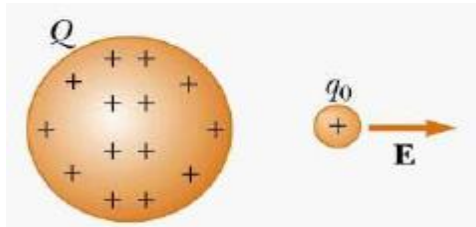
محاضرة 2

المجال الكهربى :

يعرف المجال الكهربى عند نقطه ما بأنه القوة الكهربية التى تؤثر على شحنه أختيارية q_0 test charge موضوعه عند هذه أى أن $\overline{E} = \frac{\overline{F}}{q_0}$ ويقصد بالمجال الكهربى المنطقة المحيطة بالشحنة الكهربية والتى تظهر فيها أثاره الكهربية على هذه الشحنة مثل تأثير مجال الجاذبية الأرضية على جسم موجود فى هذا المجال.



القوى الكهربية بين الشحنتين q_1, q_0

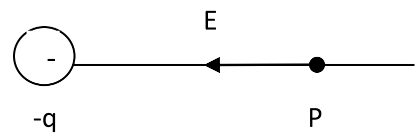
$$F = K_e \frac{q_1 q_0}{d^2}$$

القوى الكهربية لوحدة الشحنات

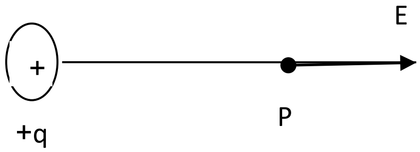
$$\overline{E} = \frac{\overline{F}}{q_0}$$

$$= K_e \frac{q}{r^2} \quad N/C$$

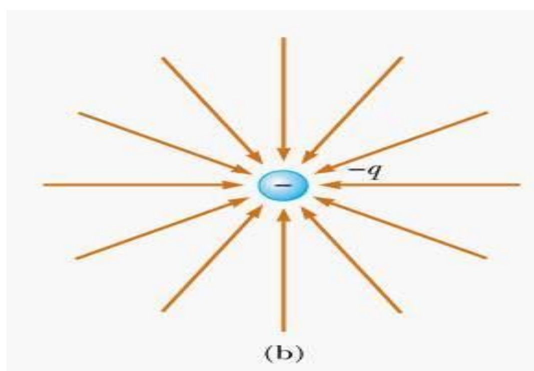
اتجاه المجال الكهربى للخارج إذا كانت الشحنة q موجبة ، أما اذا كانت q سالبة فان اتجاه المجال يكون مباشرة نحو الشحنة q أى للداخل .



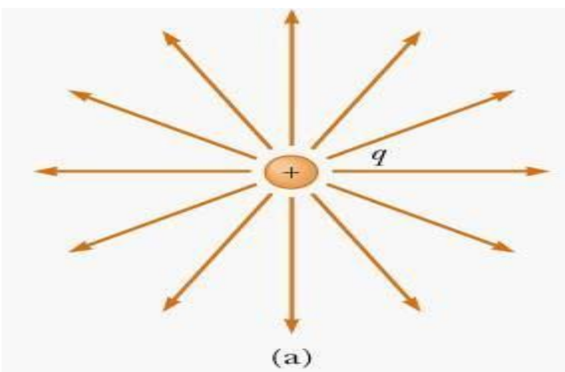
اتجاه المجال للداخل



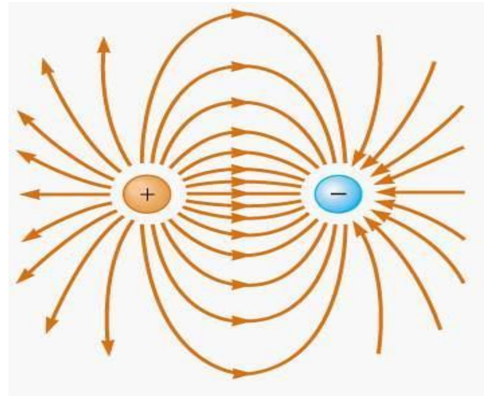
اتجاه المجال للخارج



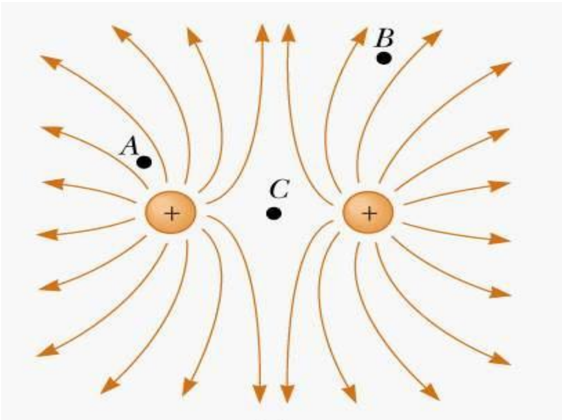
مجال شحنة سالبة



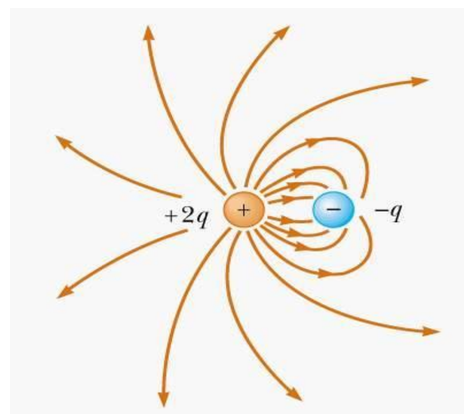
مجال شحنة موجبة



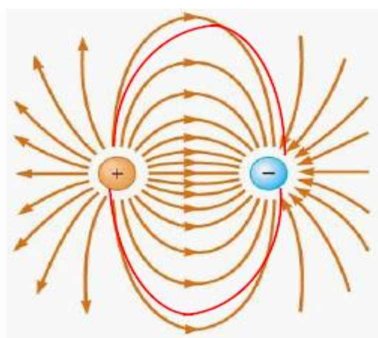
مجال شحنتين مختلفتين

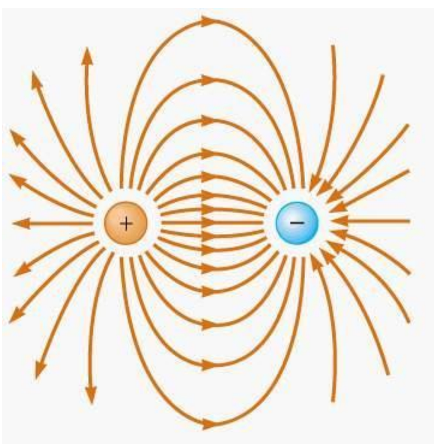


مجال شحنتين متماثلتين

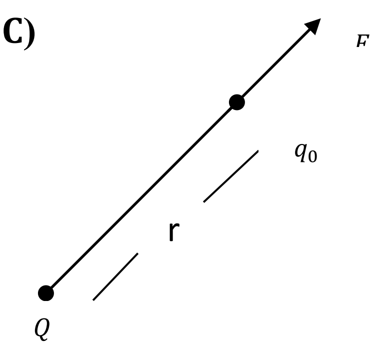


مجال شحنتين $2q$, $-q$





<u>**المجال الكهربى عند نقطه :**</u> **يعرف المجال الكهربى ∈عند نقطة ما بأنه القوة الكهربية المؤثرة على وحدة الشحنات الموضوعة عند تلك النقطة ($q_0 = 1C$)**

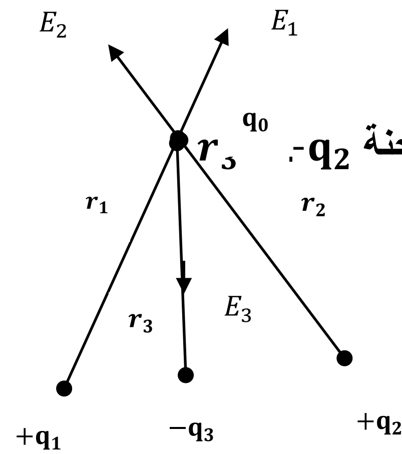


$$F = k_e \frac{Qq_0}{r^2}$$

$$E = F/q_0$$

$$E = k_e \frac{Q}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2} \quad N/C$$

<u>المجال الكهربى لمجموعة من الشحنات:</u>



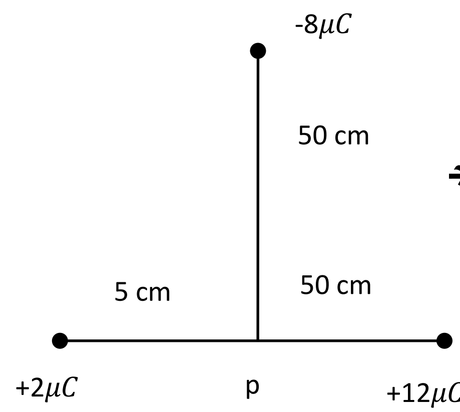
بفرض q_0 شحنة اختبار موجبة على بعد r_1 من الشحنة $+q_1$ ، r_2 من الشحنة $-q_2$ ، r_3 من الشحنة الثالثة $-q_3$

$$\overline{E} = k_e \frac{q_1}{r_1^2}\widehat{r_1} + k_e \frac{q_2}{r_2^2}\widehat{r_2} + k_e \frac{q_2}{r_3^2}\widehat{r_3}$$

$$= \overline{E_1} + \overline{E_2} + \overline{E_3} = k_e \sum_i \frac{q_i}{r_i^2}\ \widehat{r_i}$$

حيث $\widehat{r_i}$ هو متجه وحدة يعطى اتجاه المجال $\hat{E}$

مثال : احسب المجال الكهربى عند النقطة p الناتج من الثلاث شحنات كما بالرسم

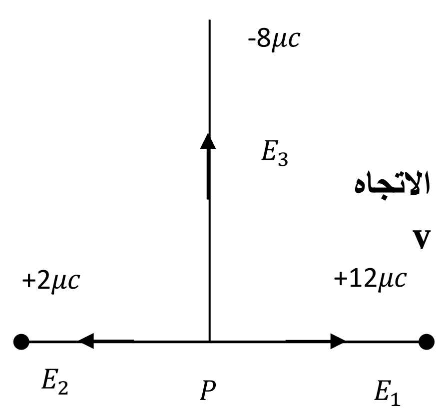


الحل

فى البداية نقوم بترقيم الشحنات ثم بعد ذلك نحدد اتجـ المجال عند كل شحنة عند النقطة p

$$\overline{E_P} = \overline{E_1} + \overline{E_2} + \overline{E_3}$$

$$= E_1\, \underline{i} - \ E_2\, \underline{i} + \ E_3\, \underline{j}$$



حيث المجال E_1 فى الاتجاه الموجب لمحور x والمجال E_2 فى الاتجاه السالب لمحور x ، E_3 فى الاتجاه الموجب لمحور y

$$\overline{E_x} = E_1\, \underline{i} - \; E_2\, \underline{i} = 9 \times 10^9 \left(\frac{2\times10^{-6}}{(50\times10^{-2})^2} - \frac{12\times10^{-6}}{(50\times10^{-2})^2} \right)$$

$$= -36 \times 10^4\, \underline{i}\; N/C$$

أى أن محصلة مركبه المجال فى محور x تكونفى الاتجاه السالب

$$E_y = 9 \times 10^9 \left(\frac{8 \times 10^{-6}}{(50 \times 10^{-2})^2} \right) = 28.8 \times 10^4\; N/C\;\; \underline{j}$$

وحيث أن المركبين $E_x = -$ ، $E_y = +$ فتكون بالتالى فى الربع الثانى

$$E = \sqrt{(36 \times 10^4)^2 + (28.8 \times 10^4)^2}$$

$$= 46.1\;\; N/C$$

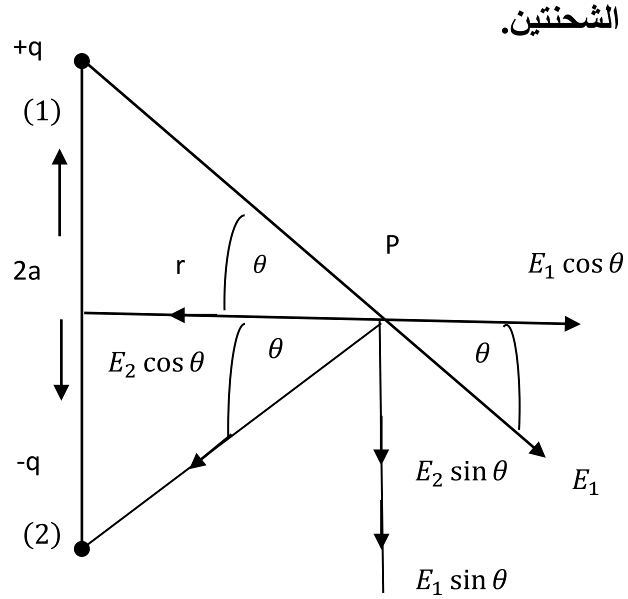
$$\emptyset = \tan^{-1} \frac{E_y}{E_X} = 39.0^0$$

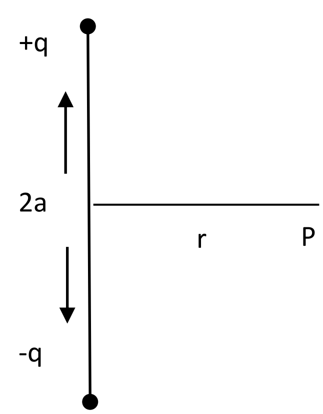
وبالتالى يكون ميل المحصلة على الاتجاه الموجب لمحور x

$$\theta = 180^0 - 39.0^0 = 141^0$$

<u>ثنائى القطب الكهربى:</u>

عبارة عن شحنتين كهربيتين متساويتين فى القيمة ومختلفتين فى الاشاره والمطلوب حساب المجال الكهربى عند النقطة P *والتى تبعد* r عن العمود المنصف للمسافة بين الشحنتين.





$$\overline{E_P} + \overline{E_1} + \overline{E_2}\ \ , E_1 = E_2 = 9 * 10^9 \frac{q}{(r^2+a^2)}$$

$$E_X = E_1 \cos\theta - E_2 \cos\theta = 0$$

$$E_y = 2E_1 \sin\theta = 2E_2 \sin\theta$$

$$= 9 \times 10^9 \frac{2q}{(r^2+a^2)}\ , \frac{a}{\sqrt{r^2+a^2}} = 9 \times 10^9\ \frac{2qa}{(r^2+a^2)^{3/2}}$$

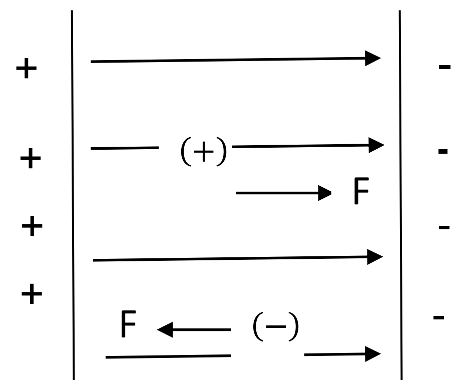
فى حالة $r > a$ أى أن $r^2 \gg \mathrm{a}^2$ فيمكن اهمال a^2 مقارنه بـ r^2

$$E_P = E_y = 9 \times 10^9 \frac{2qa}{r^3} \downarrow$$ راسب لاسفل

أى أن المجال الكهربى لثنائى القطب يتناسب عكسياً مع r^3 ويسمى المقدار $2qa$ بعزم ثنائى القطب الكهربى عند وضع شحنه كهربيه فى مجال كهربى منتظم كالموجود بين لوحى بطارية فان الشحنه ستتأثر بقوة كهربية F تجعلها تتحرك فى اتجاه المجال اذا كانت شحنه موجبه وعكس اتجاه المجال إذا كانت شحنه سالبه

$$\overline{F} = q\,\overline{E}$$

$$\overline{F} = q\,E$$



وهذه القوه سوف تكسب الشحنه عجلة

$$\overline{F} = q\,\overline{a} = q\,\overline{E}$$

$$\overline{a} = \frac{q\,\overline{E}}{m}$$

- وإذا كانت حركه الشحنة موازية للمجال فإن معادلات الحركة

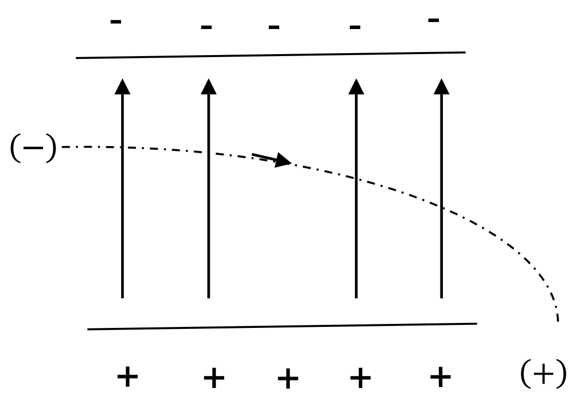
$$\mathrm{x} - \mathrm{x}_0 = v_0\,\mathrm{t} + \frac{1}{2}\,\mathrm{a\,t}^2\ \ , v = v_0 + \mathrm{a\,t}\ , v^2 = v_0^2 + 2\mathrm{a}\,(\mathrm{x} - \mathrm{x}_0)$$

واذا كانت الحركه من السكون أى ان

$$x_0 = 0\,, v_0 = 0$$

$$x = \frac{1}{2}\,a\,t^2 = \frac{1}{2}\,\frac{qE}{m}\,t^2\,,\quad v = \frac{qE}{m}\,t\,,$$

$$v^2 = 2\,\frac{qE}{m}\,x$$



اذا كانت حركة الشحنة عموديه على المجال وبسرعة ابتدائية v_0 فان

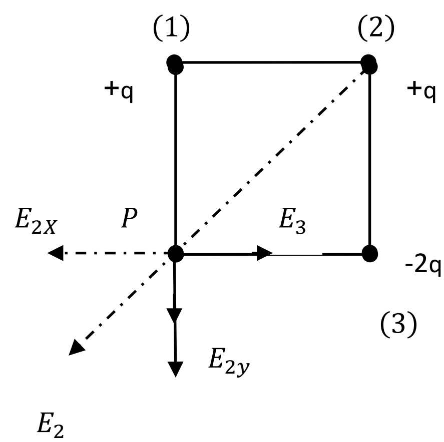
$$x_0 = v_0 = \text{const}$$

$$v_y = at = -\frac{qE}{m}\,t\,, v_{0y} = 0$$

$$x = v_0\,t\quad,\quad y = \frac{1}{2}\,a\,t^2 = -\frac{1}{2}\,\frac{qE}{m}\,t^2$$

<u>**تمارين على المجال الكهربى :**</u>

1- احسب المجال الكهربى عند النقطة p ، اعتبر أن الشحنه $q = 1 \times 10^{-7}\,C$ و $a = 5cm$ ؟ .



$$E_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{q}{a^2}$$

$$E_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{q}{2a^2}$$

$$E_3 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{2q}{a^2}$$

نوجد $E_1\,, E_2\,,\ E_3$

$$E_1 = 3.6\ \times 10^5\ N/C$$

$$E_2 = 1.8 \times 10^5\ N/C$$

$$E_3 = 7.2 \times 10^5\ N/C$$

محصلة المجال عند نقطه P

$$\overline{E_P} = \overline{E_1} + \overline{E_2} + \overline{E_3}$$

لاي المجال E_2

$$E_{2x} = E_2 \cos 45$$

$$E_{2x} = E_2 \sin 45$$

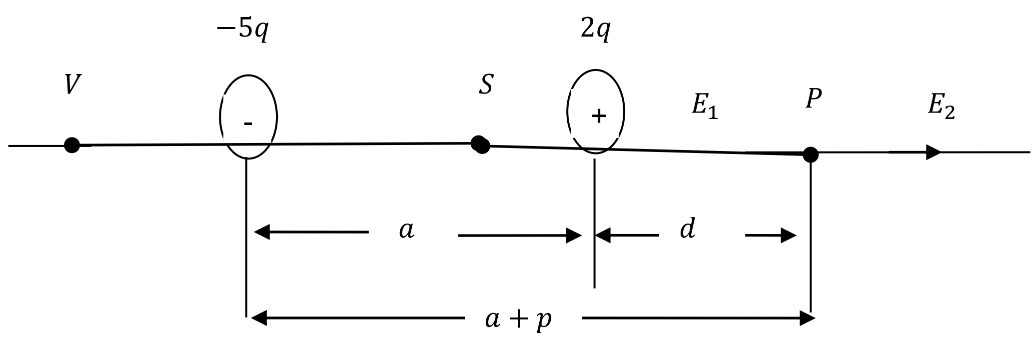
$$E_x = E_3 - E_2 \cos 45 = 7.2 \times 10^5 - 1.8 \times 10^5 \cos 45 = 6 \times 10^5\ N/C$$

$$E_y = E_1 - E_2 \sin 45 = -3.6 \times 10^5 - 1.8 \times 10^5 \sin 45 = 4.8 \times 10^5\ N/C$$

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} \qquad = 7.7 \times 10^5\ N/C$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{E_y}{E_x} \qquad = -38.6^0$$

2- اوجد النقطة التى ينعدم عندها المجال الكهربى ، افترض أن a= 50cm ؟



لايجاد النقطة التى ينعدم عندها المجال الكهربى ، نفترض أن ثلاث نقاط S, V, P ونوجد عندهم اتجاه المجالين E_1 , E_2 الناشئ عن الشحنات q_1 , q_2

المجال المحصل يكون صفر فقط عندما تتساوى E_1 , E_2 فى المقدار وتتضاد فى الاتجاه.

عند النقطتين S يكون المجال E_1 فى نفس اتجاه المجال E_2 لذلك لا يمكن للمحصلة E أن تساوى صفراً بن الشحنتين، عند النقطة V يكون المجالين E_1 و E_2 متعاكسين لكن غير متساويين . عند النقطه P يكون المجالين E_1 و E_2 متعاكسين و متساويين:

$$E_1 = E_2$$

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2q}{(0.5+d)^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{5q}{(d)^2}$$

d=30cm

لاحظ هنا أنه فى حالة الشحنتين المتشابهتين فان النقطة التى ينعدم عندها المجال تكون بين الشحنتين ، أما اذا كانت الشحنتان مختلفتين فى الاشاره فانها تكون خارج احدى الشحنتين وعلى الخط الواصل بينهما وبالقرب من الشحنة الأصغر.

3- كرة صغيرة شحنتها q وتزن 1 جم علقت بخيط رفيع من الحرير فى مجال كهربى منتظم انفرج الخيط حتى صارت الزاوية بين الخيط والاتجاه الرأسى $\theta = 37^0$ ، واذا علمت أن المجال الكهربى

$E = (3j + 5j) \times 10^5 N/C$ اوجد : الحنه على الكره – الشد فى الخيط

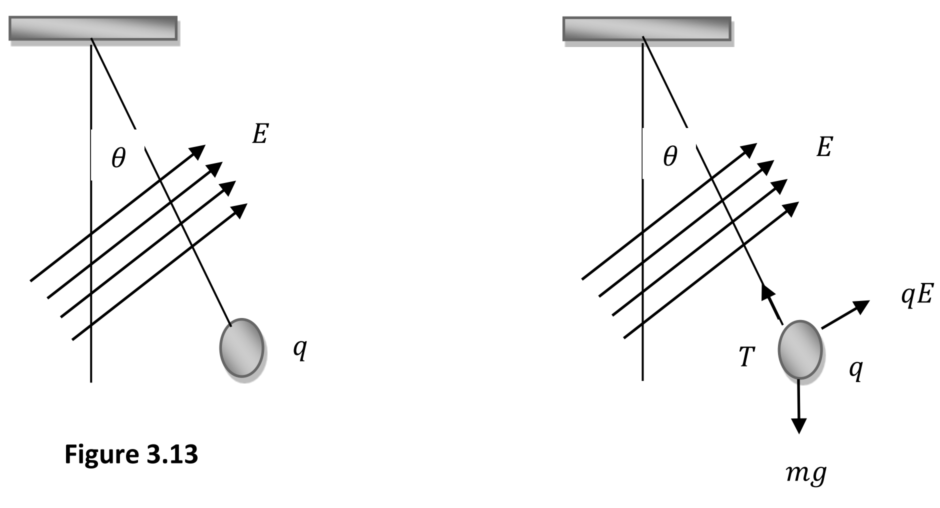


Figure 3.13

حيث أن الكره مشحونة بشحنة موجبة فان القوة الكهربية المؤثرة على الكرة فى اتجاه المجال الكهربى . كما أن الكرة فى حالة اتزان فان محصلة القوى المؤثرة على الكرة ستكون صفراً . بتطبيق قانون نيوتن الثانى $\sum F = ma$ على مركبات x و y .

$E_x = 3 \times 10^5 N/C$ $\qquad$ $E_y = 5 \times 10^5 N/C$

$$\sum F_x = q\mathrm{E_x} - \mathrm{T}\sin 37 = 0 \qquad (1)$$

$$\sum F_y = q\mathrm{E_y} - \mathrm{T}\cos 37 - mg = 0 \qquad (2)$$

$$q = \frac{mg}{\left(\mathrm{E_y} + \frac{\mathrm{E_x}}{\tan 37}\right)} = \frac{(1 \times 10^{-3})}{\left(5 + \frac{3}{\tan 37}\right) \times 10^5} = 1.09 \times 10^{-8}\mathrm{C}$$

لايجاد الشد فى الخيط T

$$T = \frac{q\,\mathrm{E_x}}{\sin 37} = 5.44 \times 10^{-3}\mathrm{N}$$