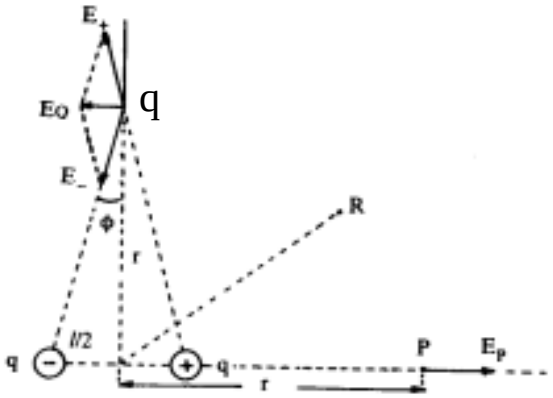
المجال الكهربائي الناشئ عن ثنائي القطب الكهربائي



شكل (٤-١): المجال الكهربي عند P على محور ذي القطبين و q على العمودي على المحور

يمثل شكل (٤-١) ذا قطبين شحنة كل من قطبية q والمسافة بينهما l. لإيجاد شدة المجال E_p عند النقطة p التي تقع على امتداد المحور وعلى بعد r من المنتصف تطبق المعادلة (١٧-١) فنجد أن:

$$\vec{E_p} = \vec{E_+} + \vec{E_-}$$

$$\therefore E_p = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left\{\frac{q}{(r-\frac{l}{2})^2} - \frac{q}{(r+\frac{l}{2})^2}\right\}$$

$$= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{(r+l/2)^2-(r-l/2)^2}{(r^2-l^2/4)^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{2qrl}{(r^2-l^2/4)^2} \quad \ldots \quad (١٨أ-١)$$

فإذا كانت المسافة l صغيرة بالنسبة للمسافة r فإنه يمكن إهمال $\frac{l^2}{4}$ مقارنة مع قيمة r^2 وبذلك يمكن الحصول على:

$$\therefore E_p = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{2ql}{r^3} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{2P}{r^3} \quad \ldots\ldots \quad (١٨ب-١)$$

حيث

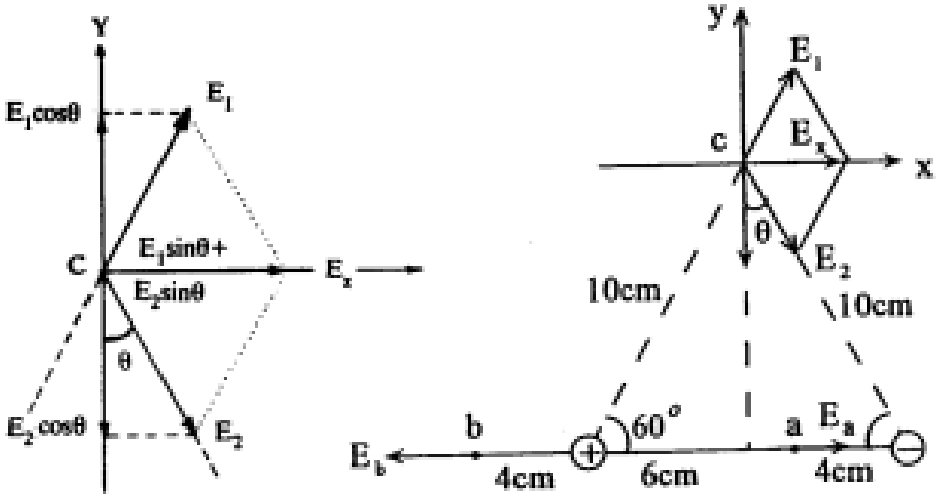
$$P = ql \quad \ldots\ldots\ldots \quad (١٩-١)$$

ويعرف P بالعزم الكهربي لذي القطبين (electric dipole moment) ***وهو حاصل ضرب شحنة أحد القطبين في المسافة بينهما***، وتقع P على محور ذي القطبين ويتجه من الشحنة السالبة إلى الشحنة الموجبة.

مثال

شحنتان 12×10^{-9} C و -12×10^{-9} C البعد بينهما 10cm كما في الشكل التالي

احسب شدة المجال الناتج من هاتين الشحنتين عند النقاط a, b, c.



الحـــل

لحل هذه المسألة نستخدم المعادلة (١٧ـ١).

أ ـ بالنسبة لشدة المجال عند النقطة a : متجه مجال الشحنة الموجبة يتجه نحو اليمين وقيمته:

$$E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{12 \times 10^{-9}}{(0.06)^2} = 3.0 \times 10^4 \text{ N/C}$$

ومتجه مجال الشحنة السالبة يتجه أيضا نحو اليمين وقيمته:

$$E_2 = 6.75 \times 10^4 \text{ N/C}$$

$$\therefore E_a = E_1 + E_2 = (3.0 + 6.75) \times 10^4 = 9.75 \times 10^4 \text{ N/C}$$

ب ـ بالنسبة للنقطة b : فمتجه مجال الشحنة الموجبة يتجه نحو الشمال وقيمته:

$$E_1 = 9 \times 10^9 \times \frac{12 \times 10^{-9}}{(0.04)^2} = 6.75 \times 10^4 \text{ N/C}$$

ومتجه مجال الشحنة السالبة يتجه نحو اليمين وقيمته:

$$E_2 = 0.55 \times 10^4 \text{ N/C}$$

$$\therefore E_b = E_1 - E_2 = (6.75 - 0.55) \times 10^4 = 6.20 \times 10^4 \text{ N/C}$$

جـ ـ ولحساب محصلة المجال عند النقطة c سوف نتبع طريقة تحليل المتجهات رأسيا وأفقيا ومنه نحصل على :

$$E_x = E_1 \sin\theta + E_2 \sin\theta \qquad E_y = E_1\cos\theta - E_2\cos\theta$$

ونظرا لأن $E_1 = E_2$ وكذلك $\theta = 30^\circ$ فإن :

$$E_x = 2E_1 \sin 30 = 2 \times \frac{1}{2} E_1 = E_1$$

$$\therefore E_x = 9 \times 10^9 \times \frac{12 \times 10^{-9}}{(0.1)^2} = 1.08 \times 10^4 \, N/C$$

أما محصلة E_y فهي :

$$E_y = 0$$

$$\therefore E_c = E_x = 1.08 \times 10^4 \, N/C$$

المصادر

١- اساسيات الكهربائية والمغناطيسية ، تأليف يحيى عبد الحميد الحاج علي / وزارة التعليم العالي والبحث العلمي / جامعة الموصل ١٩٩٦

٢- الكهربائية والمغناطيسية ، تأليف يحيى عبد الحميد الحاج علي / وزارة التعليم العالي والبحث العلمي / جامعة الموصل.

٣- الكهربائية والمغناطيسية ، تأليف ابراهيم ناصر ابراهيم علي /الجزء الثاني/ وزارة التعليم العالي والبحث العلمي / جامعة بغداد ١٩٨٦