

# المحاضرة الثانية

# ELECTRIC FIELD المجال الكهربائي

## مقدمة:

في هذه المحاضرة سنقوم بإدخال مفهوم المجال الكهربائي الناشئ عن الشحنة أو الشحنات الكهربائية، ويمكن الكشف عن وجود مجال كهربائي عند نقطة ما بوضع جسم مشحون بشحنة موجبة صغيرة في الفراغ تسمى شحنة الاختبار  $q_0$  Test charge فإذا تأثرت هذه الشحنة بهذه القوى الكهربائية فيعني هذا وجود مجال كهربائي عندها.

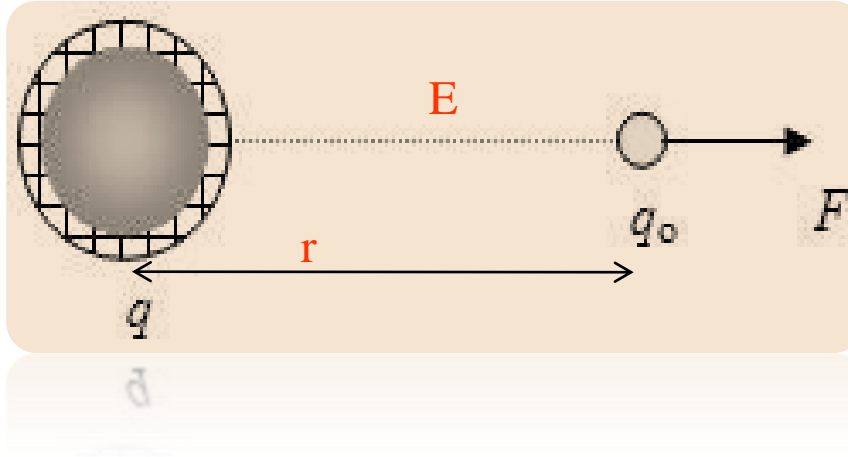
## المجال الكهربائي: The Electric Field

يعرف المجال الكهربائي  $E$  بالقوى الكهربائية  $F$  المؤثرة على وحدة الشحنات الموضوعة في هذا المجال

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

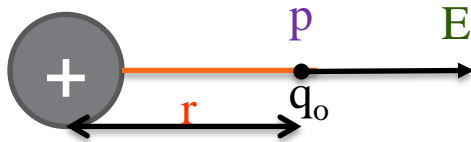
وحدات المجال الكهربائي N/C

## حساب المجال الكهربى

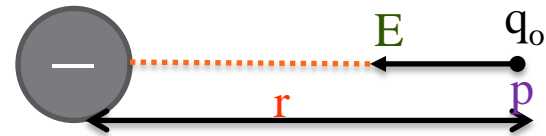


لاحظى هنا أن المجال الكهربى  $E$  هو مجال خارجى وليس المجال الناشئ من الشحنة  $q_0$  كما هو موضح فى الشكل ، وقد يكون هناك مجال كهربى عند أية نقطة فى الفراغ بوجود أو عدم وجود الشحنة  $q_0$  ولكن وضع الشحنة  $q_0$  عند أية نقطة فى الفراغ هو وسيلة لحساب المجال الكهربى من خلال القوى الكهربائية المؤثرة عليها.

## اتجاه المجال الكهربائي The direction of Electric field



شكل (a) 2



شكل (b) 2

يكون اتجاه المجال عند نقطة ما لشحنة موجبة في اتجاه الخروج من النقطة كما في الشكل (a) 2 ،

ويكون اتجاه المجال عند نقطة ما لشحنة سالبة في اتجاه الدخول من النقطة إلى الشحنة كما في

الشكل (b) 2 .

ولإيجاد المجال الكهربائي  $E$  الناتج عن شحنة نقطية  $q$ ، عند نقطة مثل  $p$  تبعد عن الشحنة مسافة  $r$ ، كما في الشكل (2). نفترض وجود شحنة اختبار موجبة صغيرة، مثل  $q_0$  في النقطة. ثم نحسب القوة التي تؤثر بها الشحنة  $q$  على شحنة الاختبار  $q_0$ ، و أخيراً نقسم القوة  $F$  على  $q_0$  لإيجاد قيمة  $E$ .

بتطبيق قانون كولوم على الشحنة  $q_0$  تعطى ب :

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} , E = \frac{F}{q_0}$$

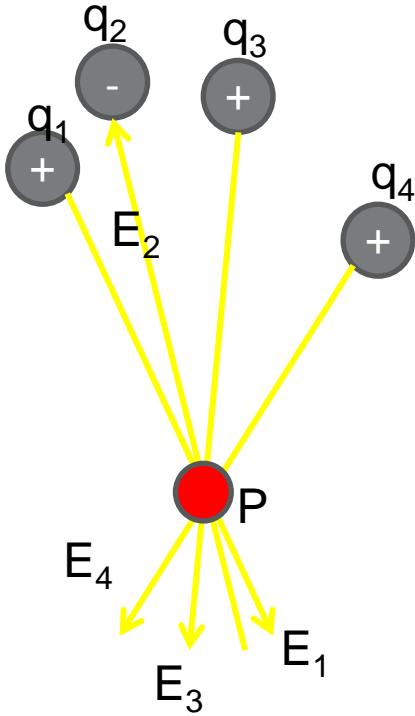
## المجال الكهربى الناشء عن مجموعة من الشحنات الكهربائية:

1. نرقم الشحنات المراد إيجاد المجال الكهربى لها.

2. نحدد اتجاه المجال الكهربى لكل شحنة على حده عند النقطة المراد إيجاد محصلة المجال عندها وهي  $p$ ، يكون اتجاه المجال خارجاً من النقطة  $p$  إذا كانت الشحنة موجبة ويكون اتجاه المجال داخلاً إلى النقطة إذا كانت الشحنة سالبة كما هو الحال في الشحنة رقم  $q_2$ .

3. يكون المجال الكهربى الكلى هو الجمع الاتجاهى لمتجهات المجال :

$$E_p = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$$



4. إذا كان لا يجمع متجهات المجال خط عمل واحد

نحل كل متجه إلى مركبتين في اتجاه محوري  $x$  و  $y$

5. نجمع مركبات المحور  $x$  على حده ومركبات المحور  $y$ .

$$E_x = E_{1x} + E_{2x} + E_{3x} + E_{4x}$$

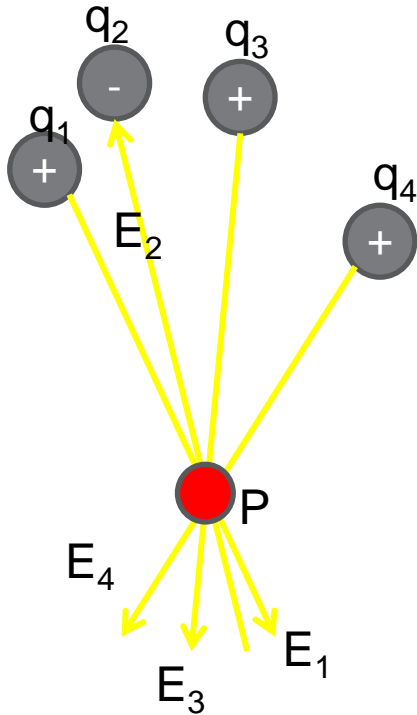
$$E_y = E_{1y} + E_{2y} + E_{3y} + E_{4y}$$

6. تكون قيمة المجال الكهربائي عند النقطة هي :

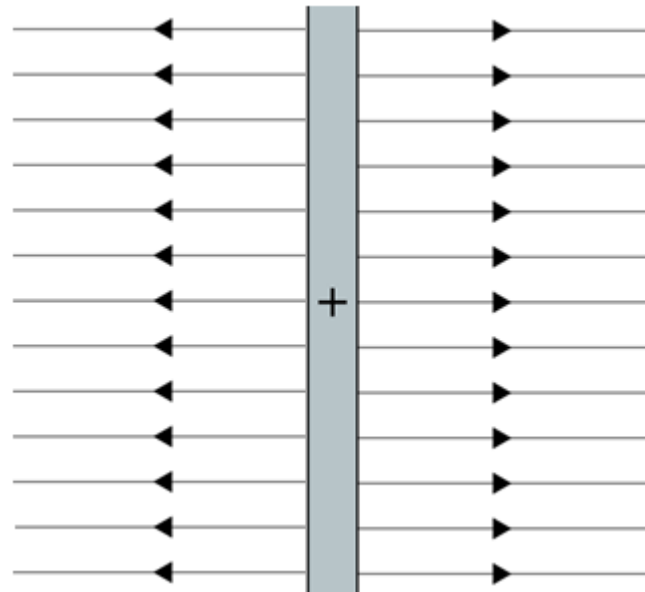
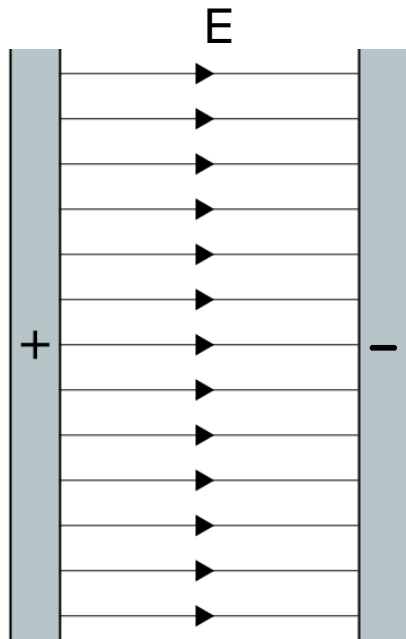
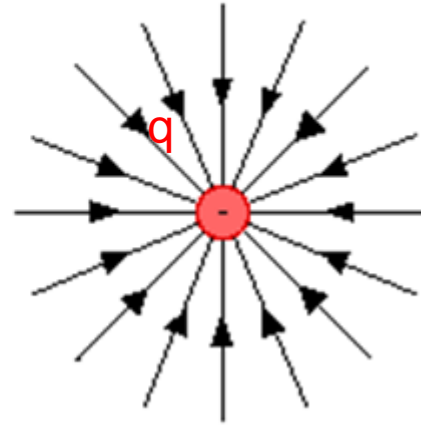
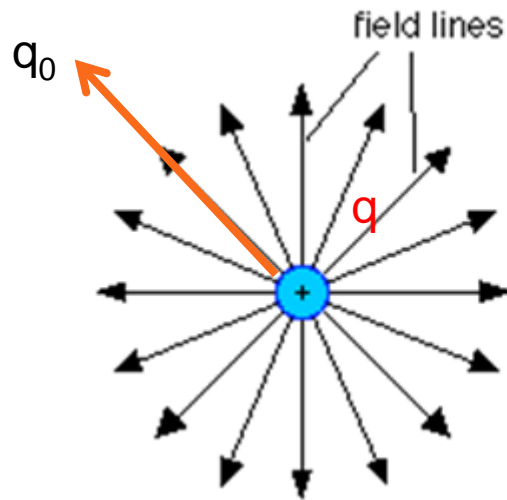
$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$

7. يكون اتجاه المجال هو

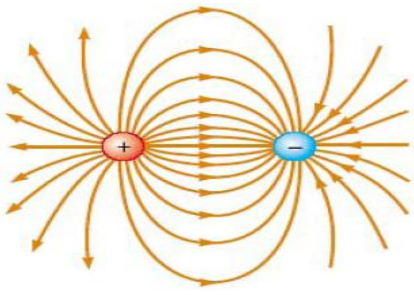
$$\theta = \tan^{-1} \frac{E_y}{E_x}$$



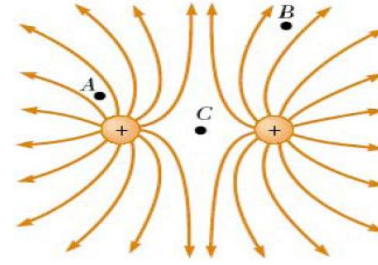
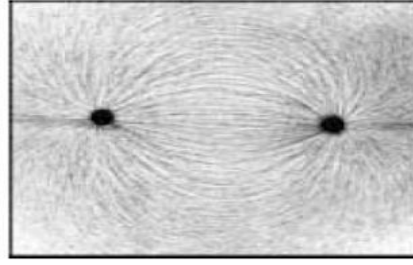
# اتجاه المجال الكهربائي



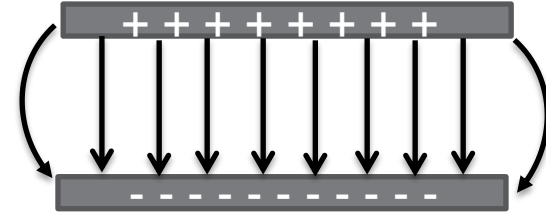
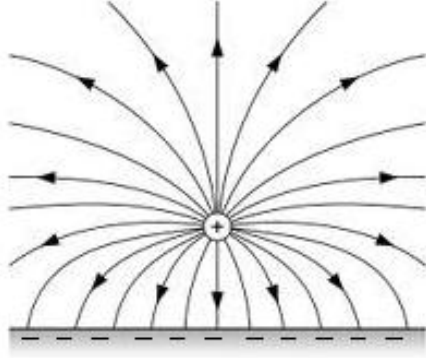
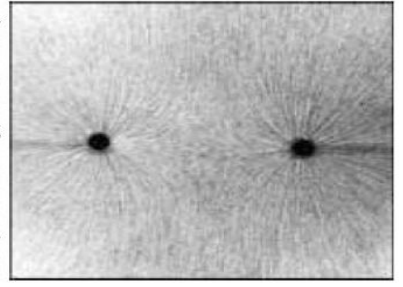




Courtesy of Harold M. Waage, Princeton University



Courtesy of Harold M. Waage, Princeton University

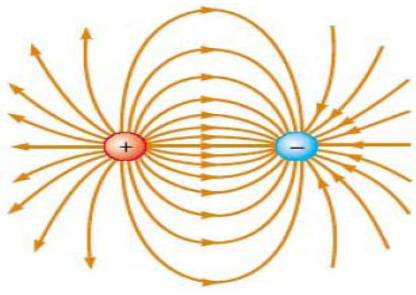


## الأشكال الموضحة تبين بعض خطوط القوى حول شحنة موجبة وأخرى سالبة

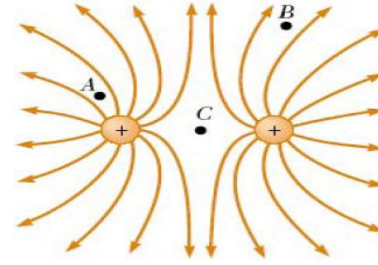
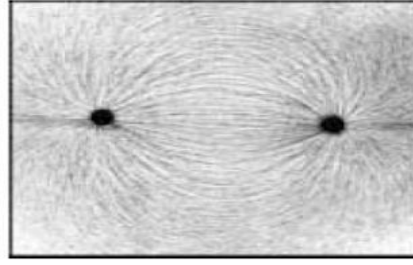
1- خطوط القوى يجب أن تبدأ من الشحنات الموجبة وتنتهي عند الشحنات السالبة.

2- عدد خطوط القوى المرسومة تتناسب مع مقدار الشحنة.

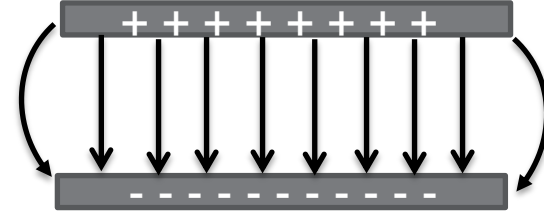
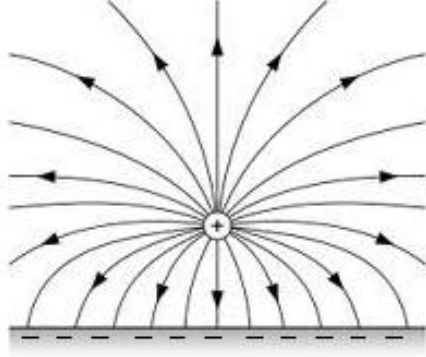
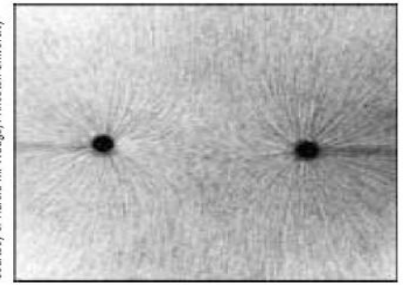
3- لا يوجد أكثر من خطين لخطوط القوى يمكن أن يتقاطعا.



Courtesy of Harold M. Waage, Princeton University



Courtesy of Harold M. Waage, Princeton University

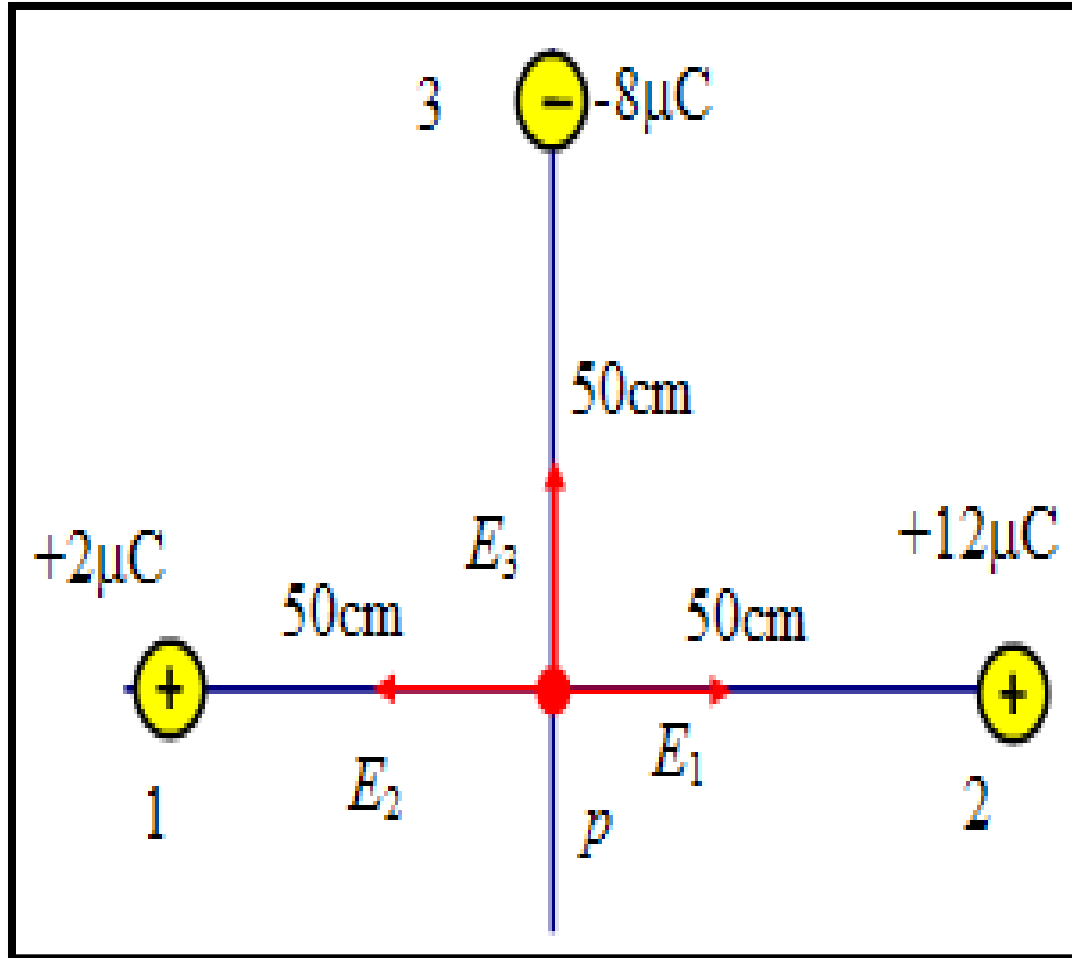


## خطوط القوى الكهربائية

- هي خطوط وهمية تستخدم لوصف المجال الكهربائي مقداراً واتجاهها .
- في حالة صفيحة طويلة منتظمة الشكل مشحونة بشحنة موجبة فإن خطوط القوى تكون متعامدة على مستوى الصفيحة ومتوازية مع بعضها البعض وتكون قيمة المجال ثابتة لكل النقاط القريبة من الصفيحة ، أي تكون خطوط المجال تكون متعامدة على مستوى الصفيحة.
- في حالة شحنتين موجبة وسالبة يكون المجال عند أي نقطة هو محصلة المجالين الناشئين عن الشحنتين واتجاهه يمثل المماس لخط القوى الكهربائية.
- خط القوى هو الخط الذي يدل اتجاه مماسه على اتجاه المجال الكهربائي.

## تمارين إضافية

احسبي المجال الكهربى عند النقطة P كما هو مبين فى الشكل



الحل:

$$\vec{E}_p = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$

$$E_x = E_1 - E_2 = -36 \times 10^4 \text{ N/C}$$

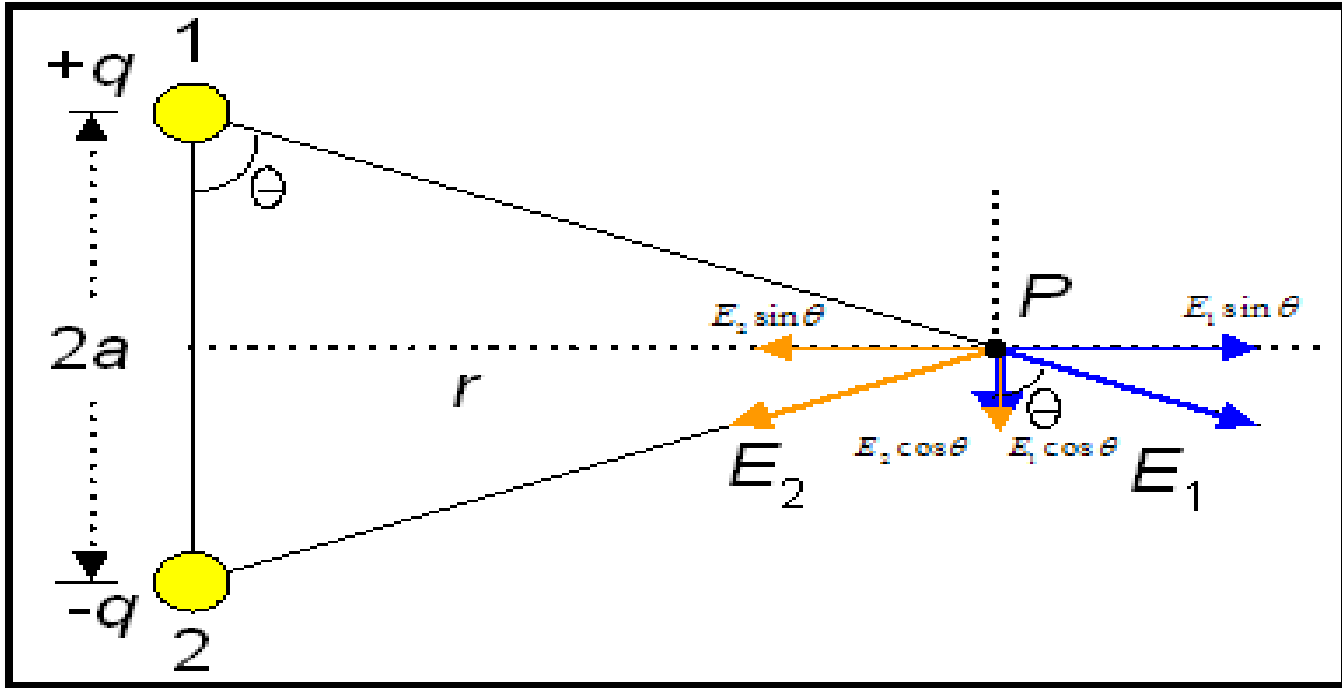
$$E_y = E_3 = 28.8 \times 10^4 \text{ N/C}$$

$$E_p = \sqrt{(36 \times 10^4)^2 + (28.8 \times 10^4)^2} = 46.1 \text{ N/C}$$

$$\theta = 141^\circ$$

## مسائل على المجال الكهربائي

- في الشكل المقابل احسبي المجال الكهربائي عند النقطة  $P$  التي تقع على طول محور  $x$  ونبعد مسافة  $r$  عن منتصف المسافة بين الشحنتين. خذي في الاعتبار أن  $r \gg a$ .



## الحل:

$$\vec{E}_p = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

وحيث أن النقطة  $p$  تبعد عن الشحنتين بنفس المقدار، والشحنتان متساويتان إذاً المجالان متساويان وقيمة

المجال تعطى بالعلاقة

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1}{a^2 + r^2} = E_2$$

لاحظي هنا أن المسافة الفاصلة هي ما بين الشحنة والنقطة المراد إيجاد المجال عندها.

نحلل متجه المجال إلى مركبتين كما في الشكل أعلاه.

$$E_x = E_1 \sin\theta - E_2 \sin\theta$$

$$E_y = E_1 \cos\theta + E_2 \cos\theta = 2E_1 \cos\theta$$

$$E_p = 2E_1 \cos\theta$$

$$E_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2q}{a^2 + r^2} \cos\theta$$

من الشكل:

$$\cos\theta = \frac{a}{\sqrt{a^2 + r^2}}$$

$$E_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_o} \frac{2q}{a^2 + r^2} \frac{a}{\sqrt{a^2 + r^2}}$$

$$E_p = \frac{2aq}{4\pi\epsilon_o (r^2 + a^2)^{3/2}}$$

The direction of the electric field in the -ve y-axis.

when  $r \gg a$

$$\therefore E = \frac{2aq}{4\pi\epsilon_o r^3}$$

يتضح مما سبق أن المجال الكهربائي الناشئ عن electric dipole عند نقطة واقعة على العمود المنصف بين الشحنتين يكون اتجاهه في عكس اتجاه electric dipole momentum وبالنسبة للنقطة البعيدة عن electric dipole فإن المجال يتناسب عكسيا مع مكعب المسافة، وهذا يعني أن تناقص المجال مع المسافة يكون أكبر منه في حالة شحنة واحدة فقط.

مثال (5-1)

احسب المجال الكهربائي وحدد اتجاهه عند النقطة  $a$  كما في الشكل التالي ، ثم احسب المجال إذا كانت

$$q = 5 \times 10^{-6} \text{ C} , r = 0.3 \text{ m}$$

