اعداد

م.م. احمد محمد خضر م.م. عبير ابراهيم اعشوي

المحاضرة الرابعة

الفيزياء العامة

المجال الكهربائي (Electric Field)

يعرّف المجال الكهربائي لشحنة في نقطة ما بأنه القوة التي يؤثر بها ذلك المجال في شحنة إختبار صغيرة موجبة (q_o) موضوعة في تلك النقطة مقسومة على مقدار تلك الشحنة ، بمعنى آخر مقدار وإتجاه القوة المؤثرة على وحدة الشحنة في تلك النقطة ، أي أن :

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_E}{q_o} \ldots (3-12)$$

$$\vec{E} = k\frac{q_1 q_o}{r^2 q_o}$$

$$\vec{E} = k\frac{q}{r^2} \ldots (4-12)$$

ويوضّح المعادلة الأخيرة المجال الكهربائي لشحنة نقطية مقدارها (q) على بعد (r) منها ، وتكون قيمة المجال موجبة أو سالبة معتمدة على نوع شحنة المصدر ، أما إتجاهه فهو يخرج من الشحنة الموجبة وينتهي في الشحنة السالبة ، ويقاس المجال الكهربائي بوحدة (N/C) ، ولما كانت القوة كمية متجهة فإن المجال الكهربائي يكون كمية متجهة أيضا أي يتم تحديده من خلال مقداره وإتجاهه .

إذا إفترضنا أن شحنة إختبار موجبة حرة الحركة صغيرة موضوعة في مجال شحنة كهربائية ، فإن مجموع المسارات التي ستسلكها شحنة الإختبار حول الشحنة الكهربائية عند وضعها في مجالها تسمى بخطوط المجال الكهربائي التي تتصف بالآتي :

1- يكون إتجاه خطوط المجال الكهربائي بحيث تبدو خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة في الشحنة السالبة ، ويدل إتجاه المماس لخط المجال عند أي نقطة على إتجاه المجال الكهربائي عند تلك النقطة ، كما ويدل عدد خطوط المجال والذي يقطع وحدة المساحة على شدة المجال الكهربائي في تلك المنطقة .

2- يتناسب عدد الخطوط الخارجة من الشحنة الموجبة أو الداخلة في الشحنة السالبة تناسبا طرديا مع مقدار الشحنة .

3- خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع لأنها لو تقاطعت لوجد أكثر من إتجاه للمجال عند نقطة واحدة وهذا مرفوض فيزياويا .

يعرّف المجال الكهربائي المنتظم بأنه ((**مجال الشحنة ذو المقدار الثابت والإتجاه الثابت بكل مواقع المجال ، ولأجل تشكّل مجال كهربائي منتظم يلزمنا لوحين معدنيين ، متوازيين ، البعد صغير جدا مقارنة بأبعادهما ، ومشحونين بشحنتين مختلفتين**)) .

مثال : إحسب كل مما يأتي :

1 - شدة المجال الكهربائي ($\vec{E}$) عند مسافة ($30cm$) من شحنة نقطية ($q_1 = 5x10^{-9}C$) ؟

الحل :

$$\vec{E} = k\frac{q}{r^2}...(4-12)$$

$$\vec{E} = (9x10^9 N.m^2/C^2)\frac{(5x10^{-9}C)}{(0.30m)^2}$$

$$\boxed{\vec{E} = 500N/C}$$

2 - القوة المؤثرة على الشحنة ($q_2 = 4x10^{-10}C$) موضوعة على بعد ($30cm$) من (q_1) ؟

الحل :

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_E}{q_o}...(3-12)$$

$$\vec{F} = \vec{E}.q_2 = (500)(4x10^{-10})$$

$$\boxed{\Rightarrow \vec{F} = 2x10^{-7}N}$$

و الإشارة الموجبة تشير إلى أن نوع القوة بين الشحنتين هي (**قوة تنافر**).

3 - القوة المؤثرة على الشحنة ($q_3 = -4x10^{-10}C$) موضوعة على بعد ($30cm$)من (q_1) (في غياب q_2) ؟

الحل :

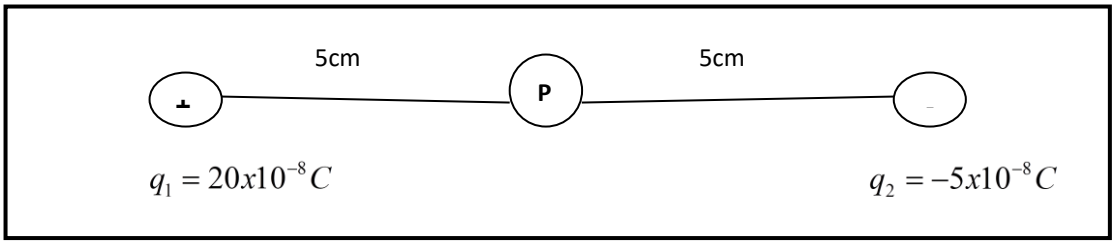
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_E}{q_o} ...(3-12)$$

$$\vec{F} = \vec{E}.q_3 = (500)(-4x10^{-10})$$

$$\boxed{\Rightarrow \vec{F} = -2x10^{-7}\,N}$$

و الإشارة السالبة تشير إلى أن نوع القوة بين الشحنتين هي (**قوة تجاذب**).

مثال : بالنسبة للحالة الموضّحة في الشكل الآتي ، أوجد :



1- شدة المجال الكهربائي ($\vec{E}$) عند النقطة (P) التي تمثل شحنة إختبار موجبة ؟

2- القوة المؤثرة على الشحنة ($-4x10^{-8}C$) موضوعة عند النقطة (P) ؟

الحل :

1 - شحنة الإختبار الموجبة موضوعة عند (P) سوف تتنافر بتأثير الشحنة الموجبة (q_1) وتنجذب إلى اليمين بتأثير الشحنة السالبة (q_2) ، وحيث أن ($\vec{E}_1$) و ($\vec{E}_2$) لهما نفس الإتجاه ، فإنه يمكننا جمع مقداريهما (بدون إستخدام إشارات الشحنات الكهربائية لأننا نريد مقدار المجال فقط) لإيجاد مقدار محصلة المجال :

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

$$\vec{E} = k\frac{q_1}{r_1^{\,2}} + k\frac{q_2}{r_2^{\,2}}$$

$$\vec{E} = \frac{k}{r_1^{\,2}}(q_1 + q_2)$$

حيث ($r_1 = r_2 = 0.05m$) ، ولذلك :

$$\vec{E} = (9x10^9\,N.m^2/C^2)\frac{((20x10^{-8}) + (5x10^{-8}))}{(0.050m)^2}$$

$$\vec{E} = (9x10^{9}\, N.m^{2}/C^{2})\frac{(25x10^{-8}C)}{(0.050m)^{2}}$$

$$\boxed{\vec{E} = 9x10^{5}\, N/C}$$

ويكون إتجاهه نحو اليمين .

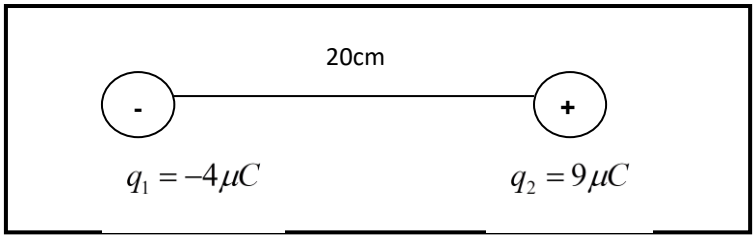
2 - شحنة ($-4x10^{-8}C$) موضوعة عند (P) ستتأثر بقوة ($\vec{E}.q$) وتساوي :

$$\vec{F}_{E} = \vec{E}.q = (9x10^{5}\, N/C)(-4x10^{-8}C)$$

$$\boxed{\Rightarrow \vec{F}_{E} = -0.036\, N}$$

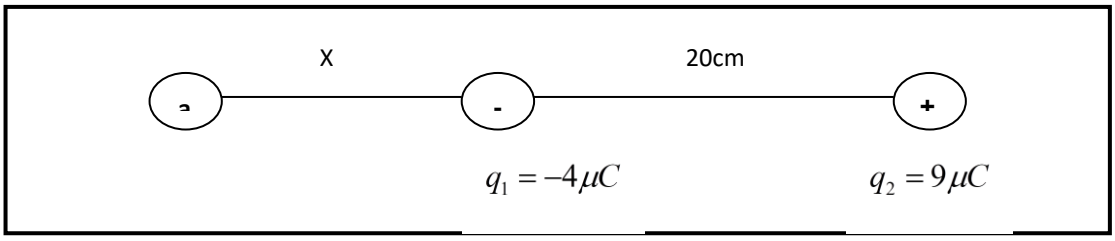
ملاحظة : تعرّف نقطة التعادل في المجال الكهربائي على أنها المنطقة التي تكون محصلة شدة المجال الكهربائي عندها مساوية للصفر (أي أن المجالين يكونان متساويين بالمقدار ومتعاكسين بالإتجاه) ، بمعنى آخر إذا وضعت أي شحنة عندها تصبح مستقرة .

مثال : من الشكل الآتي ، حدّد نقطة التعادل لشحنتين مقدارهما ($-4\mu C$ و $+9\mu C$) والبعد بينهما ($20cm$) ؟



الحل :

إن موقع نقطة التعادل سوف يكون خارج المنطقة المحصورة بين الشحنتين لأنهما مختلفتان ، لذلك فإنها تتجه نحو الشحنة الأصغر وتقع على بعد (X) من الشحنة ($-4\mu C$) عند النقطة (a) :



بما أن نقطة التعادل تكون عندها محصلة شدة المجال الكهربائي مساوية للصفر ، إذا :

$$\sum \vec{E} = 0 \Rightarrow \vec{E}_{1} + \vec{E}_{2} = 0$$

أي أن المجالين متساويين بالمقدار

$$\vec{E}_1 = -\vec{E}_2$$

أي أن المجالين متعاكسيين في الإتجاه

$$\because \vec{E} = k\frac{q}{r^2} ...(4-16)$$

$$\boxed{k\frac{q_1}{r_1^2} = -k\frac{q_2}{r_2^2}}$$

$$(9x10^9)\frac{(-4x10^{-6})}{(Xx10^{-2})^2} = -(9x10^9)\frac{(9x10^{-6})}{((20+X)x10^{-2})^2}$$

$$(9x10^9)\frac{(4x10^{-6})}{X^2x10^{-4}} = (9x10^9)\frac{(9x10^{-6})}{(20+X)^2x10^{-4}}$$

$$\sqrt{\frac{4}{X^2}} = \sqrt{\frac{9}{(20+X)^2}}$$

$$\frac{2}{X} = \frac{3}{20+X} \quad \boxed{\Rightarrow X = 40cm}$$

أي أن نقطة التعادل تقع على بعد $(40cm)$ من الشحنة $(-4\mu C)$ خارج المنطقة المحصورة بين الشحنتين وعلى إمتداد الخط الواصل بينهما .