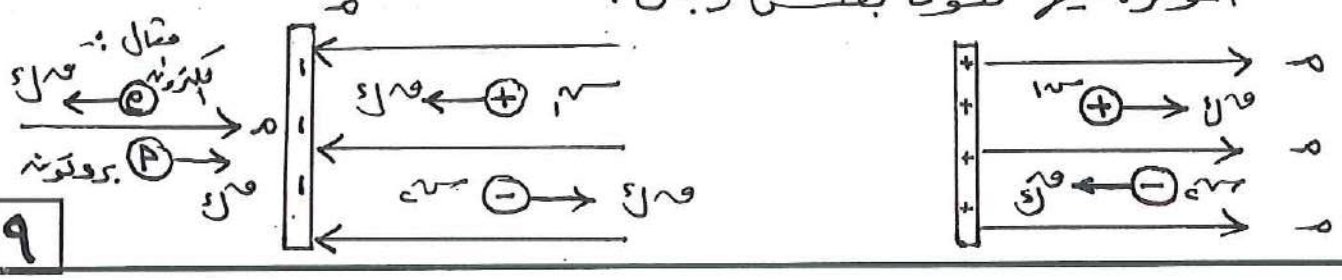
المجال الكهربائي عند تلك النقطة — شحنة موضوعه عند نقطة

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

تمرين : حدد اتجاه المجال عند النقاط P ، ب ، جـ



(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 كانة لدينا عدة شحنات تولد مجالات كهربائية فاننا نضع شحنة اختبار (سـ٠) عند النقطة المطلوبة وندرس تأثير كل شحنة مولدة على (سـ٠) ونعيّنة كل متجهات المجال ... التي تخرج 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 طُلِبَ حساب المجال عند موقع شحنة نقطية نزيل وجود هذه الشحنة ويكونة المجال ناتج عن الشحنات التي حولة .

أسئلة :-

س١ :- ماذا نعني بقولنا أنه المجال الكهربائي عند نقطة يساوي ٥ نيوتن / كولوم .

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

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

(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 (صـ) لانه الشحنة الموجبة تتاثر بقوة مع اتجاه المجال .

(ب) اذا وضع الالكترون 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 (صـ) اي عكس المجال لانه الالكترون سالب الشحنة .

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

الجواب :

$$ق = ك م$$

$$= (٣ \times ١٠^{-٦})(٤٠)$$

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

والقوة باتجاه عكس المجال اي (سـ) لانه الشحنة سالبة ..

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

س٥ :-

$س_ه = 2 \times 10^{-6}$ كولوم

بالاعتماد على الشكل :-

① أوجد مقدار واتجاه المجال عند (ه).

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

الحل :- ① نفرض وجود كتلة اختبار عند (ه) فيكون اتجاه المجال ($\overset{+}{س}$)

$$م = \frac{س_ه}{ف^2} = \frac{9 \times 10^{9} \times 2 \times 10^{-6}}{0.1^2}$$

$$= 18 \times 10^{5}\ نيوتن/كولوم$$

باتجاه ($\overset{+}{س}$)

② $س_ه = -2 \times 10^{-9}$

$$ق = س_ه \times م = 2 \times 10^{-9} \times 18 \times 10^{5}$$

$$= 36 \times 10^{-4}\ نيوتن\ (س)$$

س٦ :- ($ب$، $أ$) شحنتان نقطيتان مقدار كل منهما على الترتيب ($6128 - 7$) $\times 10^{-11}$ كولوم والمسافة الفاصلة بينهما ٤٠ سم ....

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

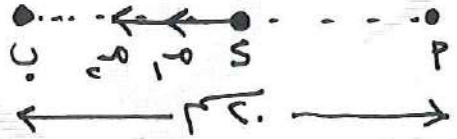
② اوجد مقدار واتجاه القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة ٢ بيكو كولوم توضع عند المنتصف.

③ اوجد مقدار واتجاه المجال عند نقطة تبعد ١٦ سم عن ($أ$) و ٣٦ سم عن ($ب$).

④ اوجد مقدار واتجاه المجال عند ($ب$).

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

① $س_ب = +128 \times 10^{-11}$ $\quad$ $س_ج = -72 \times 10^{-11}$



... افرض المنتصف (S)

$$م_1 = \frac{س_1}{ف^2} =$$

$$= \frac{9 \times 10^{9} \times 128 \times 10^{-11}}{0.4^2} = 1152\ نيوتن/كولوم$$

باتجاه ($س$)

$$م_2 = \frac{9 \times 10^{9} \times 72 \times 10^{-11}}{0.4^2} = 648\ نيوتن/كولوم$$

($س$)

لاحظ المجالين في نفس الاتجاه ⇐

لذلك $م_{(s)} = م_1 + م_2$

$= ١١٥٢ + ٦٤٨ = ١٨٠٠$ نيوتن/كولوم

باتجاه (ستـ) .

(٢) $س_2 = ١.٢ \times ١٠^{-١٢}$ م

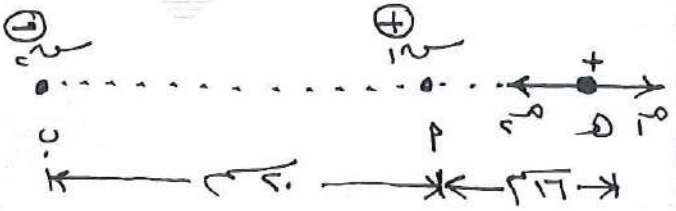
$م_{(s)} = ١٨٠٠$ نيوتن/كولوم

$ك = س_2 \times م_{(s)} = (١.٢ \times ١٠^{-١٢})(١٨٠٠)$

$= ١.٢٣٦ \times ١٠^{-١٠}$ جيوتن

باتجاه (ستـ) لان الشحنة موجبة .

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



$م_1 = ١.٩ \times \frac{١.١٢٨ \times ١٠^{-١١}}{١.٢٥٦ \times ١٠^{-٤}} = ٤٥٠$ نيوتن/كولوم (ستـ)

$م_2 = ١.٩ \times \frac{١.٢٧ \times ١٠^{-١١}}{١.٢٣٦ \times ١.٢٣٦ \times ١٠^{-٤}} = ٥٠$ نيوتن/كولوم (ستـ)

$م_هـ = م_1 - م_2 = ٤٥٠ - ٥٠$

$= ٤٠٠$ نيوتن/كولوم .

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

$س_1 = ١.٢٨ \times ١٠^{-١١}$ م

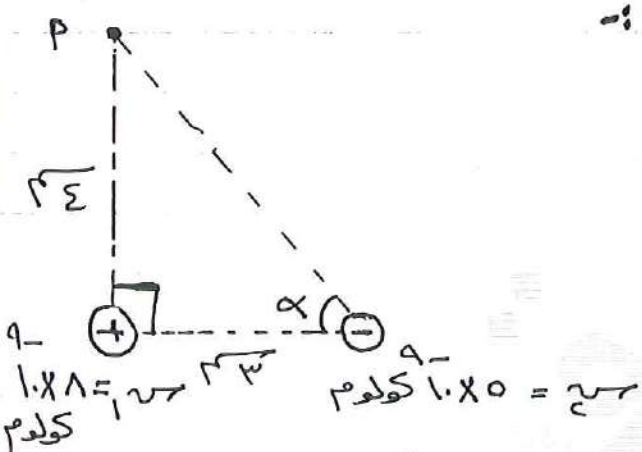
$س_2 = ١.٢٧ \times ١٠^{-١١}$ م

$م_{عند(أ)} = \frac{س_1}{ف^2} - P$

$= \frac{١.٩ \times ١.١٢٨ \times ١٠^{-١١}}{١.٤٠٠ \times ١٠^{-٤}}$

$= ٧٨٨$ نيوتن/كولوم (ستـ)

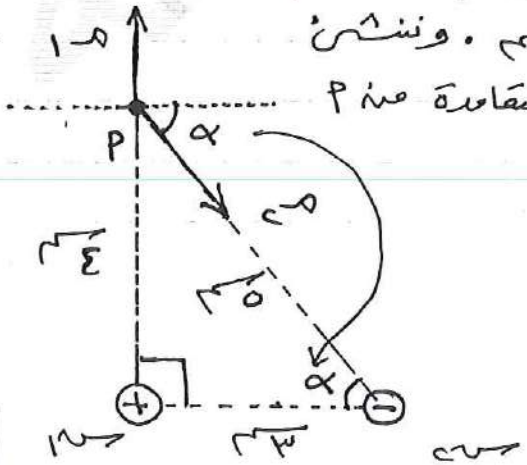
س٧ :-



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 القيم . ونشتق محاور متعامدة من P



$م_1 = 1.9 \times 10^{9} \times \frac{1.8 \times 10^{-9}}{1.16 \times 10^{-4}} = 1.4,5 \times 10^{4}$ نيوتن/كولوم باتجاه (ص+)

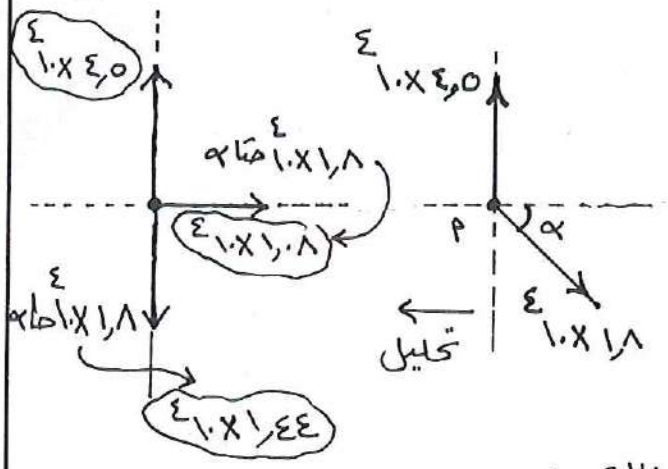
$م_2 = 1.9 \times 10^{9} \times \frac{1.5 \times 10^{-9}}{1.25 \times 10^{-4}} = 1.1,8 \times 10^{4}$ نيوتن/كولوم باتجاه يصنع زاوية (α) مع س+ كما في الشكل

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

لاحظ حسب المثلث :

$\sin\alpha = \frac{4}{5} = 0.8$

$\cos\alpha = \frac{3}{5} = 0.6$



لذلك :

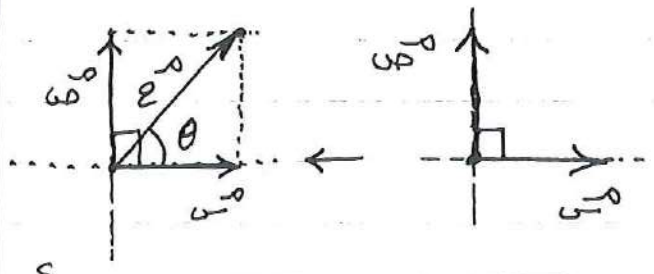
$م_س = 1.1,8 \times 10^{4} \leftarrow 1.1 \times 10^{4}$ نيوتن/كولوم (س+)

$م_ص = 1.4,5 \times 10^{4} - 1.1,44 \times 10^{4}$

$= 1.3,06 \times 10^{4} \leftarrow 1.3 \times 10^{4}$ نيوتن/كولوم (ص+)

ملاحظة التقريب حسب الكتاب

وهو تقريب جيد في حل مدم السماع باستخدام آله حاسبة في امتحان الوزارة .

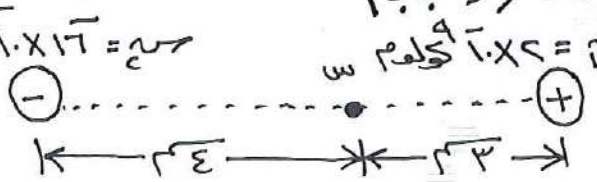


$م = \sqrt{م_س^2 + م_ص^2} = \sqrt{(1)^2 + (3)^2} \times 10^{4}$

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

الاتجاه : م يصنع زاوية θ كما في الشكل حيث $\tan\theta = \frac{م_ص}{م_س} = \frac{1.3}{1.1} = 3$

س٨ :- (واجب)



بالاعتماد على الشكل ... أوجد

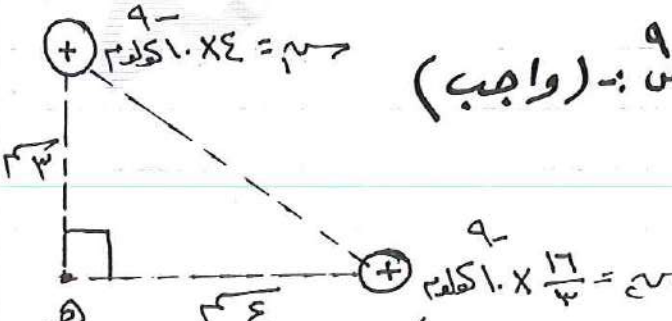
① المجال الكهربائي المحصل عند س مقداراً واتجاهاً .

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

الاجابة : ① $م_س = 1.11 \times 10^{4}$ نيوتن/كولوم (س+)

② 1.22×10^{-8} نيوتن باتجاه (س-)

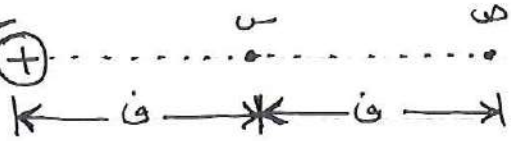
س٩ :- (واجب)



بالاعتماد على الشكل احسب محصلة المجال الكهربائي عند (هـ)

الجواب : 1.5×10^{4} نيوتن/كولوم ، $\tan\theta = \frac{4}{3}$

س١ :-



(س، ص) نقطتان تقعان في مجال (الشحنة (سـ) وضعت شحنة مقدارها (1×10^{-6}) كولوم عند النقطة (س) فتأثرت بقوة كهربائية مقدارها (8×10^{-3}) نيوتن أوجد :-

① مقدار واتجاه المجال عند س .

② القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة (-1×10^{-6}) كولوم توضع عند (ص) مقداراً واتجاهاً .

الحل :- ① سـ ، ف غير معلومتين ؟؟

لايجاد المجال عند (س) نستفيد من القوة الكهربائية

$$ق_ك = سـ \times م_{عند\ س}$$

$$م_س = \frac{ق_ك}{سـ} = \frac{8\times10^{-3}}{1\times10^{-6}}$$

$$م_س = 1\times8^{3}\ \text{نيوتن/كولوم}$$

باتجاه ($س^+$)

② نجد أولاً المجال عند (ص)

$$م_ص = \frac{ب\ سـ}{ف^2} = 1\times8^{3}$$

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

$$\therefore م_ص = \frac{1}{4}\times م_س = \frac{1}{4}\times1\times8^{3}$$

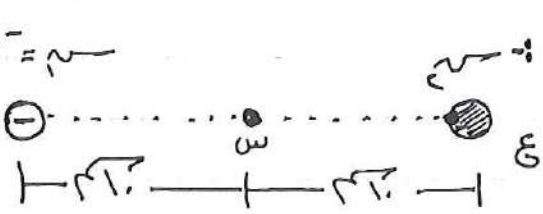
$$= 2\times10^{3}\ \text{نيوتن/كولوم}$$

باتجاه ($س^+$)

$$\therefore ق_ك = سـ \times م_ص = 1\times10^{-6}\times2\times10^{3}$$

$$= 2\times10^{-3}\ \text{نيوتن}\ (س^-)$$

س٢ :-



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

(ب) مساوياً 1×5^{4} نيوتن/كولوم باتجاه نحو (ع) أي ($س^-$)

(ا) مساوياً 1×5^{4} نيوتن/كولوم باتجاه ($س^+$) .

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

$$م_1 = ب\frac{سـ}{ف^2} = 9\times10^{9}\times\frac{2\times10^{-6}}{(1\times10^{-2})^2}$$

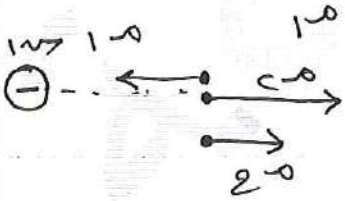
$$= 18\times1^{5}\ \text{نيوتن/كولوم}$$

باتجاه ($س^+$)

الآن نفكر كما يلي :

$م_1 = 18\times1^{5}$ نحو ($س^+$) والمجال المحصل $م_ح = 54\times1^{3}$ نحو ($س^+$)

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



$$م_ح = م_2 - م_1$$

$$54\times1^{3} = م_2 - 18\times1^{3}$$

$$م_2 = 72\times1^{3}\ \text{نيوتن/كولوم}\ (س^+)$$

وبما أنه $م_2$ نحو ($سـ$) لذلك فإنه $سـ$ سالبة

ولايجاد قيمتها ⇐

$م = \frac{ق}{ف^2}$

$٧٢ \times ١٠^{٥} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times س}{١٠٠ \times ١٠^{-٤}}$

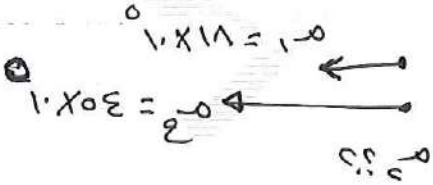
$س = ٨ \times ١٠^{-٦}$ كولوم ... (سالبة)

حل (ب) من ف ع م

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

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

إذاً لابد أن يكون $م_ع$ باتجاه (ت)

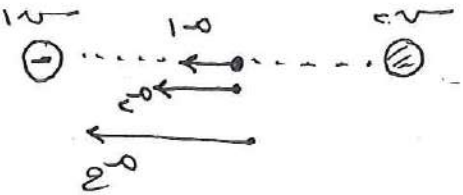


$\therefore م_ع = م_١ + م_ح$

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

$م_ح = ٣٦ \times ١٠^{٥}$ نيوتن/كولوم

باتجاه (ت)



بما أنه $م_ع$ خارج منه $س_ح$ (تنافر)

لذلك فإنه $س_ح$ نوعها موجب

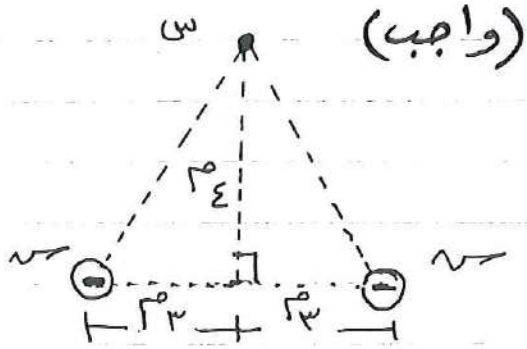
ولإيجاد قيمتها ...

$م = \frac{ق}{ف^2}$

$٣٦ \times ١٠^{٥} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times س_ح}{١٠٠ \times ١٠^{-٤}}$

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

س ١٢: (واجب)



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

الجواب :- ١٤,٤ نيوتن/كولوم (ت)

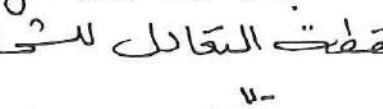
نقطة التعادل :-

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 $س_1 < س_2$)

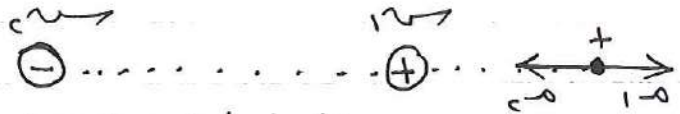


$م_1$ تعاكس $م_2$ ... ويجب أنها تكون ($م_1 = م_2$)

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 $س_1 = س_2$ ومتعاكسين في النوع فلا يوجد نقطة تعادل .

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

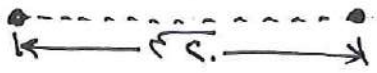
$م_1 = م_2 \times س_2 = س_2 \times$ صفر = صفر

لذلك فهي شحنة متزنة .

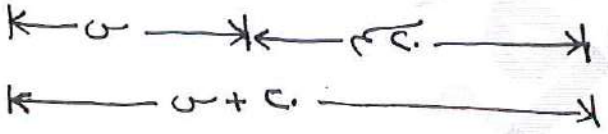
لذا تسمى نقطة التعادل نقطة الإتزان ... .

س ١ :- 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 :-

$م_1 = م_2$

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

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

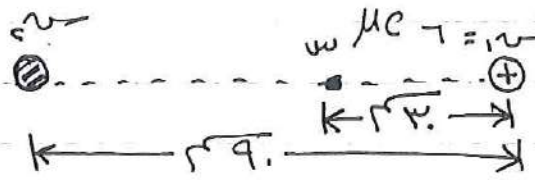
$\frac{٦٤}{(٢٠ + س)^2} = \frac{٣٦}{س^2}$ نأخذ الجذر للطرفين

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

$٢س = ١٢٠$

$س = ٦٠$ سم

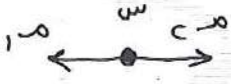
س٢ :-



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 ؟؟

$$\frac{م_1}{م_2} = \frac{سـ_1}{سـ_2} \times \frac{ف_2^2}{ف_1^2}$$

ف١ = ٣٠ سم

ف٢ = ٩٠ − ٣٠ = ٦٠ سم

$$\frac{١٠ \times ٦^{-٦}}{١٠ \times ٩٠^{-٤}} = \frac{سـ_2}{١٠ \times ٢٦٠^{-٤}}$$

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

سـ٢ = ٢٤ × ١٠^-٦ كولوم

س٣ :- سـ١ = سـ٢ ، سـ٣ = ٩ سـ٢

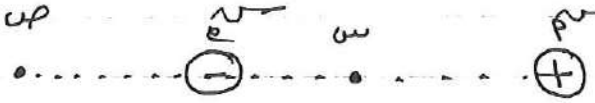
(واجب)

حدد موقع نقطة التعادل ؟

الجواب : بين الشحنتين وعلى بعد ٢/١ متر عن سـ١

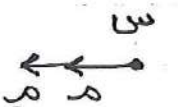
س٤ :- سؤال مفاهيمي

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



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

النقطة (س) :



م١ > م٢ لأنه

م باتجاه (يسار)

النقطة (ص) :

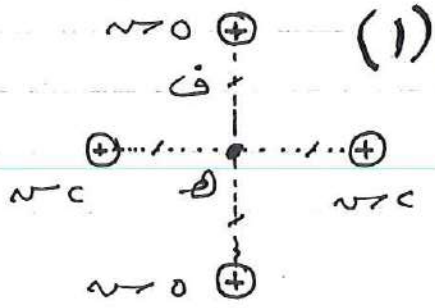
م٢ > م١ لأنه

(ص) أقرب للالكترون

لذلك م عند (ص) باتجاه (+س) .

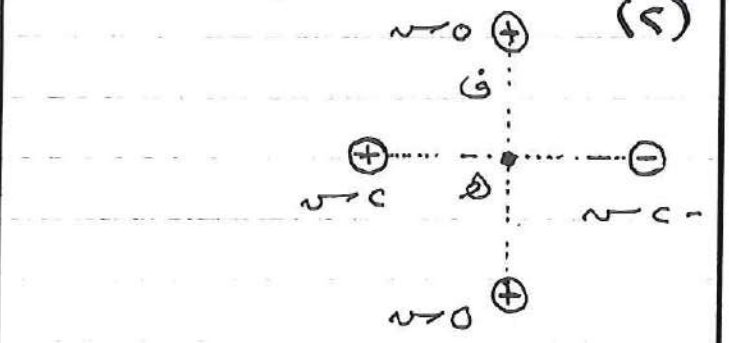
س٥ :- في كل مما يلي توزيعان مختلفة من الشحنات النقطية ، اذا كان (ف) يمثل بعد كل شحنة عن النقطة (هـ) فجد المجال الكهربائي المحصل مقداراً واتجاهاً عند (هـ) بدلالة (سـ ، ف)

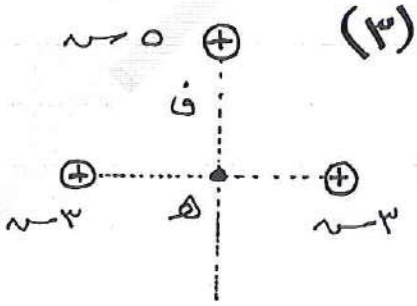
(أ)

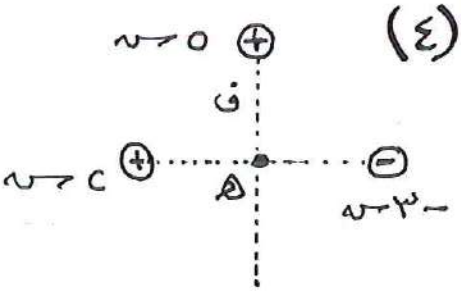


س :- ضع دائره حول رمز الاجابة الصحيحة في كل مما يأتي :-

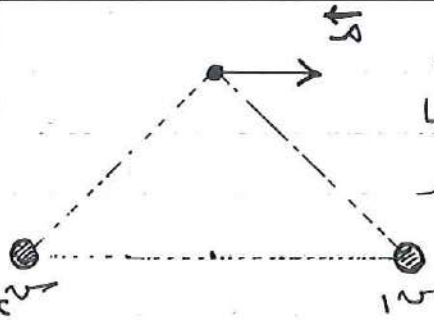
(١) يبين الشكل التالي اتجاه المجال الكهربائي المحصل عند نقطة تبعد عنه (سـ١، سـ٢) المسافة نفسها

(٢)


(٣)


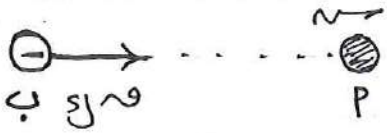
(٤)


اذا علمت أن الشحنتين لهما نفس المقدار فان :-



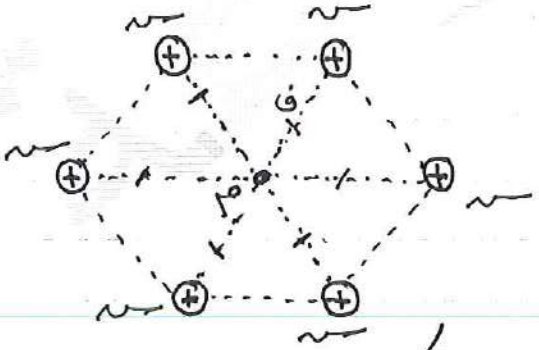
أ) سـ١ موجبة ، سـ٢ موجبة .
ب) سـ١ موجبة ، سـ٢ سالبة .
ج) سـ١ سالبة ، سـ٢ موجبة .
د) سـ١ سالبة ، سـ٢ سالبة .

(إرشاد : م محصل 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)

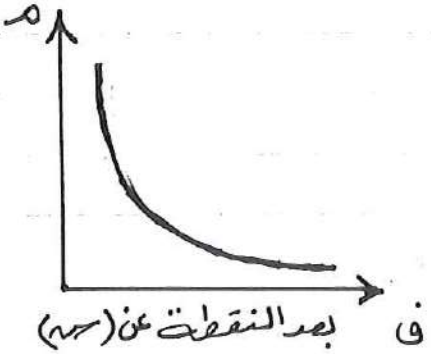
(٣)


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

أ) صفر ب) ٥ ($\frac{سـ}{ف^2}$)
ج) ٦ ($\frac{سـ}{ف^2}$) د) P $\frac{سـ}{ف^2}$.

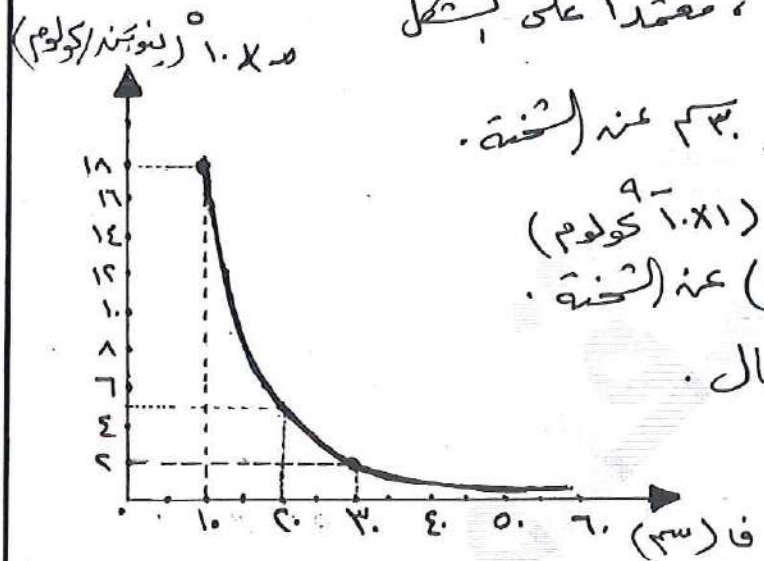
العلاقة البيانية بين المجال الكهربائي والبعد عن الشحنة

من خلال العلاقة ($م = \frac{ثـ}{ف^2}$) نلاحظ أن التناسب بين (م ، ف)



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

س٧ :- 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 كولوم$^{-٩}$) توضع عند نقطة تبعد (٣٠ سم) عن الشحنة.

ج) الشحنة الكهربائية المولدة للمجال.

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

ب) $ق = ث \times م$

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

$م = \frac{ث}{ف^2}$ .... $م = ١٠ \times ٢$ نيوتن/كولوم^{٥} عندما ف = ٣٠ سم

$\frac{ث}{(٠,٣)^2} = ١٠ \times ٢^{٥}$ ⇐ $ث = ١٠ \times ١٨٠٠^{١}$

$ث = ١٠ \times ١٨^{٣}$

ولايجاد (م) على بعد ٤٠ سم

$م = \frac{ث}{ف^2} = \frac{١٠ \times ١٨^{٣}}{١٠ \times ٤٠٠^{-٤}} = ١٠ \times ٤,٥^{٥}$ نيوتن/كولوم

$\therefore ق = ث \times م$

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

ج) من فرع (ب) $ث = ١٠ \times ١٨^{٣}$

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

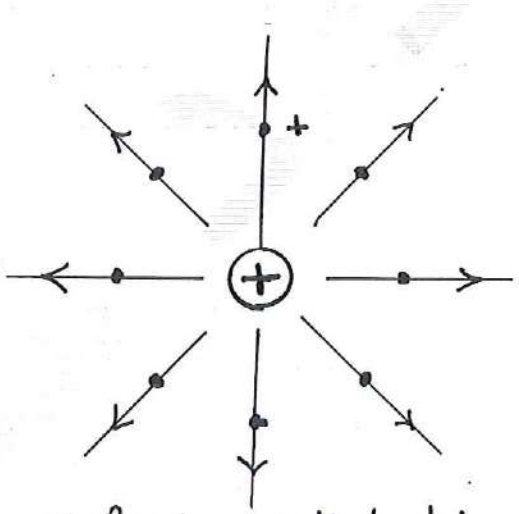
$ث = ١٠ \times ٢^{-٦}$ كولوم .

ويمكنك حساب قيمة (ث) ايضاً من قيمة المجال على بعد ٦٠ سم ...
حاول ذلك بنفسك .

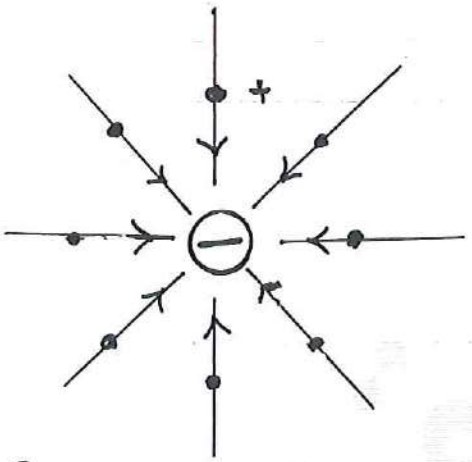
خطوط المجال الكهربائي

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 ؟

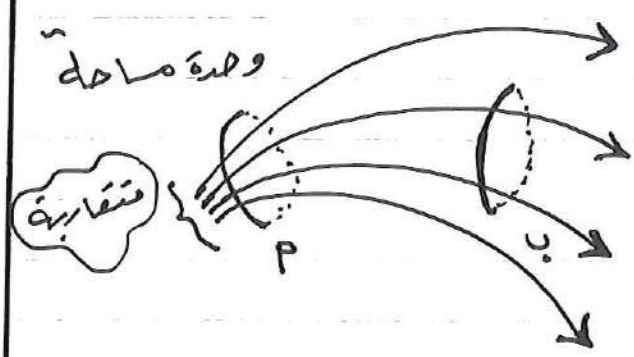
لان شحنة الاختبار تتنافر مع الشحنة الموجبة وتتجاذب مع السالبة .

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



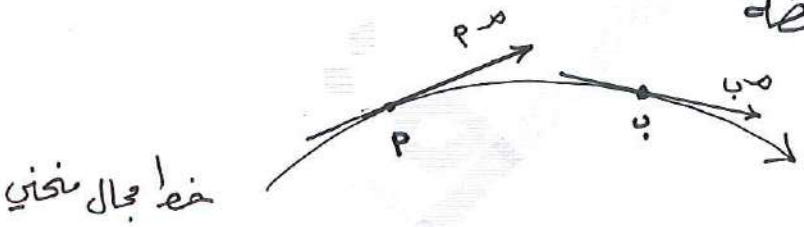
نلاحظ أن كثافة الخطوط عند (P) أكبر منه بكثافة عند (ب) .

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

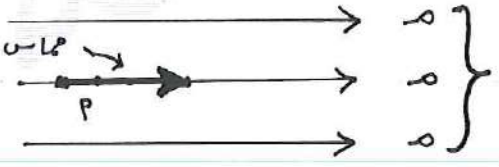
توضيح :



ملاحظات :-

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

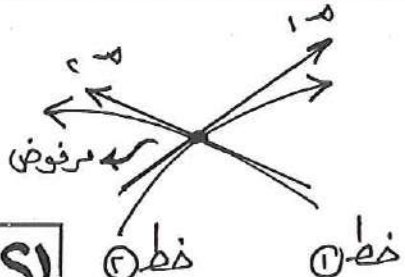
ب- اذا كان خط المجال مستقيم لاداعي لرسم مماس لان خط المجال يدل على اتجاه المجال .



← 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) .



س : - كيف يمكنه 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 اي نقطة على خط المجال يكون اتجاه المجال باتجاه المماس لخط المجال عند تلك النقطة .

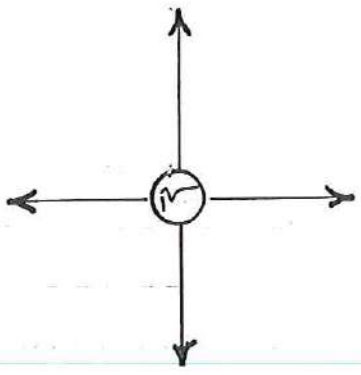
قاعدة هامة : عدد خطوط المجال الخارجة من الشحنة الموجبة أو الداخلة الى الشحنة السالبة تتناسب طردياً مع مقدار تلك الشحنة .

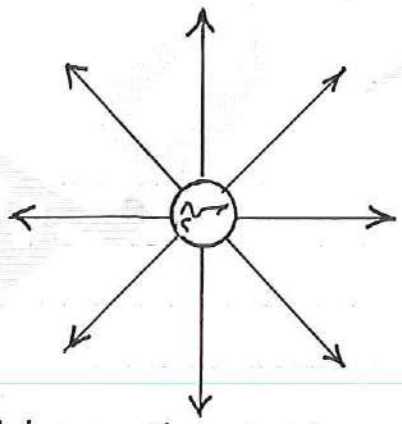
وبناءً على ذلك فان :

(نسبة عدد الخطوط) = (نسبة قيم الشحنات)

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

توضيح :

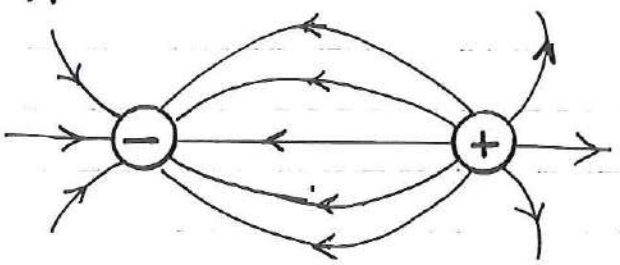




* واضح من الشكل : ① $ش_2 > ش_1$ (لانه عدد خطوط $ش_2$ اكبر من عدد خطوط $ش_1$)

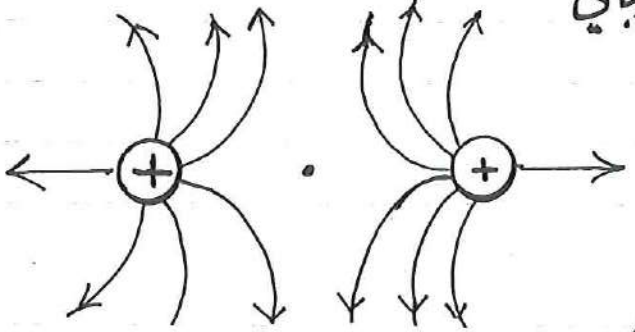
② $\frac{ش_2}{ش_1} = \frac{٨}{٤} \Leftarrow$ ($ش_2 = ٢ش_1$)

أشكال إضافية لخطوط المجال الكهربائي



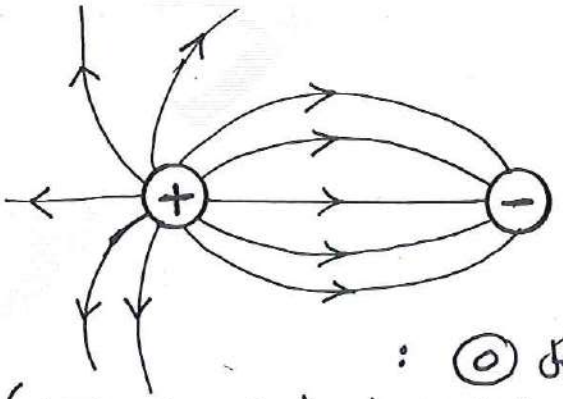
شكل (٣): خطوط المجال لـ (+ش٣، -ش٣)
شحنتين متساويتين مقداراً ومختلفتين نوعاً.

تذكر: هنا لا يوجد نقطة تعادل.

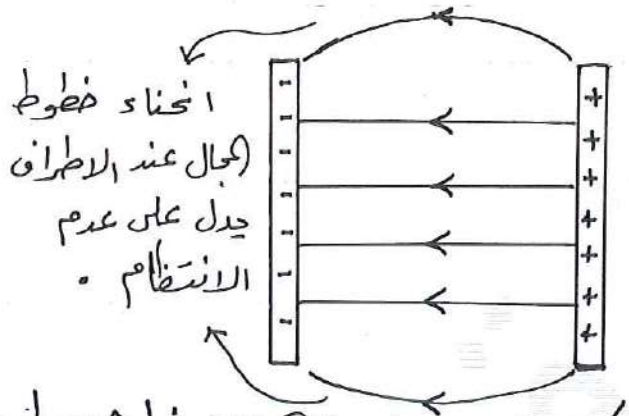


شكل (٤): خطوط المجال لـ (+ش٣، +ش٣)
شحنتين متماثلتين في المقدار والنوع.

تذكر: نقطة المنتصف هي نقطة تعادل



شكل (٥):
خطوط المجال لـ (+٤ش٣، -ش٣)
شحنة موجبة ضعف شحنة سالبة



شكل (٦): خطوط المجال بين لوحي مواز
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 والمسافات الفاصلة بينها متساوية.

س :- أين يمكن الحصول على مجال منتظم؟

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

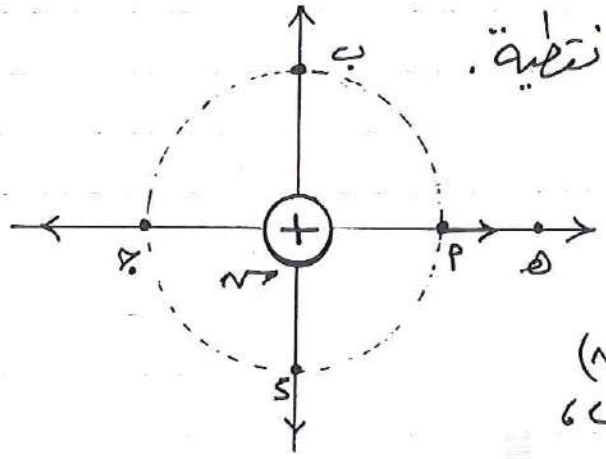
(أو) بين لوحي مواز

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 .



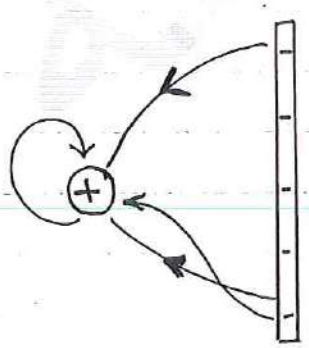
نلاحظ مايلي :-

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 .

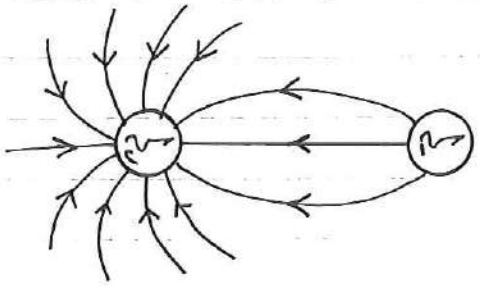
النتيجة : طالما المجال الناجم عن الشحنة النقطية غير ثابت في المقدار والاتجاه فهو مجال غير منتظم .

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 سم
موقع نقطة التعادل .

حساب المجال الكهربائي المنتظم

(مقدمة) اذا شُحنت صفيحة موصلة (فلزية) فانه الشحنة تتوزع على سطحها بانتظام، أي أن كل وحدة مساحة (1 م^2) تحمل نفس كمية الشحنة.

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

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

س: شحنة الموصل (الصفيحة).

P: مساحة سطح الموصل (الصفيحة).

مثال :- صفيحة فلزية مربعة طول ضلعها (5 سم) شحنت بشحنة مقدارها (100 نانو كولوم) فتوزعت عليها بانتظام أوجد مقدار الكثافة السطحية للشحنة.

الجواب: $\sigma = \frac{س}{P}$

$= \frac{100 \times 10^{-9}}{25 \times 10^{-4}}$

$= 4 \times 10^{-5}$ كولوم/م^2

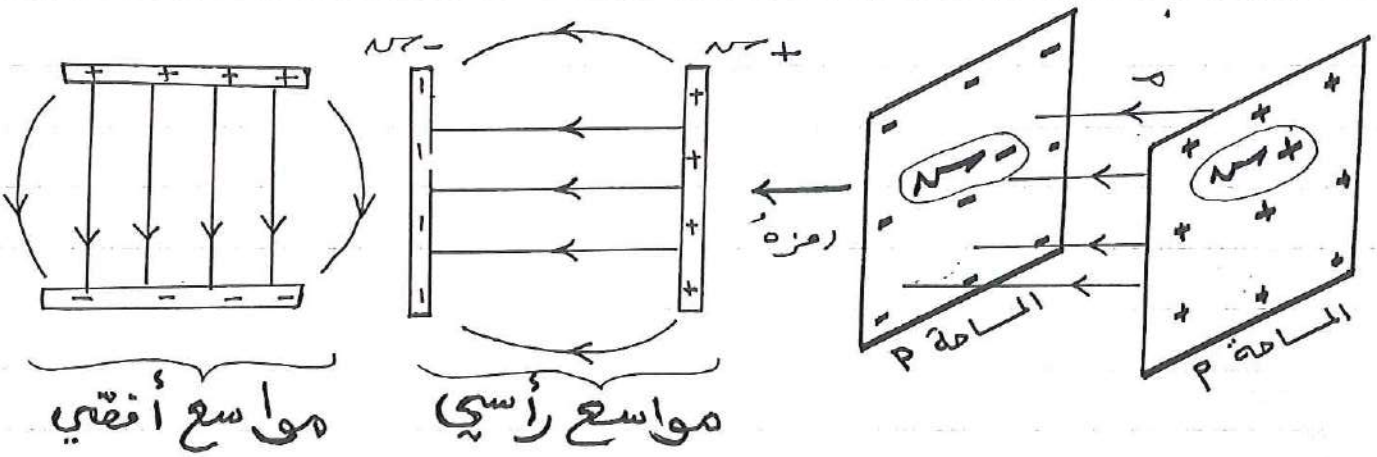
حساب المساحة (P):

$P = 5 \times 5 = 25$ سم^2

$= 25 \times 10^{-4}$ م^2

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 أنه المجال بين الصفيحتين وبعيداً عنه الأطراف هو مجال منتظم ... كما هو موضح في الأشكال التالية.



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

$$م = \frac{ص}{\varepsilon_{.} \times س}$$

حيث :-
ص : كثافة الشحنة السطحية على كل صفيحة .
$\varepsilon_{.}$: 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 مساحة $(١٠X١)^{-٢}$ م^{٢} شحنت احداهما بشحنة موجبة والاخرى سالبة وكانت الشحنة على كل صفيحة $(١٠X١,٧٧)^{-٩}$ كولوم) اذا علمت أن $(\varepsilon_{.} = ١٠X٨,٨٥^{-١٢})$ كولوم^{٢}/ نيوتن.م^{٢} .. احسب مقدار :-

① المجال الكهربائي بين الصفيحتين .
② القوة الكهربائية المؤثرة على شحنة $(١٠X١)^{-٩}$ كولوم توضع بينهما .
③ مقدار المجال عندما تتضاعف الشحنة على كل صفيحة مع بقاء مساحة الصفيحتين ثابتة .

الحل :- ① نجد $\sigma = \frac{س}{ف} = \frac{١,٧٧ \times ١٠^{-٩}}{١ \times ١٠^{-٢}} = ١,٧٧ \times ١٠^{-٧}$ كولوم/م^{٢} .

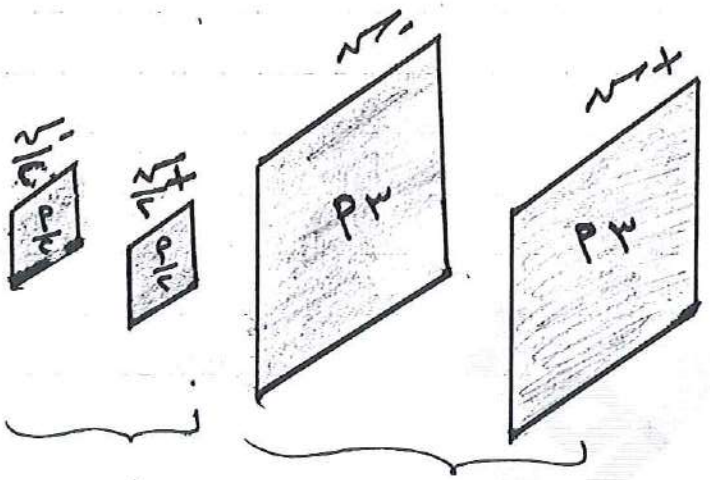
$م = \frac{\sigma}{\varepsilon_{.}} = \frac{١,٧٧ \times ١٠^{-٧}}{٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢}} = ٢ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/كولوم .

② $ف_{ك} = س \, م = (١ \times ١٠^{-٩})(٢ \times ١٠^{٤}) = ٢ \times ١٠^{-٥}$ نيوتن باتجاه المجال لأنه الشحنة موجبة.

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

∴ تصبح $م = ٤ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/كولوم .

٤ س :- 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 $\Leftarrow م \propto س$.

لذلك نحسب (س) لكل حالة :-

$س_{أ} = \frac{س_{أ}}{ف} = \frac{س}{ف} = \frac{١}{٣}(\frac{س}{ف})$.

$س_{ب} = \frac{س_{ب}}{ف} = \frac{\frac{س}{٢}}{\frac{ف}{٢}} = (\frac{س}{ف})$

بما أن $س_{ب} > س_{أ}$

لذلك $م_{ب} > م_{أ}$ //

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

حركة شحنة في مجال كهربائي منتظم

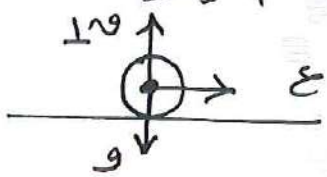
اذا وضع جسيم مشحون كتلته (ك) في مجال كهربائي منتظم (م) فانه سيتأثر بقوة كهربائية ثابتة مقداراً واتجاهاً واذا عملت هذه القوة على تحريكه فانه سيتحرك بتسارع ثابت المقدار والاتجاه وكسب هذا التسارع تعتمد على قانون نيوتن الثاني :

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

ملاحظة : نهمل الوزن للجسيم المتحرك في حالتين ...

① في حالة الجسيمات الذرية (بروتونات أو إلكترونات) تكون ($ق_و$) 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 ($ق_ل$ تلغي الوزن) ⇐

وفي حالة إهمال الوزنه فان :-

$\vec{ق}_{محصلة} = \vec{ق}_ل = ك \vec{ت}$ لكنه $\vec{ق}_{محصلة} = ك \vec{ت}$

ومنه ⇐ $ك \vec{ت} = ك \vec{ت}$ ⇐

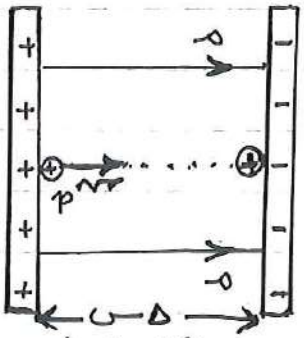
$$\vec{ت} = \frac{ك \vec{ت}}{ك}$$

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

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

① $ع = ع. + ت ز$
② $\Delta س = ع. ز + \frac{1}{2} ت ز^2$
③ $ع^2 = ع.^2 + 2 ت \Delta س$

س٥ :- تحرك بروتونة منه السكون في مجال كهربائي منتظم مقداره (١٦٧٠) نيوتن/كولوم من الصفيحة الموجبة الى الصفيحة السالبة وأصبحت سرعتها ($١٠\times٢,٤^{٥}$) م/ث



بعد قطعها إزاحة (Δس)، اذا علمت أن كتلة البروتون ($١٠\times١,٦٧^{-٢٧}$) كغم وشحنته ($١٠\times١,٦^{-١٩}$) كولوم. فاحسب :-

① تسارع البروتون.

② الزمن المستغرق للوصول الى الصفيحة السالبة.

③ الازاحة التي قطعها البروتون.

(حل : ①) $ت = \frac{جـ \times م}{ك} = \frac{١٠\times١,٦^{-١٩} \times ١٦٧٠}{١٠\times١,٦٧^{-٢٧}}$

$ت = ١٠\times١,٦^{١١}$ م/ث^{٢} باتجاه (+س)

② $ع = ع_{.} + ت ز$

$١٠\times٢,٤^{٥} = ٠ + ١٠\times١,٦^{١١} \times ز$

$\therefore ز = ٢\times١٠^{-٦}$ ث.

③ $Δس = ع_{.} ز + \frac{١}{٢} ت ز^{٢}$

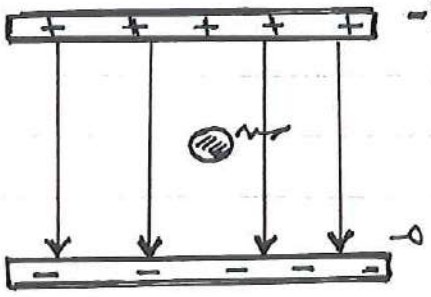
$= ٠ + \frac{١}{٢} \times ١٠\times١,٦^{١١} \times (٢\times١٠^{-٦})^{٢}$

$= ٣٢$ متر.

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

$ع = \sqrt{\frac{٢ \times م \times Δس}{ك}}$.

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 (جـ = ١٠ م/ث^{٢})، فاجب عما يلي :-

① ما نوع شحنة الجسيم.

② احسب مقدار المجال المنتظم.

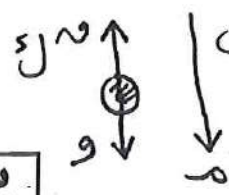
③ لو كانت مساحة الصفيحة لواحدة (١٠٠) سم^{٢} اوجد كثافة الشحنة السطحية لكل صفيحة.

اعتبر $ε_{.}$ = $١٠\times٨,٨٥^{-١٢}$ كولوم^{٢}/نيوتن.م^{٢}

④ اذا نقصت مساحة كل صفيحة الى النصف كيف تغير الشحنة على كل صفيحة حتى يبقى الجسم متزن.

(الحل :

① وزن الجسم باتجاه (-ص) وحتى يتزن الجسم يجب أن يتأثر بقوة كهربائية باتجاه (+ص)



وبما أنه ق ل عكس المجال هذا يعني أن الشحنة سالبة.

(٢) بما أنه الجسيم متزن ، فان :-

$\vec{F}_{ك} = \vec{و}$

$س م = ك ع$

$١٠ \times ٣ ^{-٩} م = ١٠ \times ٣ ^{-٥}$

$م = ١٠ \times ١ ^{٥}$ نيوتن/كولوم

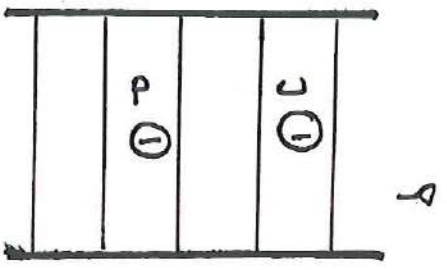
(٣) $م = \frac{ص}{ع_{.}} \Leftarrow ١٠ \times ١ ^{٥} = \frac{ص}{١٠ \times ٨,٨٥ ^{-١٢}}$

$ص = ١٠ \times ٨,٨٥ ^{-٧}$ كولوم/م^{٢} .

(٤) حتى يبقى الجسم متزن يجب الحفاظ على مقدار واتجاه المجال ($م = \frac{ص}{ع_{.}}$) 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 :-



اتزن جسيم (P) شحنته ($س$) وكتلته ($ك$) في مجال كهربائي منتظم كما في الشكل اعلاه ادرس الشكل واجب عن 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 إحدى صفيحتيه فهل يبقى (P) محافظاً على اتزانه فسر اجابتك ؟

الجواب :

(P) الجسيم (P) متزن لذلك فانه $\vec{F}_{ك} = \vec{و}_{P}$ 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 أن الصفيحة العلوية موجبة والسفلية سالبة.

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

$ك_{ب} > ك$ لذلك $و_{ب} > و_{P}$

بما أنه $س م = س م$ لذلك

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

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

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

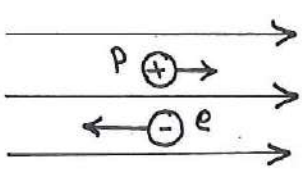
$\therefore و_{ب} > \vec{F}_{ك}$ على (ب)

لذلك لن يتزن الجسيم (ب) .

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

لذلك لكي يبقى p متزناً .

س٨ :-



يبين الشكل مجالاً كهربائياً منتظماً يتحرك فيه الكترون وبروتون اذا كانت كتلة الالكترون تعادل $(\frac{1}{1840})$ من كتلة البروتون ..

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

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

الجواب :- $ق_{على\ p} = ش_p \times م$

(أ) $ق_{على\ e} = ش_e \times م$

م منتظم $\Leftarrow ش_p = ش_e$

$\therefore \frac{ق}{ك}_{على\ (p)} = \frac{ق}{ك}_{على\ (e)}$.

يتأثران بنفس مقدار القوة .

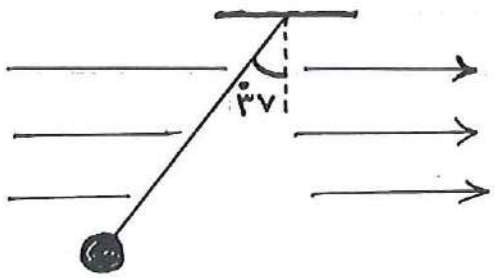
(ب) $ت = \frac{ق}{ك}$ ← (متساوية)

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

بما أنه $ك_e < ك_p$

لذلك فانه $ت_e > ت_p$.

س٩ :-



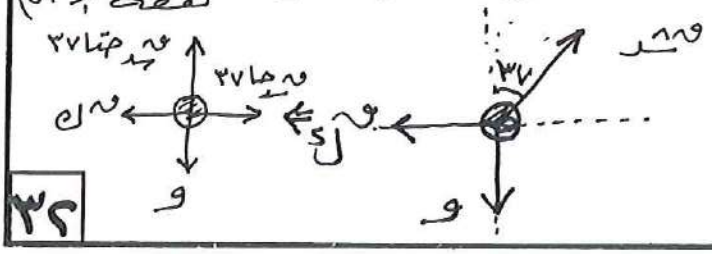
جسيم معلق رأسياً بواسطة خيط كتلته (١ غرام) أثر عليه مجال كهربائي منتظم فانحرف بزاوية ٣٧° عن الاتجاه الرأسي ثم اتزن اذا كانت قيمة المجال (٣×١٠^{٣}) نيوتن/كولوم اوجد مقدار ونوع شحنة الجسيم

اعتبر $(جا ٣٧ = ٠,٦ ، جتا ٣٧ = ٠,٨)$

$ق = ١٠ م/ث^{٢}$

الحل : طالما انحرف الجسيم عكس المجال لذلك فانه شحنته سالبة

نحدد القوى المؤثرة عليه (اعتبر الجسيم نقطة مادية)



بما أنه الجسم متزن لذلك فإن :-

$ق_{ك} = ق_{ك} جا ٣٧$ ... ①

$و = ق_{ك} جتا ٣٧$ ... ②

بقسمة المعادلة الاولى على الثانية

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

ومنه $ق_{ك} = \frac{٣}{٤} \times و$

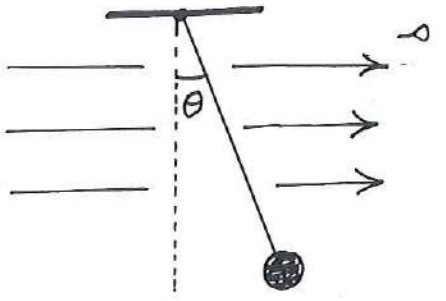
$\leftarrow$ $ن = \frac{٢}{٤} ك ؟$

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

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

(سالبة).

مثل :- (واجب)

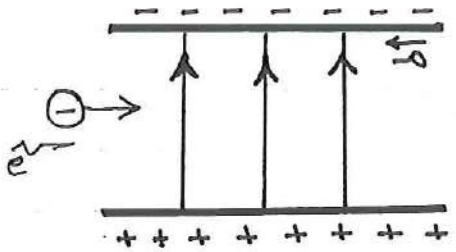


كرة صغيرة مشحونة شحنتها (ن) وزنها (و) علقت بخيط داخل مجال كهربائي منتظم ، فاتزنت كما هو مبين في الشكل أثبت أن :

$$ظا \theta = \frac{و}{ن}$$.

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

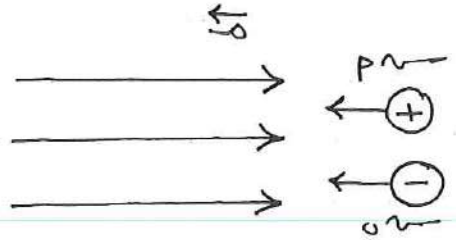
ج) السيني الموجب د) السيني السالب.

(٢) ينشأ مجال كهربائي منتظم بين صفيحتين مشحونتين بشحنتين (+سم ، -سم) فاذا أصبحت مساحة الصفيحتين نصف ما كانت عليه وقلت 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 :-

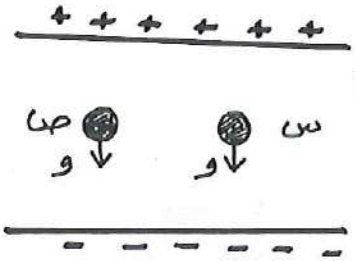
(١) في على (P) باتجاه (+س) مع المجال لانه سم موجبة.

في على (ب) باتجاه (-س) عكس المجال لانه سم سالبة.

(٢) في على (P) (+س) عكس اتجاه حركته لذلك ستعمل على إبطاء سرعته.

في على (ب) باتجاه (-س) 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 ⇐ ق ك نحو (ص+)

ق ك عكس م ⇐ جسم ش (سالب) .

وبما أنه (ص) تحرك للأعلى لذلك فإنه

ق ك باتجاه (ص+) أي عكس المجال (م)

لذلك جسم ص (سالب)

② ق ك على (س) = و (س)

لها لذلك فإن س ساكنة .

ق ك على (ص) > و (ص)

بدليل الحركة للأعلى .

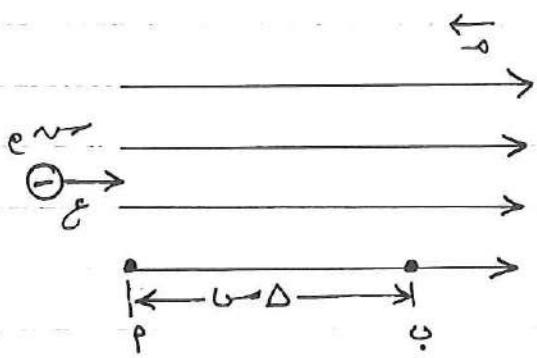
∴ ق ك على (ص) > ق ك على (س)

ك ك ك ك

∴ ص > س .

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

س ١٤ :-



الكترونة يتحرك باتجاه (س+) 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 ك = ٩×١٠^{-٣١} كغم) .

الحل : ت = $\frac{\text{م}}{\text{ك}} = \frac{١ \times ١٠^{٣} \times ١ \times ١٠^{١٦}}{٩ \times ١٠^{-٣١}}$

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

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 (س+) ، ت (س+)

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

لأنه يمثل تباطؤ

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

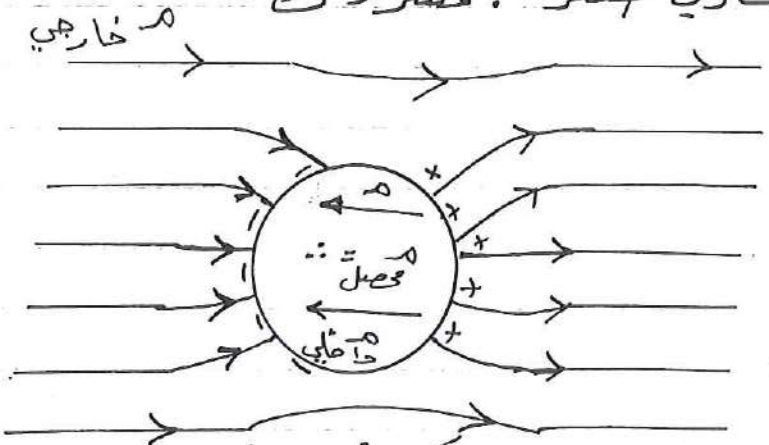
⇐ $\frac{-٦٤ \times ١٠^{١٢}}{-٢٤} = \frac{-٢٤}{٩} \times ١٠^{١٤}$ ٥ س

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

س ١ :- 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 .

س ٢ :- 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 ، لان المجال الخارجي لا يخترقه الموصلات .

س ٣ :- 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 وآخر مغناطيسي ولان الاناء الفلزي يمنع المجال الخارجي من اختراقه لذلك لن تصل الامواج للهاتف فلا يتم الاتصال .

س ٤ :- أيهما اكثر امانا البقاء داخل سيارة خلال عاصفة مصحوبة بالبرق ، أم الخروج منها ؟

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