Electric Field

المجال الكهربائي

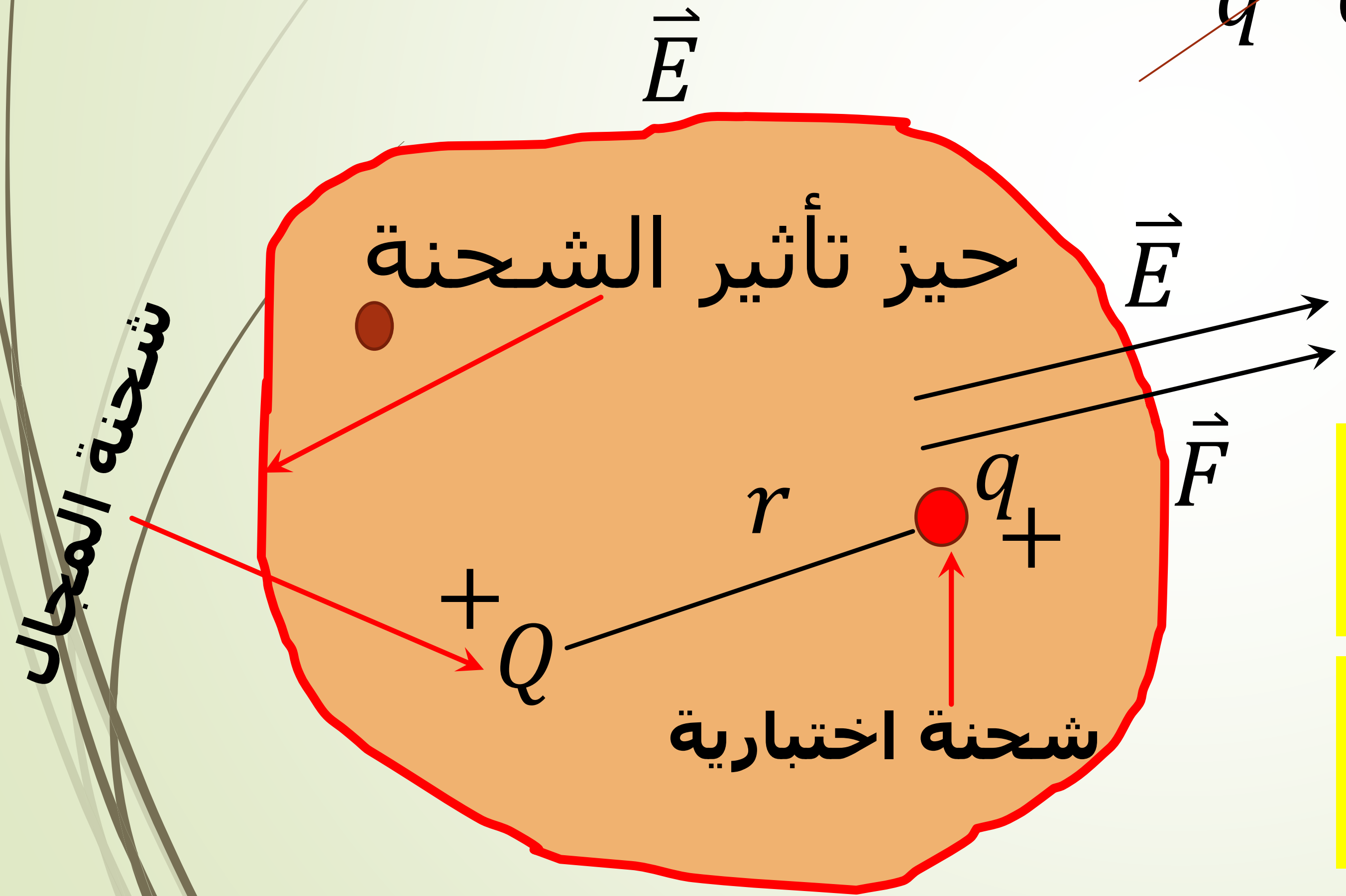
Dr. RAED M. Shaaban

جامعة البصرة كلية العلوم

المجال الكهربائي هو الحيز الذي تظهر فيه اثأر القوة الكهربائية على الشحنات الساكنة الموجودة في ذلك الحيز اما شدة المجال فهي القوة المؤثرة على تلك الشحنات ويقاس بوحدة النيوتن لكل كولوم او **فولت لكل متر**

$$\vec{F}(Qq) = k\frac{Q\cancel{q}}{r^2}\hat{r} \longrightarrow \vec{E}(Q) = \frac{\vec{F}}{\cancel{q}}\left(\frac{N}{C}\right) \longrightarrow \vec{E}(Q) = k\frac{Q}{r^2}\hat{r}$$

$$\vec{E}(Q) \rightarrow \begin{matrix} Q \\ r \\ k \end{matrix}$$



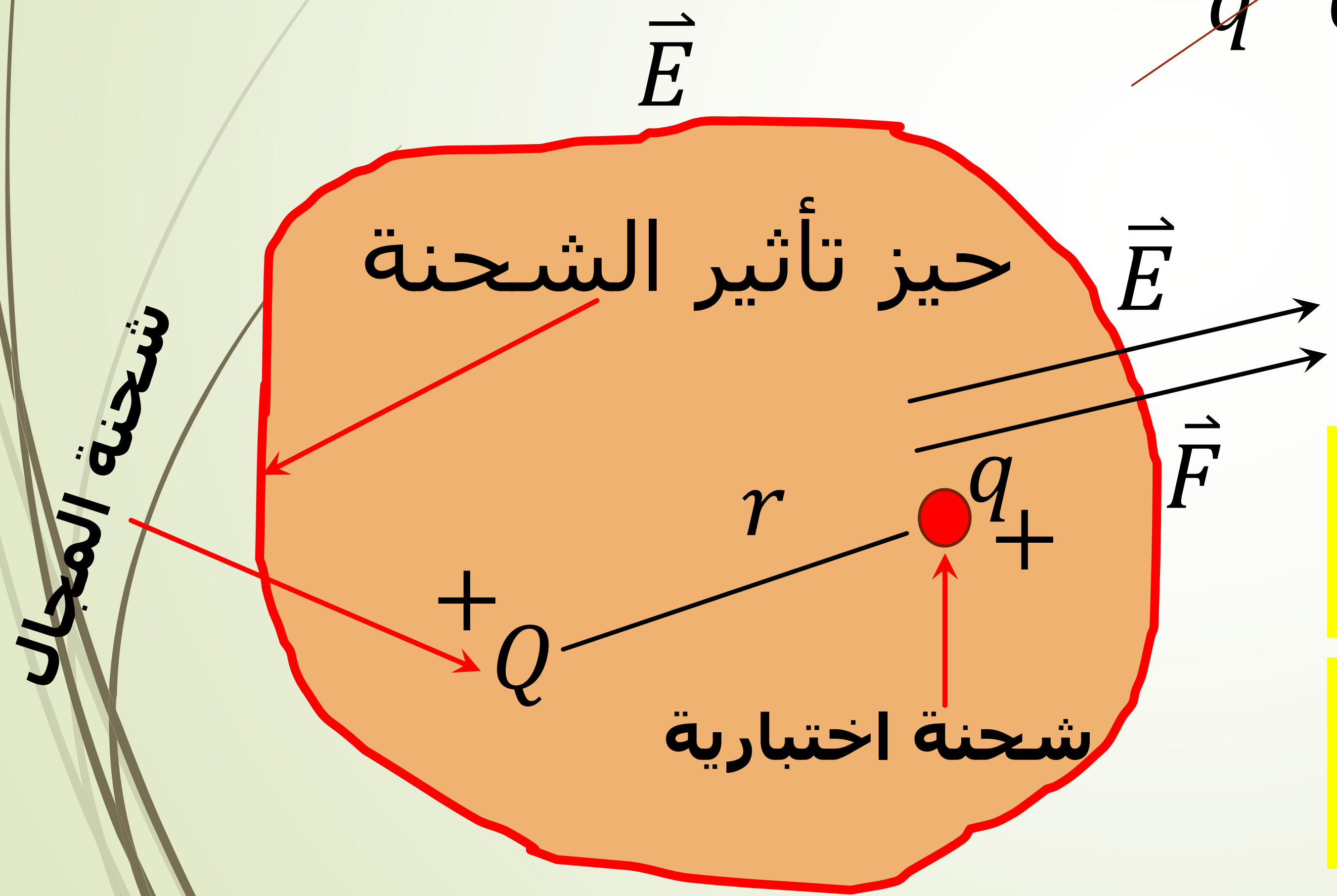
المجال الكهربائي يعتمد على مقدار الشحنة المولدة للمجال والمسافة عن الشحنة الاختبارية (نقة حساب المجال)

اتجاه المجال الكهربائي للخارج عندما تكون الشحنة المولدة موجبة وللداخل اذا كانت سالبة

المجال الكهربائي هو الحيز الذي تظهر فيه اثأر القوة الكهربائية على الشحنات الساكنة الموجودة في ذلك الحيز اما شدة المجال فهي القوة المؤثرة على تلك الشحنات ويقاس بوحدة النيوتن لكل كولوم او **فولت لكل متر**

$$\vec{F}(Qq) = k\frac{Qq}{r^2}\hat{r} \longrightarrow \vec{E}(Q) = \frac{\vec{F}}{q}\left(\frac{N}{C}\right) \longrightarrow \vec{E}(Q) = k\frac{Q}{r^2}\hat{r}$$

$$\vec{E}(Q) \rightarrow \begin{matrix} Q \\ r \\ k \end{matrix}$$



المجال الكهربائي يعتمد على مقدار الشحنة المولدة للمجال والمسافة عن الشحنة الاختبارية (نقة حساب المجال)

اتجاه المجال الكهربائي للخارج عندما تكون الشحنة المولدة موجبة وللداخل اذا كانت سالبة

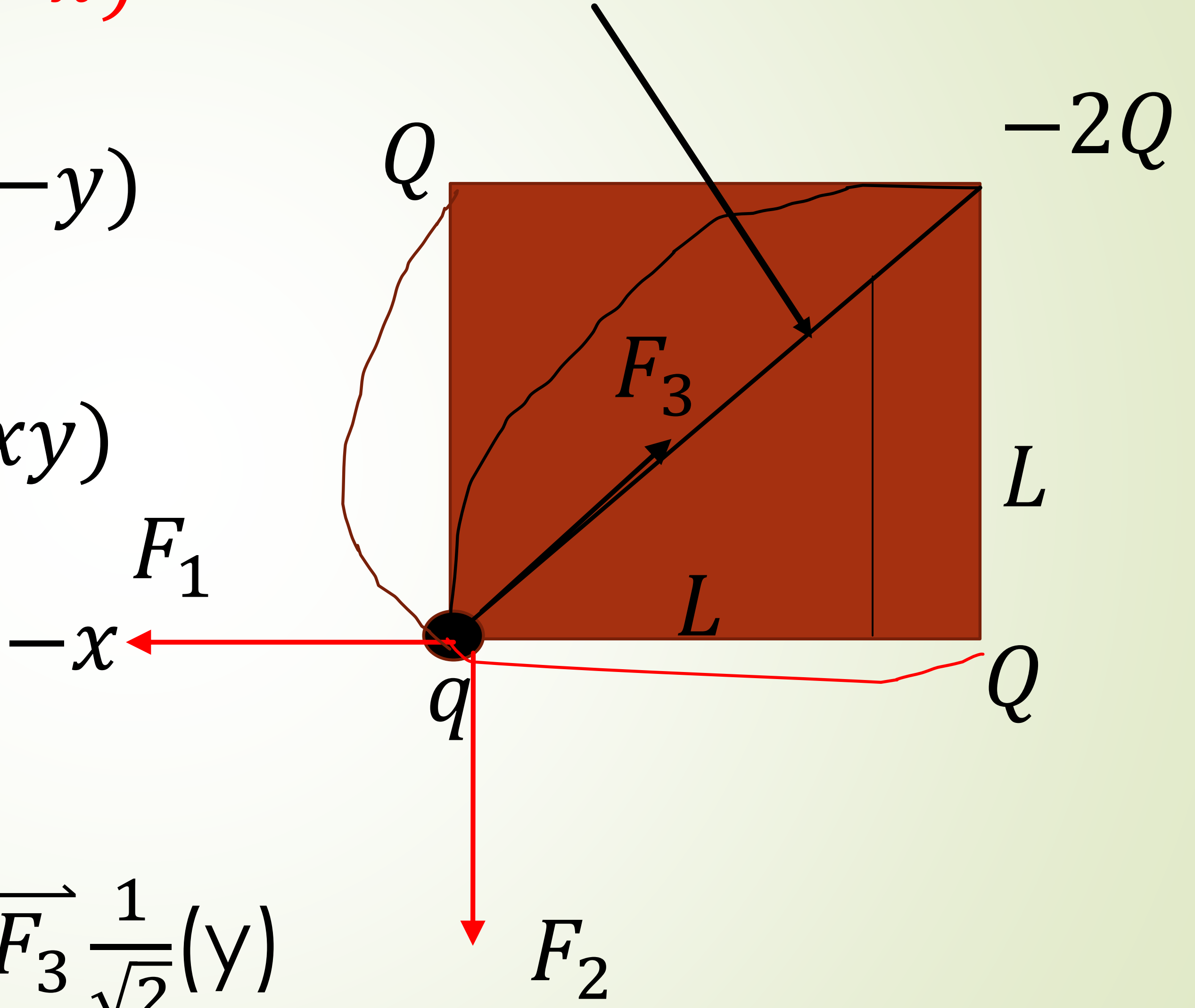
$$r = \sqrt{L^2 + L^2} = \sqrt{2}L$$

$$\overrightarrow{F1}(qQ) = k\frac{Qq}{L^2}(-x)$$

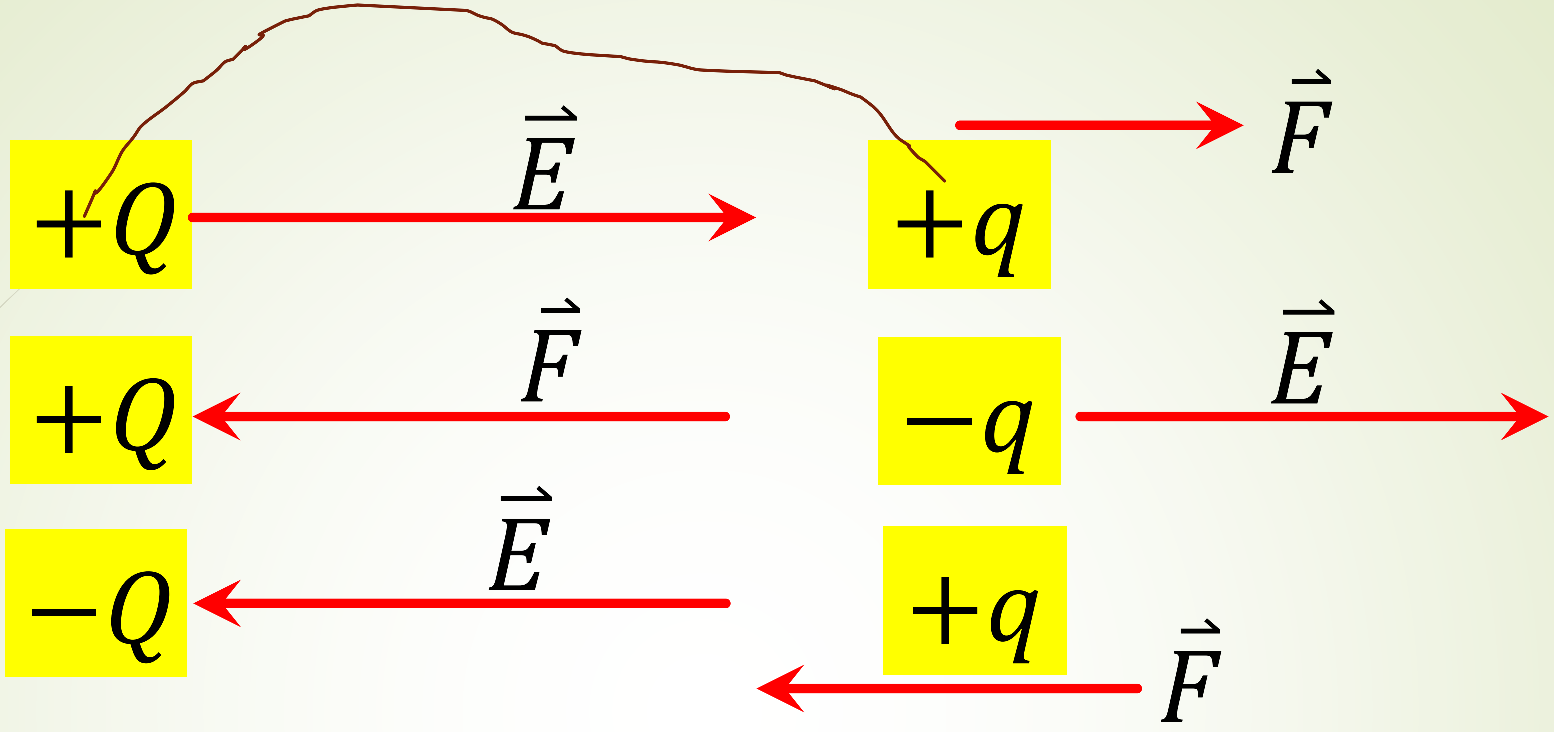
$$\overrightarrow{F2}(qQ) = k\frac{Qq}{L^2}(-y)$$

$$\overrightarrow{F3}(q-2Q) = k\frac{2Qq}{2L^2}(xy)$$

$$\overrightarrow{F3} = \overrightarrow{F_{3X}} + \overrightarrow{F_{3Y}}$$



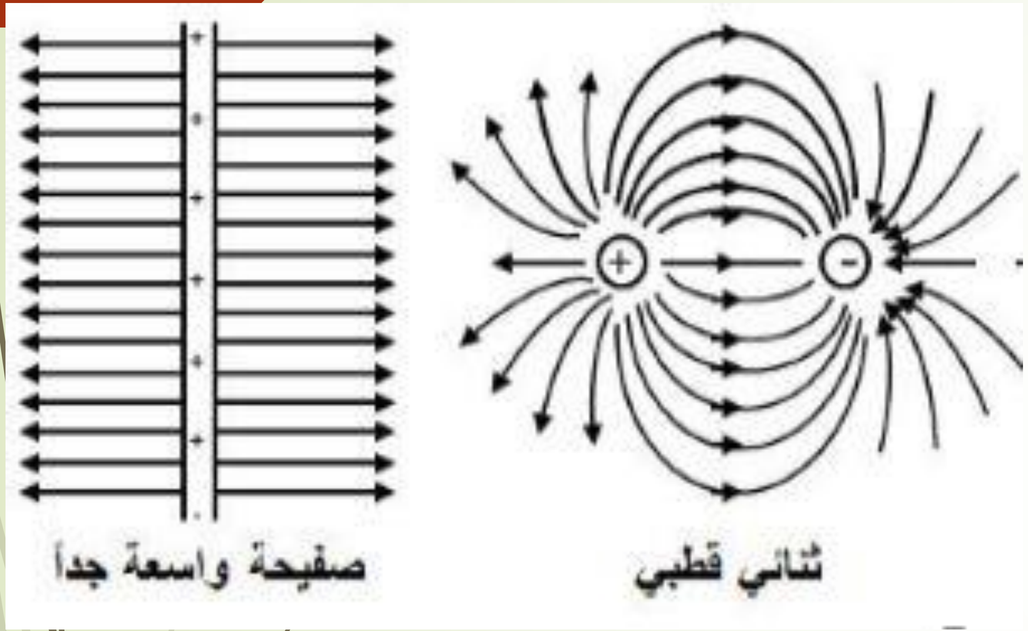
$$\overrightarrow{F_{3X}} = \overrightarrow{F_3}\frac{1}{\sqrt{2}}(\mathrm{x}) \qquad \overrightarrow{F_{3Y}} = \overrightarrow{F_3}\frac{1}{\sqrt{2}}(\mathrm{y})$$

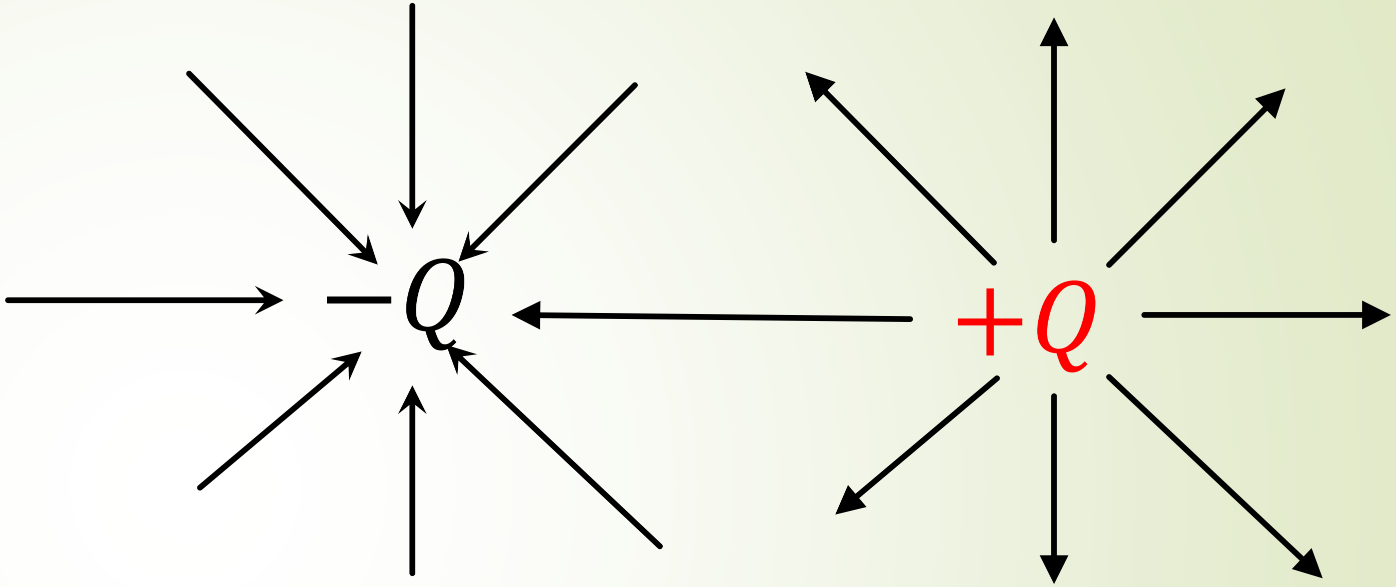


أي أن المجال الكهربائي E المتولد من الشحنة Q +
يؤثر على شحنة الاختبار q+ بقوة كهربائية F

وضح مع الرسم اتجاه المجال وقوة كولوم اذا كانت الشحنة الاختبارية $-q$ واجب

خطوط المجال الكهربائي





خط وهمي يمثل اتجاه المجال الكهربائي والذي يكون من الموجب إلى السالب وعدد تلك الخطوط التي تخترق مساحة معينة يسمى الفيض الكهربائي

مثال: شحنتان موضوعتان كما في الشكل التالي مقدار كل منهما $2pc$ أوجد مقدار واتجاه محصلة المجال الكهربائي المؤثر عند نقطة الأصل للمحاور المتعامدة علما أن المسافة بين نقطة الأصل والشحنتان 0.1m؟

$$Q = 2\mu C = 2 \times 10^{-6} C$$

$$r = 0.1m = 1 \times 10^{-1} m$$

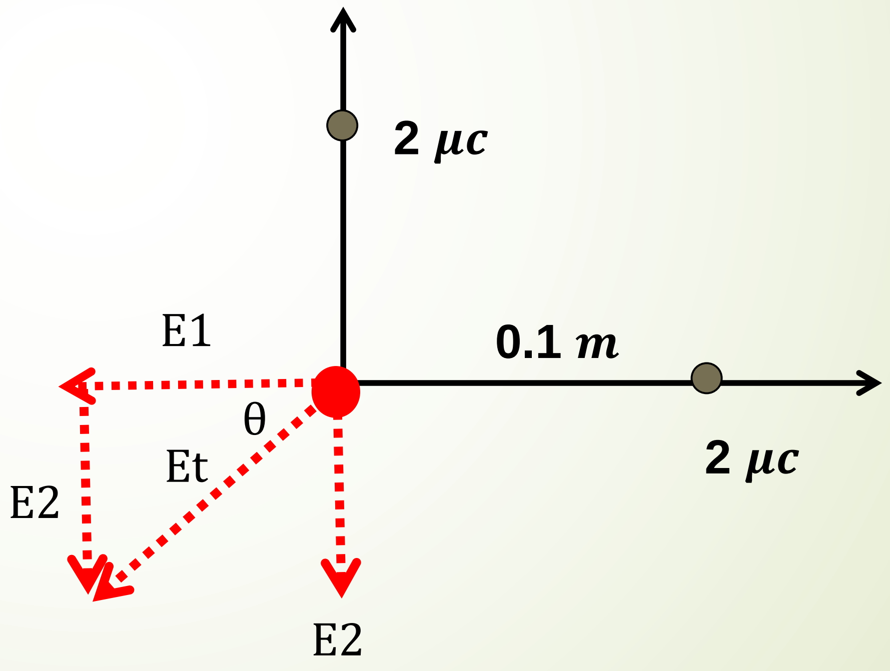
$$\vec{E}(Q) = k \frac{Q}{r^2} \hat{r}$$

$$\overrightarrow{E_1}(Q) = -9 \times 10^9 \frac{|2\times10^{-12}|}{1\times10^{-2}} \hat{x}$$

$$\overrightarrow{E_1}(Q) = -1.8N\hat{x}$$

$$\overrightarrow{E_2}(Q) = -9 \times 10^9 \frac{|2 \times 10^{-12}|}{1 \times 10^{-2}} \hat{y}$$

$$\overrightarrow{E_2}(Q) = -1.8N\hat{y}$$



مثال: شحنتان موضوعتان كما في الشكل التالي مقدار كل منهما $2pc$ أوجد مقدار واتجاه محصلة المجال الكهربائي المؤثر عند نقطة الأصل للمحاور المتعامدة علما أن المسافة بين نقطة الأصل والشحنتان 0.1m؟

$$Q = 2pC = 2 \times 10^{-12}\mathrm{C}$$

$$r = 0.1m = 1 \times 10^{-1}m$$

$$\vec{E}_1 = \mathrm{k}\frac{Q}{r^2}\hat{r} \quad \vec{E}_1 = -9 \times 10^9 \frac{2 \times 10^{-12}}{1 \times 10^{-2}}\hat{x}$$

$$\vec{E}_1 = -1.8N\hat{x}$$

$$\vec{E}_1 = -1.8N\hat{y}$$

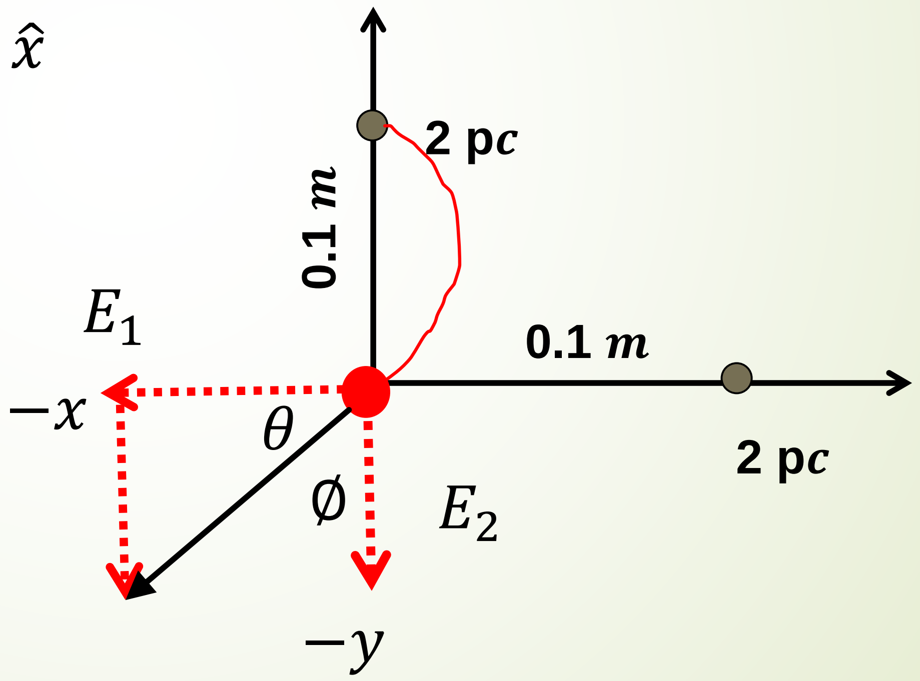
$$\vec{E}_t = \sqrt{1.8^2 + 1.8^2}$$

$$\tan(\theta) = \frac{-1.8}{-1.8} = 1$$

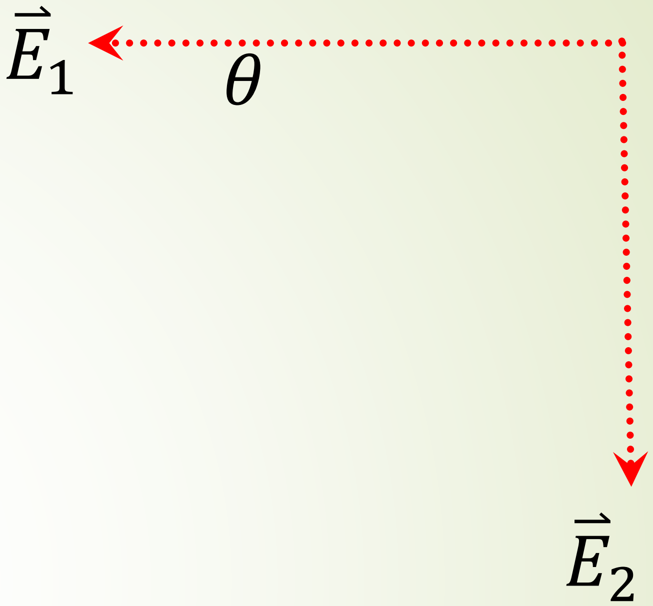
E2

E2

E1



θ



$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$$

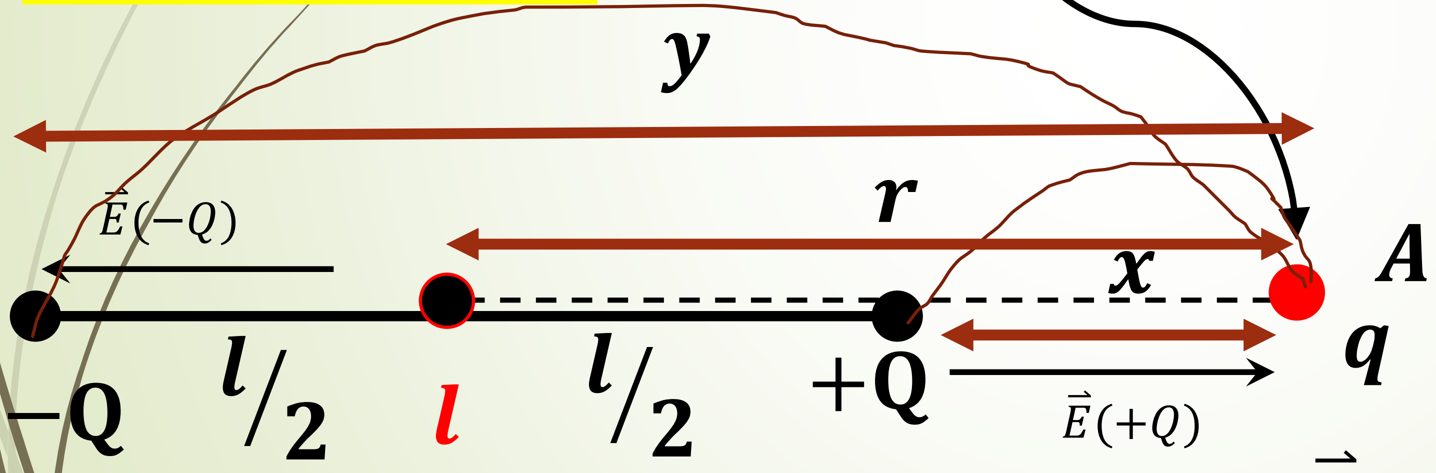
محصلة المجال الكهربائي لمركبتين متعامدتين تحسب باستخدام نظرية فيثاغورس أما اتجاه المجال فيصنع الزاوية θمع المحور

$$\tan(\theta) = \frac{E_2}{E_1}$$

المجال الكهربائي لثنائي القطب
Electric field a dipole

اولاً في نقطة على امتدادا محوره

$$\vec{E}(-Q) = k\frac{Q}{y^2}\hat{r}$$



$$\vec{E}(+Q) = k\frac{Q}{x^2 = (r-\frac{l}{2})^2}\hat{r}$$

$$\vec{E}(-Q) = k\frac{Q}{(r+\frac{l}{2})^2}\hat{r}$$

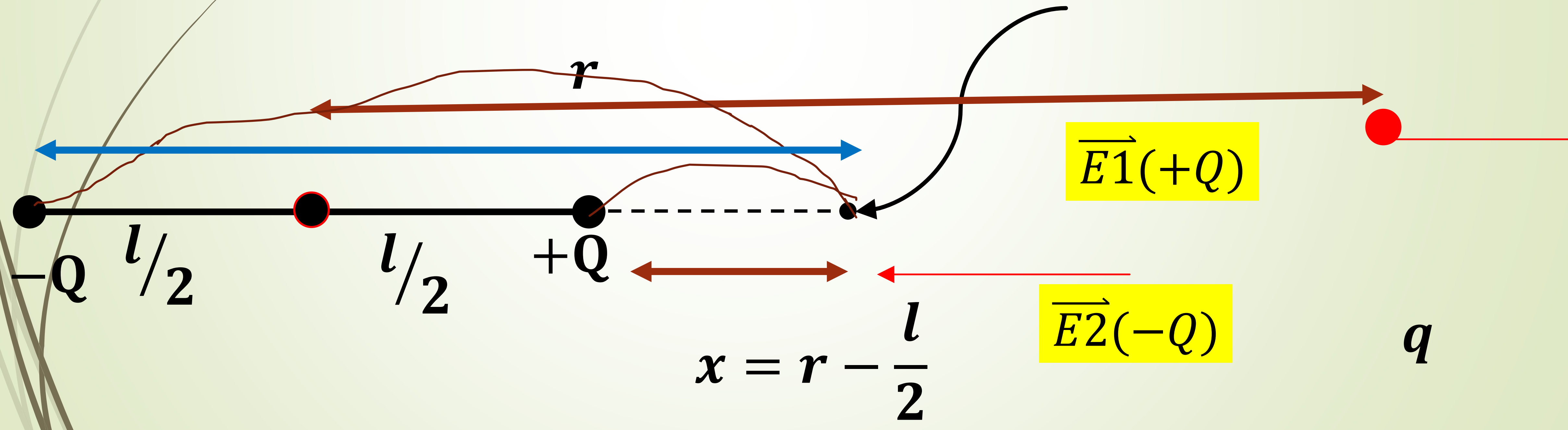
$$\vec{E} = \vec{E}(+Q) - \vec{E}(-Q)$$

$$\vec{E} = kQ\left(\frac{1}{(r-\frac{l}{2})^2} - \frac{1}{(r+\frac{l}{2})^2}\right)$$

المجال الكهربائي لثنائي القطب
Electric field a dipole

$$= -k\frac{Q}{(r+\frac{l}{2})^2}\hat{x}$$

$$\vec{E}(E1+E2) = k\frac{Q}{(r-\frac{l}{2})^2} - k\frac{Q}{(r+\frac{l}{2})^2}$$



$$\vec{E} = kQ\frac{\cancel{r^2} + rl + \cancel{\frac{l^2}{4}} - \cancel{r^2} + rl - \cancel{\frac{l^2}{4}}}{(r^2 - \frac{l^2}{4})^2}$$

$$\boxed{E = kQ\frac{2rl}{(r^2 - \cancel{\frac{l^2}{4}})^2}}$$

IF $r > l \therefore r^2 \gg l^2$

وهي حالة خاصة عند حساب المجال البعيد
لثنائي القطب اي يعتبر طول الثنائي l اقل
من المسافة r بعد المسئلة عن ثنائي القطب

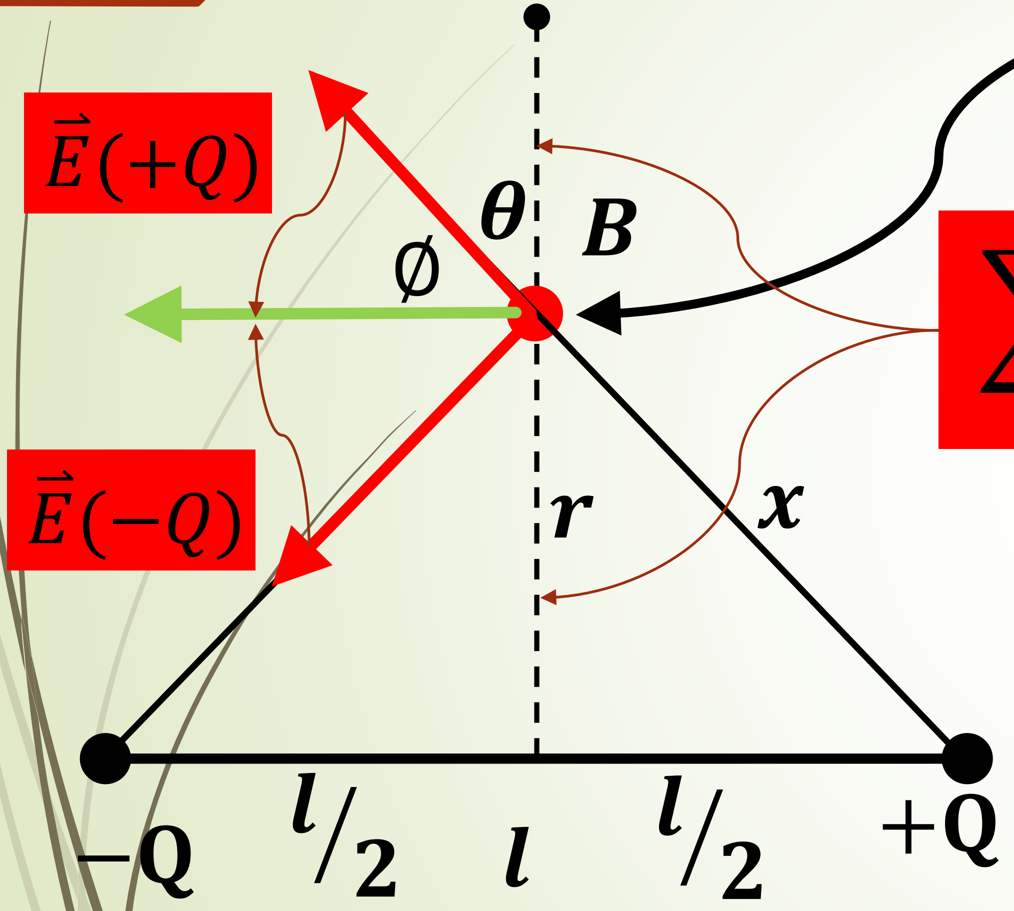
$$E = kQ\frac{2rl}{r^4} = k\frac{2Ql}{r^3}$$

$$E = k\frac{2P}{r^3}$$

حيث $\boxed{P = Ql}$

حيث P عزم ثنائي القطب وهي كمية ثابتة

ثانياً في نقطة على امتدادا العمود المنصف



$$\sum E_y = 0$$

$$\vec{E}(+Q) = k\frac{Q}{r^2 + \frac{l^2}{4}}\widehat{xy}$$

$$\vec{E}(-Q) = k\frac{Q}{r^2 + \frac{l^2}{4}}\widehat{xy}$$

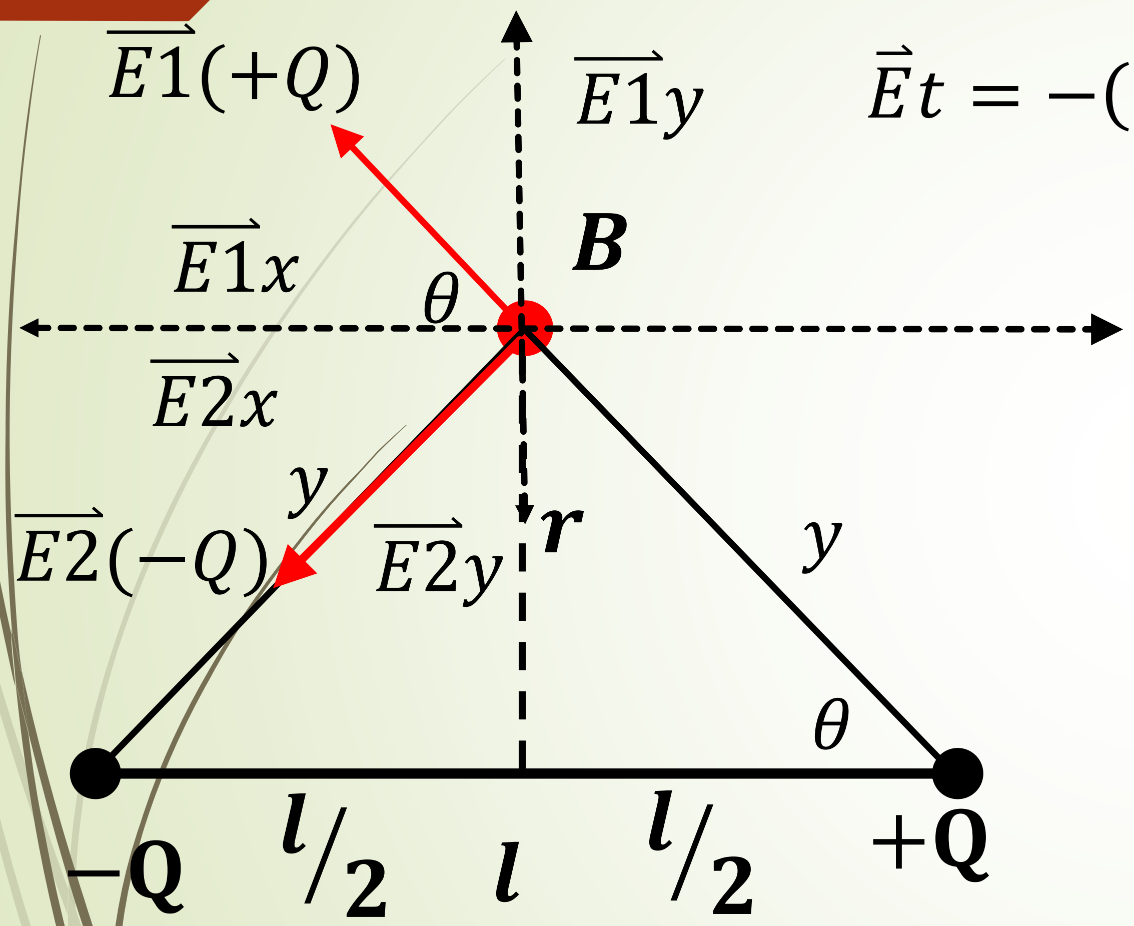
$$\vec{E} = \vec{E}(+Q) - \vec{E}(-Q)$$

$\vec{E}(+Q)$

$$\sum E_x = 2E\sin(\boldsymbol{\theta}) =$$

$$2E\cos(\emptyset\ ) =$$

$$\vec{E}(-Q) = k\frac{Q}{x^2}\hat{r}$$

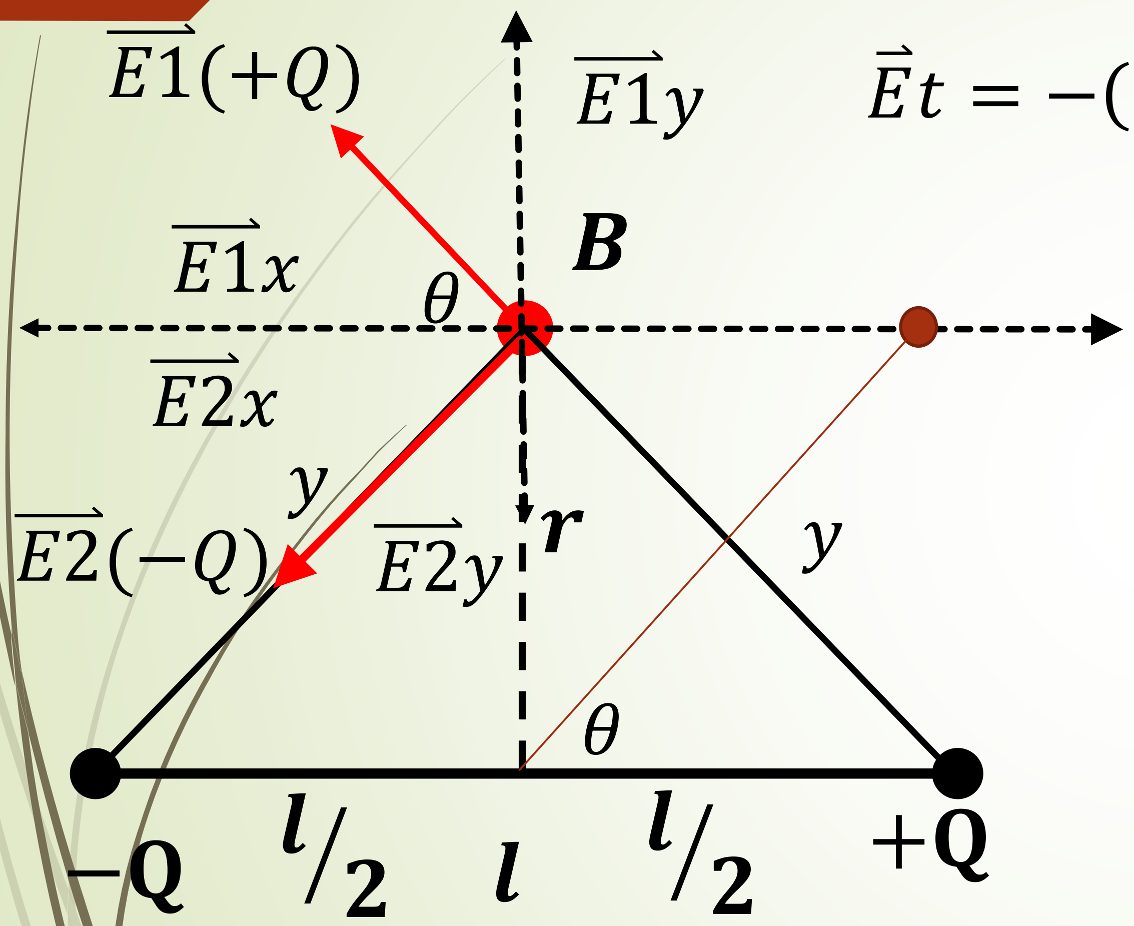


$$\vec{E}t = -(E1X + E2)x$$

$$\vec{E}t = -(2Ex) = -2k\frac{Q}{y^2}\cos(\theta) \qquad \cos(\theta) = \frac{l/2}{y}$$

$$\vec{E}t = -2k\frac{Q}{y^2}\frac{l/2}{y}$$

$$y = \sqrt{r^2 + \frac{l^2}{4}}$$



$$\vec{E}t = -(E1X + E2)x$$

$$\vec{E}t = -(2Ex) = -2k\frac{Q}{y^2}\cos(\theta) \qquad \cos(\theta) = \frac{l/2}{y}$$

$$\vec{E}t = -2k\frac{Q}{y^2}\frac{l/2}{y}$$

$$y = \sqrt{r^2 + \frac{l^2}{4}}$$

Continuous Charge Distribution

حساب المجال الكهربائي للأجسام المشحونة

$$\vec{E}$$

$$\vec{E}(Q) = k\frac{Q}{r^2}\hat{r}$$

شحنة نقطية

شحنة متصلة

$$\overrightarrow{dE}(dQ) = k\frac{dQ}{r^2}\hat{r}$$

$$dQ$$

ρdV σdA λdL

حجمي   سطحي   توزيع طولي

اذا كانت الشحنة موزعة توزيع حجمي او سطحي او طولي فنستخدم التكامل لايجاد شدة المجال .

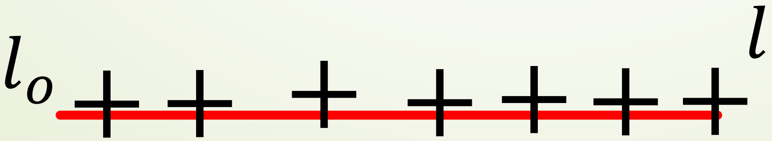
$$\overrightarrow{dE}(dQ) = k\frac{dQ}{r^2}\hat{r}$$

$$\vec{E}(dQ) = \int_{l_o}^{l} k\frac{dQ}{r^2}\hat{r}$$

l_o بداية الجسم المشحون

l نهاية الجسم المشحون

$$Q = 7q \quad Q = \int_{l_o}^{l} dQ$$



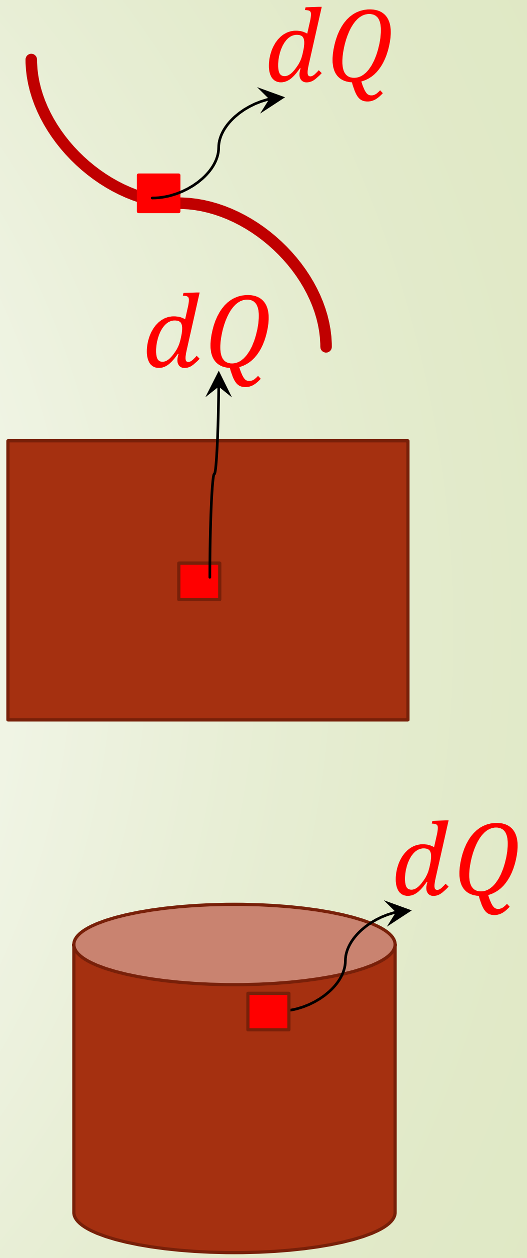
dQ

جزء تفاضلي
من الشحنة

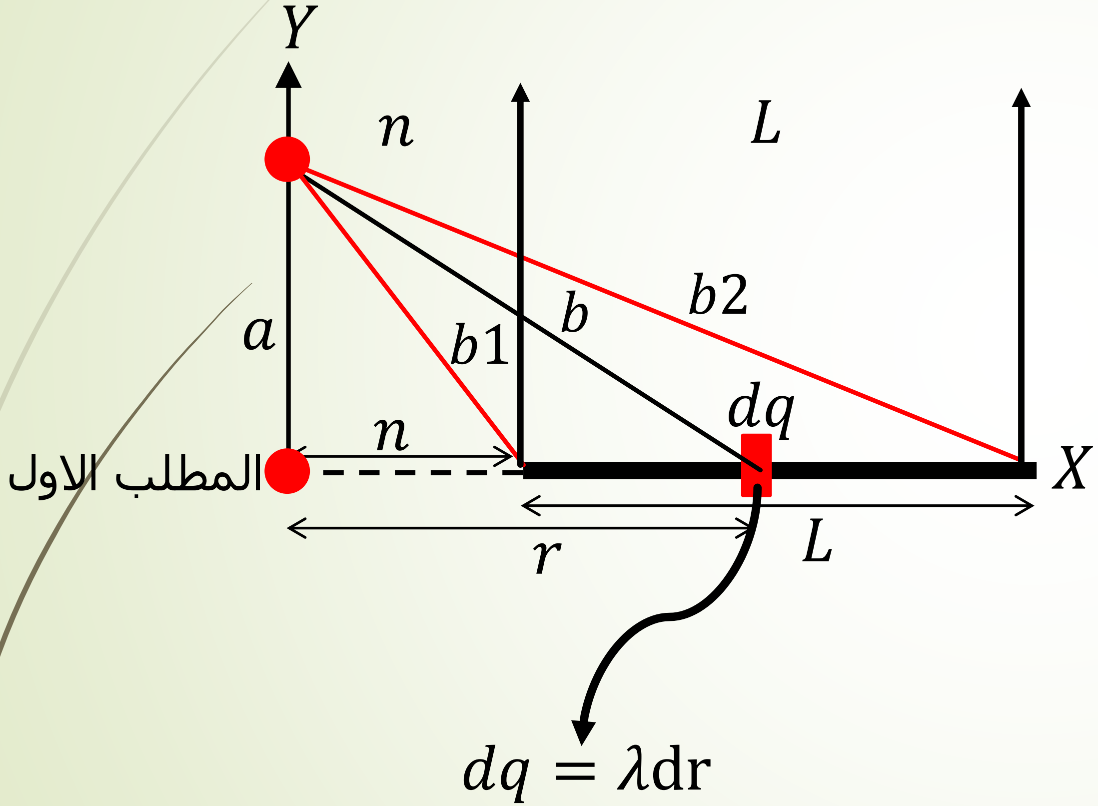
λdL
التوزيع
الطولي

σdA
التوزيع
السطحي

ρdV
التوزيع
الحجمي



مثال: سلك موصل مشحون بكثافة خطية λ طولهL أوجد المجال الكهربائي أولا في نقطة الأصل على بعد n من بداية السلك ثانياً في نقطة على بعد a من نقطة الأصل على المحور العمودي.



$$d\vec{E} = K\frac{dq}{r^2}\,\hat{r}$$

$$dq = \lambda dr$$

$$\vec{E} = K\int_{n}^{n+L}\frac{\lambda dr}{r^2}\,\hat{r}$$

ثابت

$$E(Q) = k\lambda\left[\frac{-1}{r}\right]_{n}^{n+L}$$

$$E(Q)=k\lambda\left[\frac{1}{n}-\frac{1}{n+L}\right]$$

ثانياً لإيجاد المجال الكهربائي في نقطة تبعد a من نقطة الأصل نلاحظ أن الشحنة dq على بعد b من المسألة وبداية السلك ونهايته على بعد b1وb2 على التوالي.

$$\therefore \quad E(Q)=k\lambda\int_{b1}^{b2}\frac{db}{b^2}$$

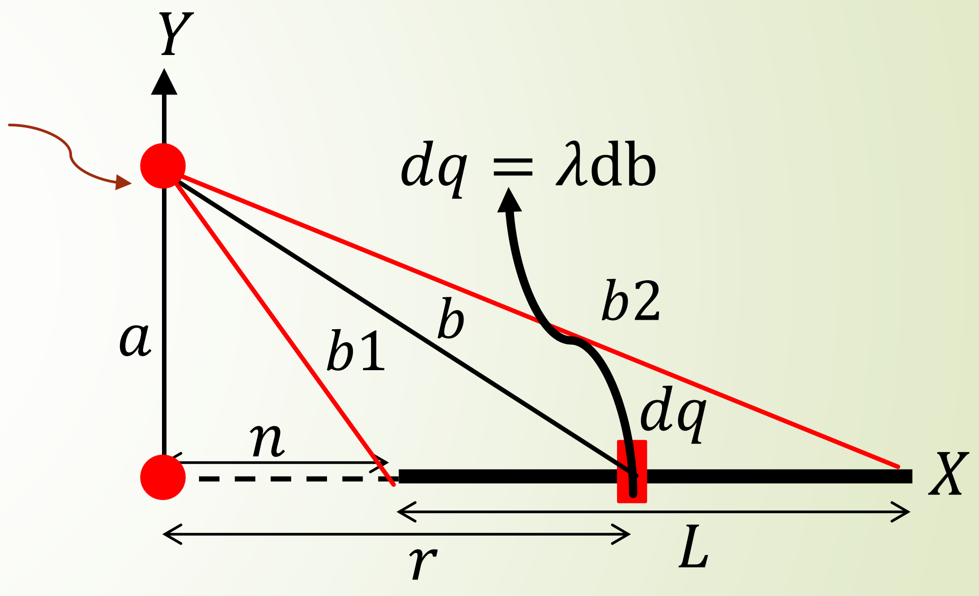
ثوابت

$$b1=\sqrt{a^2+n^2}$$

$$b2=\sqrt{a^2+(n+L)^2}$$

$$E(Q)=k\lambda\left[\frac{-1}{b}\right]_{b1}^{b2}$$

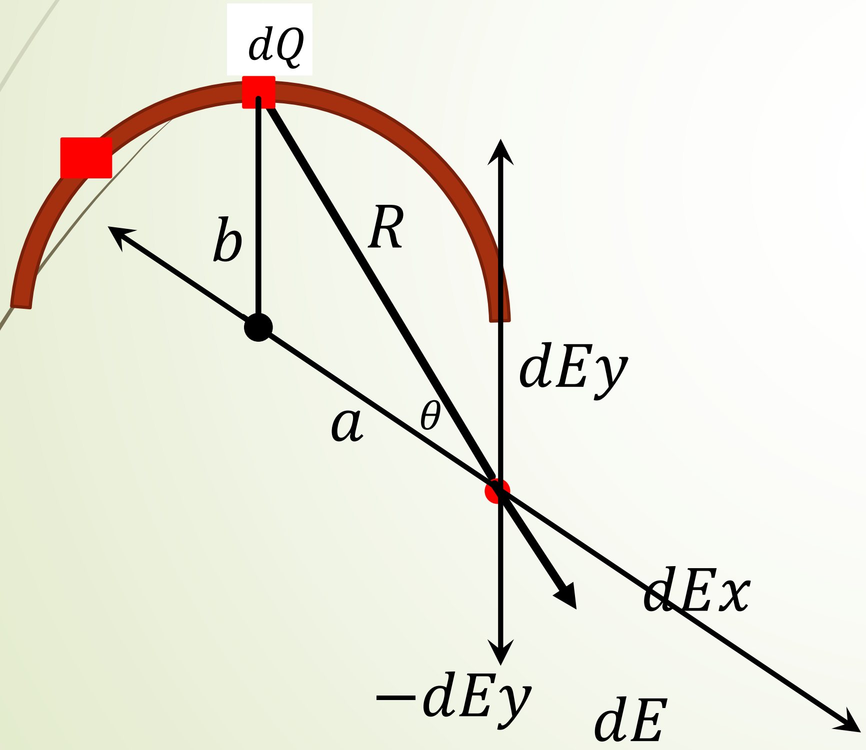
$$E(Q)=k\lambda\left[\frac{1}{a^2+n^2}-\frac{1}{a^2+(n+L)^2}\right]$$



مثال: سلك موصل على شكل نصف حلقة دائرية قطرها 2b مشحون بكثافة خطية أوجد المجال الكهربائي في نقطة على امتداد محوره وعلى بعد a من مركزه.

نختار جزء من كثافة الشحنة الخطية مقدارها $dQ = \lambda dL$

في نقطة dL على بعد R من المسألة



$$\overrightarrow{dE}(dQ) = k\frac{\lambda dL}{R^2}\hat{r}$$

$$\overrightarrow{dE_x} = \overrightarrow{dE}\cos(\theta)\ \ and\ \overrightarrow{dE_y} = \overrightarrow{dE}\sin(\theta)$$

$\overrightarrow{dE_y} = 0$ بسبب التناظر حول المحور العمودي

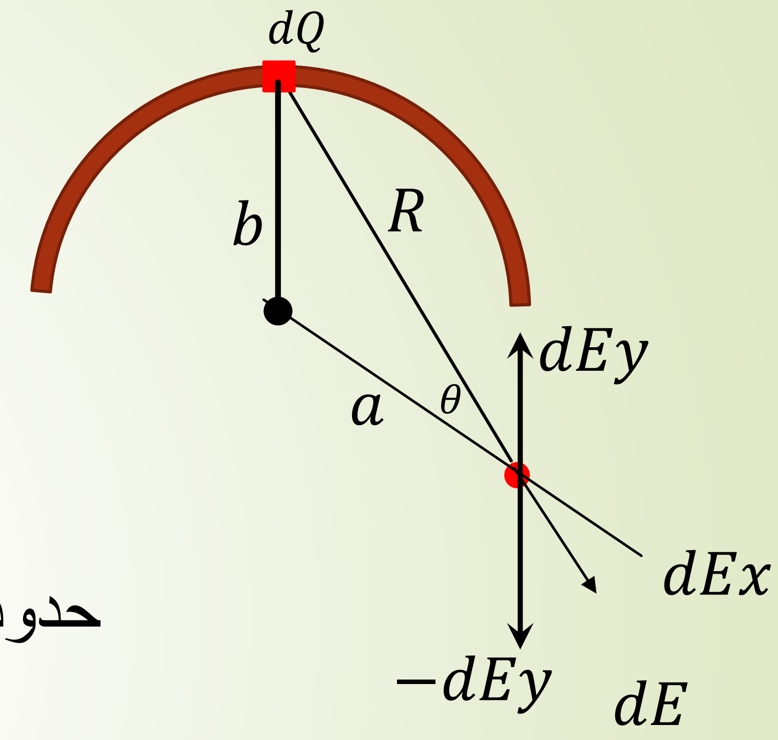
$$\overrightarrow{dE}(dQ) = \overrightarrow{dE_x} = \overrightarrow{dE}\cos(\theta)$$

$$\overrightarrow{dE} = k\frac{\lambda dL}{R^2}\cos(\theta)$$

$$\cos(\theta) = \frac{a}{R} \quad and \quad R = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\therefore \overrightarrow{dE} = k\frac{\lambda dL}{R^3}a$$

$$E = \int_0^L k\frac{\lambda dL}{R^3}a$$



حدود التكامل L تمثل محيط نصف دائرة

$$\mathrm{E} = \frac{k\lambda a}{R^3}\int_0^{\pi b} dL = \frac{k\lambda a\pi b}{(a^2+b^2)^{3/2}}$$

حيث أن اتجاه المجال باتجاه محور السلك نحو الخارج

إيجاد المجال الكهربائي لثنائي القطب في النقطة B

واجب

يمكن أرسال الإجابة على البريد مع ذكر اسم الطالب والقسم

mus.raad@yahoo.com

raed.shaaban@uobasrah.edu.iq