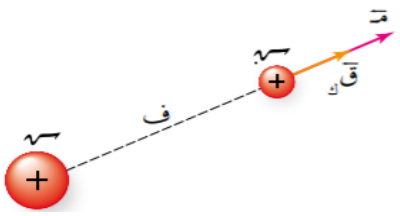
المجال الكهربائي الناشئ عن شحنات نقطية

Electric field due to point charges

يبين الشكل نقطة تقع في المجال الكهربائي لشحنة نقطية (ش) على بعد (ف) منها، فإذا وضعت شحنة نقطية (ش.) عند تلك النقطة فإن المجال الكهربائي يؤثر فيها بقوة كهربائية (ق ك) وبما أن الشحنة الكهربائية المولدة للمجال الكهربائي نقطية، وكذلك الشحنة الكهربائية المتأثرة (ش.) فإنه طبقًا لقانون كولوم؛ تكون القوة الكهربائية المؤثرة في (ش.)

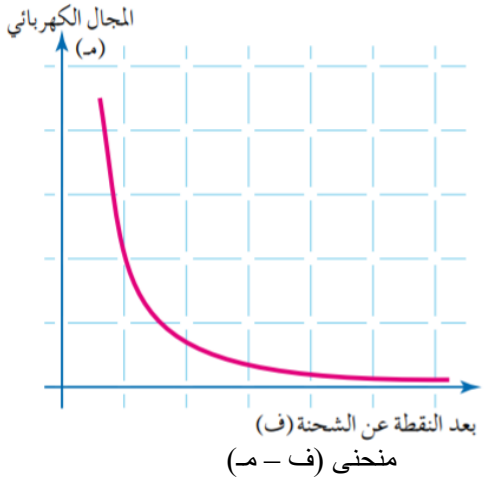


$$ق_ك = \frac{أ\ ش\ ش.}{ف^2}$$

$$\overleftarrow{م} = \frac{أ\ ش\ ش.}{ف^2 \times ش.}$$، وباختصار (ش.) فإن:

$$\overleftarrow{م} = \frac{أ\ ش}{ف^2}$$

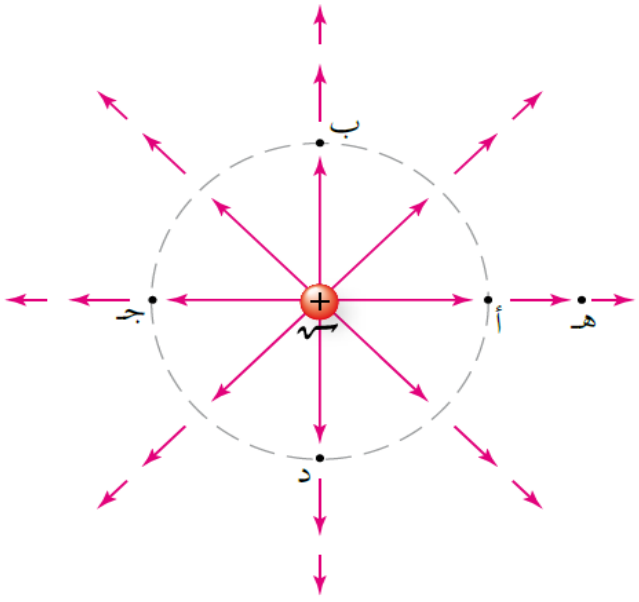
تبين العلاقة الأخيرة أن مقدار المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية عند نقطة في الهواء يتناسب طرديا مع مقدار الشحنة الكهربائية المولدة للمجال الكهربائي(المصدر)، و عكسيا مع مربع المسافة بين الشحنة الكهربائية والنقطة المراد حساب المجال عندها. ويبين الشكل التمثيل البياني للعلاقة بين المجال الكهربائي الناشئ عند نقطة وبعد هذه النقطة عن الشحنة .



منحنى (ف – م)

المجال الكهربائي غير منتظم

يعد المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية مجالًا غير منتظم أي أنه غير ثابت في المقدار والاتجاه. ففي الشكل يكون مقدار المجال الكهربائي عند النقاط (أ،ب،جـ،د) متساوياً؛ لأن لهذه النقاط البعد نفسه عن الشحنة النقطية (س) ، إلا أن اتجاه المجال الكهربائي عند كل منها مختلف، وكذلك فإن مقدار المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) أقل من مقداره عند النقطة (أ) بالرغم من أن للمجال الكهربائي الاتجاه نفسه عند هاتين النقطتين.



المجال الكهربائي لشحنة نقطية موجبة

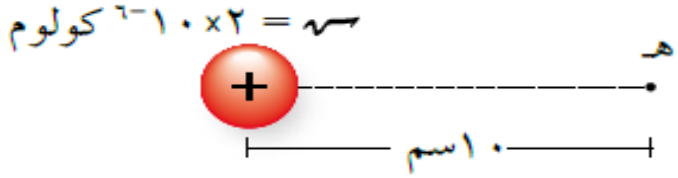
كيف نحسب المجال الكهربائي عند نقطة ؟

الجواب : نفرض وجود شحنة اختبار صغيرة موجبة في تلك النقطة .

ماذا نعني بقولنا أن المجال الكهربائي عند نقطة يساوي(٧.٥) نيوتن / كولوم ؟

الحل :أي أن كل كولوم عند تلك النقطة يتأثر بقوة كهربائية مقدارها (٧.٥) نيوتن

مثال (١-١): يبين الشكل شحنة نقطية مقدارها ٢ × ١٠^-٦ كولوم ، وضعت في الهواء،اذا كانت (هـ) نقطة تقع في مجال الشحنة الكهربائية وعلى بعد (١٠) سم منها فجد عند النقطة (هـ) :



١- المجال الكهربائي مقداراً واتجاهاً.

٢- القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة مقدارها(١٠^-٩ × ١٠^-٩) كولوم توضع عند هذه النقطة مقداراً واتجاهاً.

الحل:

١- نحسب مقدار المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) من العلاقة:

$$م_{هـ} = \frac{أ_{س}}{ف^{٢}} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٢ \times ١٠^{-٦}}{(١٠ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$$

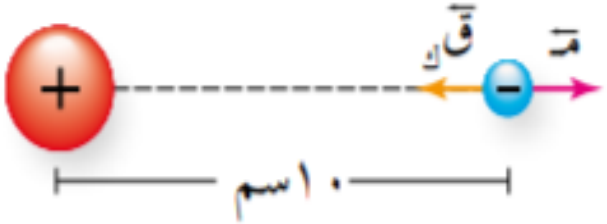
م هـ = ١٨ × ١٠^٤ نيوتن/ كولوم .

ونحدد اتجاه المجال الكهربائي باتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة اختبار موجبة نفترض وجودها عند النقطة (هـ)، فيكون اتجاه المجال الكهربائي باتجاه المحور السيني الموجب.

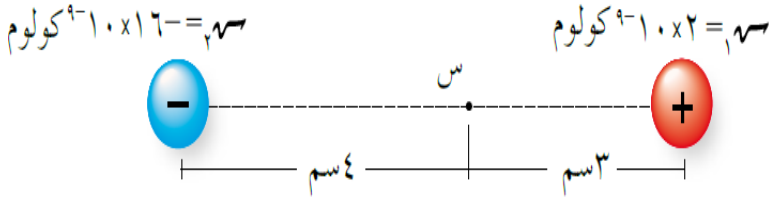
٢- يحسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة توضع عند النقطة (هـ) من العلاقة: ق ك = م هـ × س

= ١٨ × ١٠^٥ × ٢ × ١٠^-٩ = ٣٦ × ١٠^-٩ نيوتن.

لاحظ ان مقدار الشحنة الكهربائية يعوض من غير الإشارة ، وإذا كانت الشحنة المتأثرة سالبة،فإن اتجاه القوة الكهربائية يكون بعكس المجال الكهربائي؛ أي باتجاه المحور السيني السالب



مثال(١-٢): يبين الشكل شحنتين نقطيتين موضعتين في الهواء،بالاعتماد على البيانات المثبتة في الشكل،جد :



١- المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (س) مقدارا واتجاها.
٢- القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة مقدارها(٢) بيكو كولوم توضع عند النقطة (س) مقدارا واتجاها.

الحل:

١- نحسب مقدار المجالين الكهربائيين (م١، م٢)عند النقطة(س) الناشئتين عن الشحنتين (ش١،ش٢) على الترتيب من العلاقة :

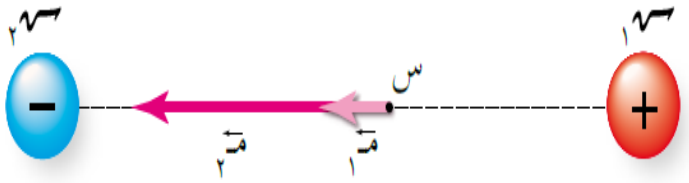
$$م_1 = \frac{أ ش_1}{ف_1^2} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٢ \times ١٠^{-٩}}{(٣ \times ١٠^{-٢})^2}$$

= ٢ × ١٠^٤ نيوتن ، / كولوم باتجاه المحورالسيني السالب

$$م_2 = \frac{أ ش_2}{ف_2^2} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{١٦ \times ١٠^{-٩}}{(٤ \times ١٠^{-٢})^2}$$

= ٩ × ١٠^٤ نيوتن/ كولوم ، باتجاه المحورالسيني السالب

بما ان المجالين الكهربائيين (م١،م٢) بالاتجاه نفسه كما في الشكل فان المجال الكهربائي المحصل يساوي حاصل جمعهما:



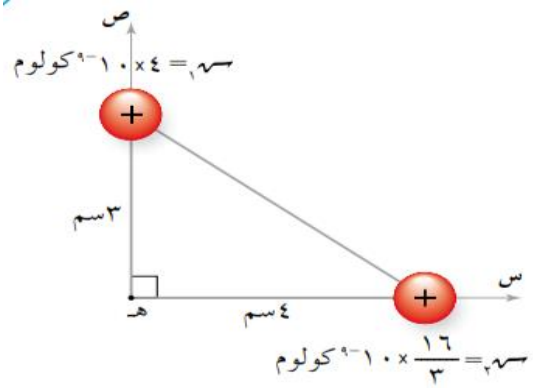
م = م١ + م٢ = ١١ × ١٠^٤ نيوتن/كولوم باتجاه السيني الموجب

٢- تتأثر الشحنة الكهربائية (٢) بيكوكولوم الموضوعة عند النقطة (س) في المجال الكهربائي المحصل (م)، بقوة كهربائية محصلة

تحسب من العلاقة: ق = م ش. = ١١ × ١٠^٤ × ٢ × ١٠^-١٢ = ٢٢ × ١٠^-٨ نيوتن.

ويكون اتجاه القوة الكهربائية مع اتجاه المجال الكهربائي المحصل؛ أي باتجاه المحور السيني السالب ؛ لأن الشحنة الكهربائية المتأثرة موجبة.

(١-٣): شحنتان نقطيتان موضعتان في الهواء، كما يبين الشكل . جد المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (هـ) مقدارا واتجاها



الحل: مـ١ = $\frac{\text{أ سـ١}}{\text{ف}_1^2}$ = ٩ × ١٠^٩ × $\frac{٤ \times ١٠^{-٩}}{٣^2 \times ١٠^{-٤}}$

$\overleftarrow{\text{مـ}_1}$ = ٤ × ١٠^٤ نيوتن/ كولوم، باتجاه المحور السيني الموجب

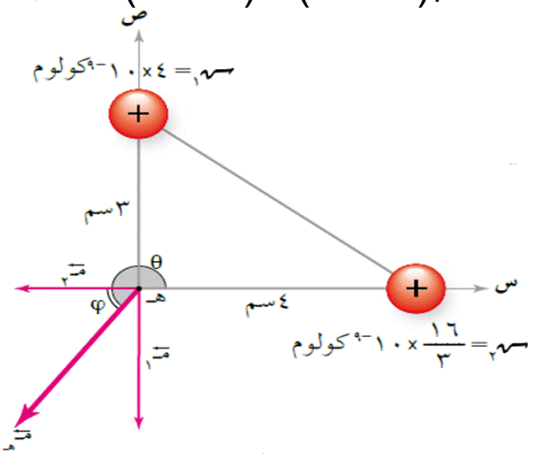
مـ٢ = $\frac{\text{أ سـ٢}}{\text{ف}_2^2}$ = ٩ × ١٠^٩ × $\frac{\frac{١٦}{٣} \times ١٠^{-٩}}{٤^2 \times ١٠^{-٤}}$

$\overleftarrow{\text{مـ}_2}$ = ٣ × ١٠^٤ نيوتن/ كولوم، باتجاه المحور السيني السالب

وبما أن المجالين الكهربائيين($\overleftarrow{\text{مـ}_1}$ ، $\overleftarrow{\text{مـ}_2}$) متعامدان كما في الشكل التالي،فأن المجال الكهربائي المحصل يحسب من قاعدة فيثاغورس

مـ$_هـ$ = $\sqrt{(\text{مـ}_1)^2 + (\text{مـ}_2)^2}$

= $\sqrt{(٤ \times ١٠^٤)^2 + (٣ \times ١٠^٤)^2}$ = $\sqrt{٢٥}$ × ١٠^٤ = ٥ × ١٠^٤ نيوتن / كولوم



ويبين الشكل السابق أن المجال الكهربائي المحصل يصنع زاوية (φ)

مع المحور السيني السالب،حيث ظا φ = $\frac{\text{مـ}_1}{\text{مـ}_2}$ = $\frac{٤}{٣}$ ،، فتكون φ = ٥٣°

ويحدد اتجاه المجال الكهربائي المحصل بالزاوية المح صورة بين المحور السيني الموجب والمجال الكهربائي المحصل (θ)؛بعكس دوران عقارب الساعة،وعليه تكون:

θ = (١٨٠ + ٥٣) = ٢٣٣°

$\overleftarrow{\text{مـ}_1}$ = ٤ × ١٠^٤ نيوتن/ كولوم، ٢٣٣°

سؤال١: شحنة اختبار مقدارها ٣ × ١٠$^{-٩}$ كولوم (لاحظ صغر مقدارها) تم وضعها عند نقطة (أ) مفروضة في مجال كهروستاتيكي.تبين بالقياس أن مقدار القوة المؤثرة عليها يساوي ١٢ × ١٠$^{-٨}$ نيوتن. احسب

١- شدة المجال عند (أ).

٢- القوة المؤثرة على شحنة مقدارها ١٨ كولوم تم وضعها عند النقطة (أ).

سؤال٢: شحنتان نقطتيتان (٢٥ × ١٠$^{-٣}$) ميكروكولوم ، (-٢٥ ×١٠$^{-٣}$) ميكروكولوم ، وضعتا في الهواء على بعد (٨) م من بعضهما ، احسب :

١. المجال الكهربائي عند نقطة على العمود المنصف للبعد بين الشحنتين وعلى بعد (٣) م منه .

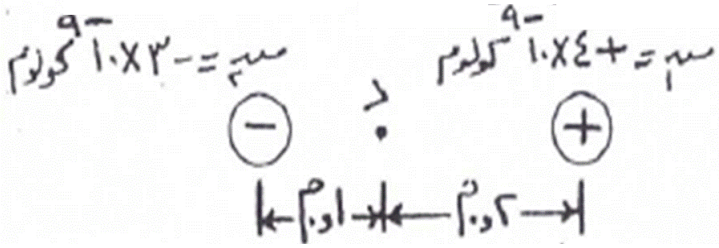
٢. القوة التي يتأثر بها إلكترون يوضع عند النقطة السابقة ، علما بأن ش$_{الكترون}$ =١.٦ × ١٠$^{-١٩}$ كولوم.

سؤال٣: يمثل الشكل المجاور شحنتان نقطتيتان موضوعتان في الهواء،

اعتمادا على البيانات المثبتة في الشكل، احسب :

١- القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين.

٢- المجال الكهربائي عند النقطة (د) مقدارا واتجاها.



إعداد المعلم مصطفى دعمس