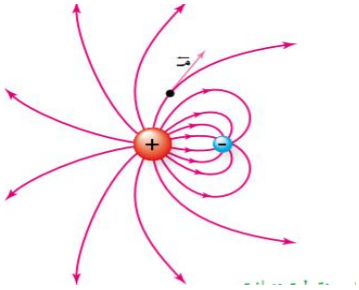
المجال الكهربائي عند نقطة

يعرف بأنه القوة الكهربائية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة عند تلك النقطة. وبالرموز :

$$\overleftarrow{م} = \frac{\overleftarrow{ق}_ك}{ك}$$

لاحظ الأسهم التي تدل ان المجال الكهربائي والقوة الكهربائية كميتين متجهتين.ويمكن حساب المجال الكهربائي عند نقطة ما من العلاقة التالية:



$$م = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{ك}{ف^{٢}}$$

سؤال : ما وحدة قياس المجال الكهربائي ؟

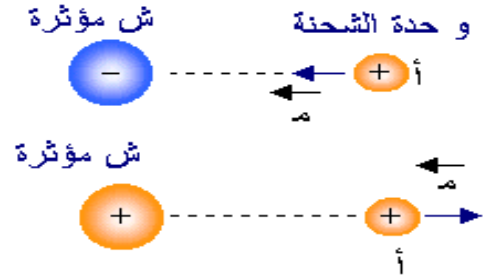
يقاس المجال الكهربائي بوحدة (نيوتن / كولوم) .

ما مصادر المجال الكهربائي؟

ينتج المجال الكهربائي عن الشحنات الكهربائية.

كيف يمكن تحديد اتجاه المجال الكهربائي؟

المجال الكهربائي كمية متجهة يحدد اتجاهه عند نقطة باتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة الاختبار الموجبة الموضوعة عند تلك النقطة . ويمكن تحديده من خلال المسار الذي تتبعه وحدة الشحنة كما هو موضح في الشكل .ومن المهم الانتباه :



١. أنها تتحرك بفعل التنافر بينها وبين الشحنة الموجبة على الكرة.
٢. أن مسارها هو الخط الهندسي الذي نقطة بدئه هي (أ) والذي يقع على الخط الواصل بين الشحنتين.
٣. يشير رمز السهم إلى اتجاه الحركة ، ولو بقيت شحنة الاختبار حرة لظلت تتحرك إلى مسافات كبيرة .
٤. اذا كانت النقطة المطلوب عندها حساب المجال مشحونة نهمل شحنتها ونعتبرها شحنة اختبارية صغيرة ؛لأن المجال الكهربائي لا يعتمد على مقدار شحنة الاختبار.
٥. يكون اتجاه المجال بنفس اتجاه القوة المؤثرة عليها ،ولكن إذا كانت الشحنة سالبة فإن القوة بعكس المجال .

خطوط المجال الكهربائي

خط المجال الكهربائي : المسار الذي تسلكه شحنة اختبار موجبة حرّة الحركة، عند وضعها في مجال كهربائي.

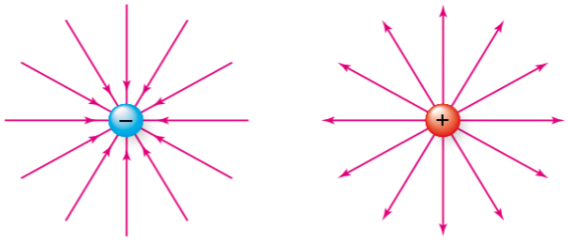
خصائص خطوط المجال الكهربائي:

١. تتجه خطوط المجال الكهربائي **خارجه من الشحنة الموجبة**، وداخله في الشحنة السالبة.

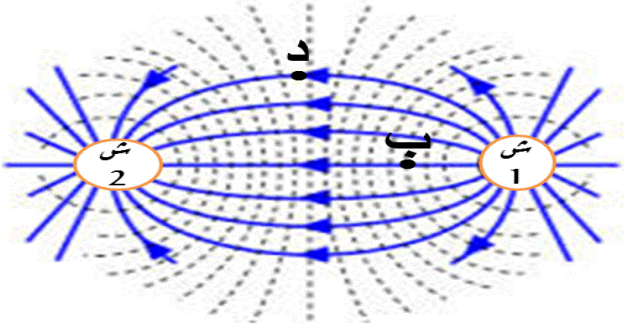
٢.خطوط المجال الكهربائي **لا تتقاطع**.

٣. تدل **كثافة خطوط المجال الكهربائي** في منطقة ما (عدد الخطوط التي تخترق وحدة المساحة عموديًّا) على **مقدار المجال الكهربائي**؛ حيث يكون مقدار المجال الكهربائي كبيرًا في المنطقة التي تتقارب فيها الخطوط، بينما يكون مقداره صغيرًا في المنطقة التي تتباعد فيها الخطوط.
٤. **يُحدَّد اتجاه المجال الكهربائي** عند نقطة ما **برسم مماس** لخط المجال الكهربائي عند تلك النقطة.

٥. تكون خطوط المجال متراصة وقريبة من الشحنة وتتباعد عن بعضها كلما ابتعدت عن الشحنة.



يبين الشكل خطوط المجال الكهربائى حول شحنتين نقطيتين،تأمل الشكل ثم اجب عما يلي:



أ- ما نوع كل من الشحنتين (ش١،ش٢)؟
ب- أي النقطيتين(ب،د) المجال الكهربائي أكثر مقداراً .ولماذا؟
ج- استنتج ثلاثة خصائص لخطوط المجال الكهربائي.

• فسر لماذا لا تشكل خطوط المجال الكهربائي مسارات مغلقة.

إن خط المجال الكهربائي هو المسار الوهمي لحركة شحنة الاختبار، والمسار المغلق يتطلب عودة شحنة الاختبار نحو الشحنة الموجبة التي خرج منه خط المجال، ولا يمكن أن يحدث ذلك بسبب تنافر شحنة الاختبار الموجبة مع الشحنة الموجبة المولدة للمجال.

• لماذا لا تتقاطع خطوط المجال الكهربائي ؟

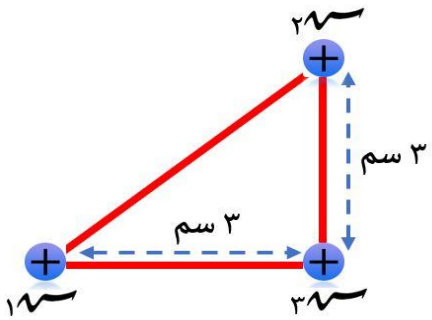
لأنها لو تقاطعت يأخذ المجال في نقطة التقاطع أكثر من اتجاه وهذا مستحيل ،يخالف مفهوم الكمية المتجهة.

• كيف يمكن الكشف عن أن خط المجال يتجه من الشحنة الموجبة إلى الشحنة السالبة.

عند وضع شحنة اختبار موجبة على خط المجال نجدها تتحرك مبتعدة عن الشحنة الموجبة ومقتربة من الشحنة السالبة، فاتجاه المجال هو اتجاه حركة شحنة الاختبار الموجبة.

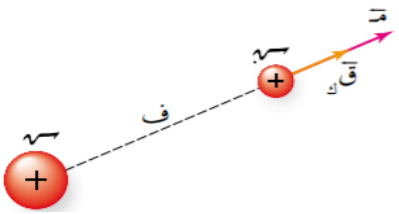
سؤال:

وضعت ثلاث شحنات نقطية على رؤوس مثلث قائم الزاوية، كما هو موضّح في الشكل. احسب القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة $\overrightarrow{ش_3}$ إذا علمت أن: $\overrightarrow{ش_1}$ = ٢ ميكرو كولوم، $\overrightarrow{ش_2}$ = ١.٥ ميكرو كولوم، $\overrightarrow{ش_3}$ = ٢ ميكرو كولوم.



ما العوامل التي يعتمد عليها المجال الكهربائي عند نقطة تقع في مجال تلك الشحنة؟

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.)

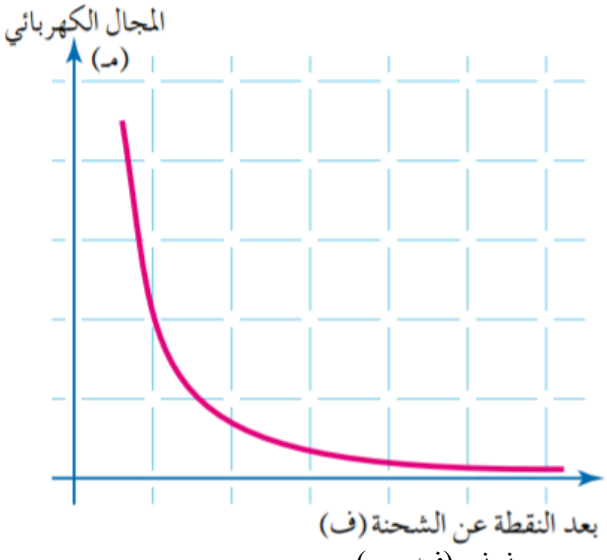


$$ق_ك = \frac{أ \times ش \times ش.}{ف^2}$$

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

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

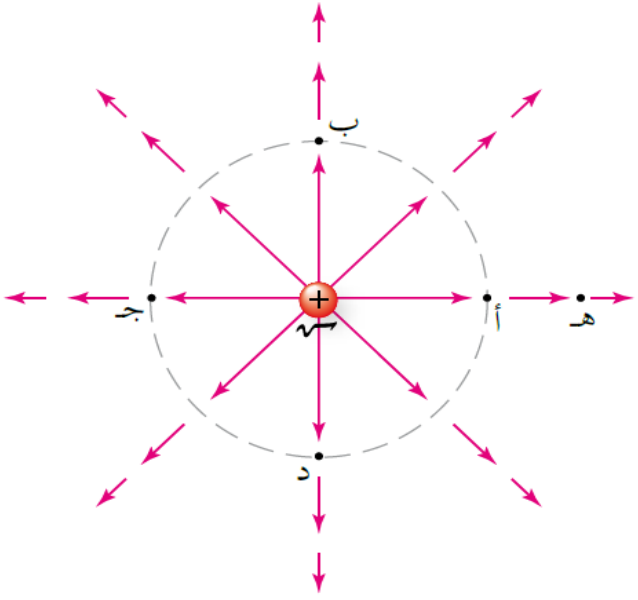
تبين العلاقة الأخيرة أن مقدار المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية عند نُقطة في الهواء يتناسب طردياً مع مقدار الشحنة الكهربائية المولدة للمجال الكهربائي (المصدر)، و عكسياً مع مربع المسافة بين الشحنة الكهربائية والنقطة المراد حساب المجال عندها. ويبين الشكل التمثيل البياني للعلاقة بين المجال الكهربائي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



منحنى (ف – مـ)

المجال الكهربائي غير منتظم

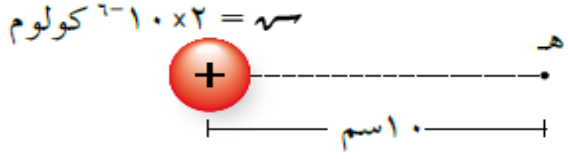
يعد المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية مجالًا غير منتظم أي أنه غير ثابت في المقدار والاتجاه. ففي الشكل يكون مقدار المجال الكهربائي عند النقاط (أ،ب،جـ،د) متساوياً؛ لأن لهذه النقاط البعد نفسه عن الشحنة النقطية (ش) ، إلا أن اتجاه المجال الكهربائي عند كل منها مختلف، وكذلك فإن مقدار المجال الكهربائي عند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



المجال الكهربائي لشحنة نقطية موجبة

ما الفرق بين الشحنة الكهربائية المولدة (المسببة) للمجال الكهربائي والشحنة الكهربائية المتأثرة (الموضوعة ش).

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(٩$^{-}$ × ١٠$^{-٩}$) كولوم توضع عند هذه النقطة مقداراً واتجاهاً.

الحل:

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

مـ١ = $\frac{\text{أ سـ}}{\text{ف}^2}$ = ٩ × ١٠^{٩} × $\frac{٢ \times ١٠^{-٦}}{(١٠ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$

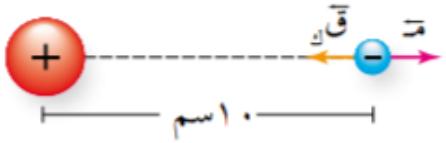
مـ = ١٨ × ١٠^{٤} نيوتن/ كولوم .

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.

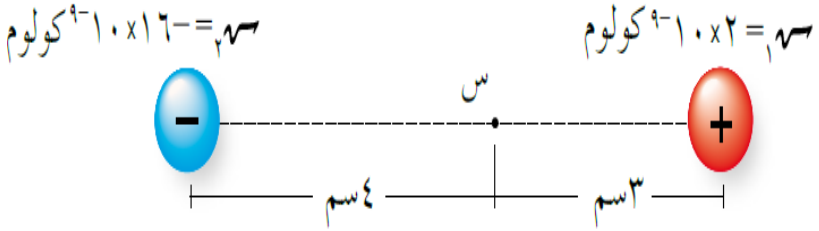
٢- يحسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة توضع عند النقطة (هـ) من العلاقة: **ق ك = مـ سـ**

=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



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



١- *المجال الكهربائي المحصل عند النقطة* (س) *مقداراً واتجاهاً.*

٢- *القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة مقدارها* (٢) *بيكو كولوم توضع عند النقطة* (س) *مقداراً واتجاهاً.*

الحل:

١- نحسب مقدار المجالين الكهربائيين (مـ ١، مـ ٢)عند النقطة(س) الناشئتين عن الشحنتين (سـ١،سـ٢) على الترتيب من العلاقة :

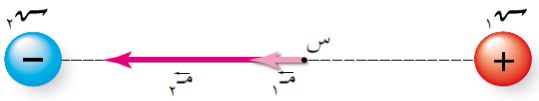
مـ١ = $\frac{\text{أ سـ}_1}{\text{ف}_1^2}$ = ٩ × ١٠^{٩} × $\frac{٢ \times ١٠^{-٩}}{(٣ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$

=٢ × ١٠^{٤} نيوتن ، / كولوم باتجاه المحور السيني السالب

مـ٢ = $\frac{\text{أ سـ}_2}{\text{ف}_2^2}$ = ٩ × ١٠^{٩} × $\frac{١٦ \times ١٠^{-٩}}{(٤ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$

= ٩ × ١٠^{٤} نيوتن/ كولوم ، باتجاه المحور السيني السالب

بما ان المجالين الكهربائيين (مـ١،مـ٢) بالاتجاه نفسه كما في الشكل فان المجال الكهربائي المحصل يساوي حاصل جمعهما:



مـ = مـ١ + مـ٢ = ١١ × ١٠ ^٤ نيوتن/كولوم باتجاه السيني الموجب

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

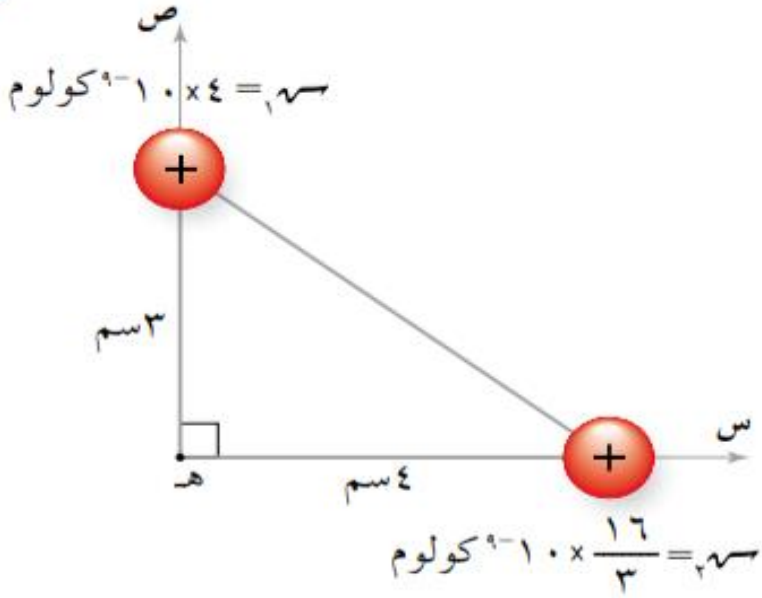
تحسب من العلاقة: **ق = مـ ش**.

= 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) مقداراً واتجاهاً.



الحل: مـ١ = أ ش١ / ف١^٢ = ٩ × ١٠ ^٩ × ٤ × ١٠ ^-٩ / ٩ × ١٠ ^-٤

مـ١ ← = ٤ × ١٠ ^٤ نيوتن/ كولوم ، باتجاه المحور السيني الموجب

مـ٢ = أ ش٢ / ف٢^٢ = ٩ × ١٠ ^٩ × ١٦/٣ × ١٠ ^-٩ / ١٦ × ١٠ ^-٤

مـ٢ ← = ٣ × ١٠ ^٤ نيوتن/ كولوم ، باتجاه المحور السيني السالب

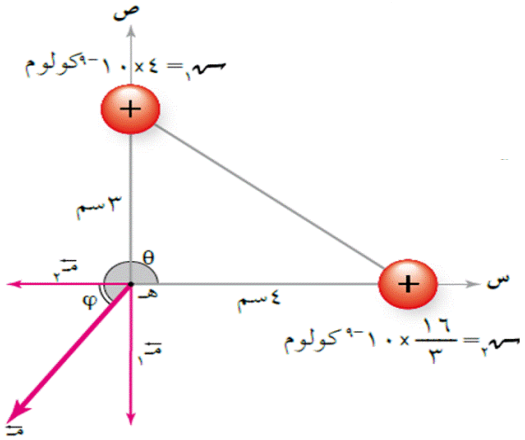
وبما أن المجالين الكهربائيين(مـ١ ← ، مـ٢ ←) متعامدان كما في الشكل التالي،فأن المجال الكهربائي

المحصل يحسب من قاعدة فيثاغورس

$$م_{هـ} = \sqrt{(م_{١})^{٢} + (م_{٢})^{٢}}$$

$$= \sqrt{(٤ \times ١٠^{٤})^{٢} + (٣ \times ١٠^{٤})^{٢}}$$

$$= \sqrt{٢٥} = ٥ \times ١٠^{٤} \text{ نيوتن / كولوم}$$



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

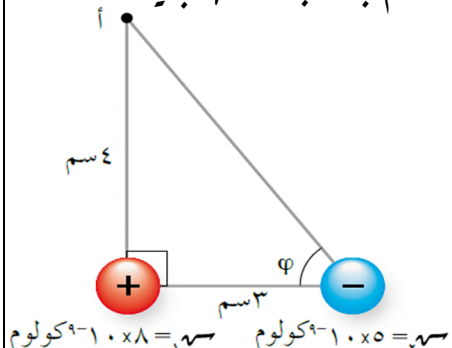
مع المحور السيني السالب،حيث ظا φ $= \frac{م_{١}}{م_{٢}} = \frac{٤}{٣}$ ،، فتكون φ $= ٥٣^{\circ}$

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

$$\theta = (١٨٠ + ٥٣) = ٢٣٣^{\circ}$$

$\overleftarrow{م_{١}} = ٤ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/ كولوم ،٢٣٣°

مثال (١-٤): شحنتان نقطيتان موضوعتان في الهواء،كما هو مبين في الشكل . ادرس الشكل ثم جد المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (أ) مقدارًا واتجاهًا.



الحل:

نحسب مقدار المجال الكهربائي عند النقطة (أ) الناشئ عن كل من الشحنتين باستخدام العلاقة:

$$\overleftarrow{م} = \frac{س_{أ}}{ف^{٢}}$$

$$م_{١} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{٨ \times ١٠^{-٩}}{١٦ \times ١٠^{-٤}} = ٤.٥ \times ١٠^{٤} \text{ نيوتن/ كولوم}$$

باتجاه المحورالصادي الموجب

مـ$_{٢}$ = ٩ × ١٠^{٩} × $\frac{٥ \times ١٠^{-٩}}{٢٥ \times ١٠^{-٤}}$ = ١.٨ × ١٠^{٤} نيوتن/ كولوم

باتجاه يصنع زاوية (φ) مع المحور السيني الموجب ، ولإيجاد محصلة المجالين الكهربائيين، نحلل (مـ ٢) إلى مركبتين، لاحظ الشكل:

مـ$_{٢س}$ = مـ $_{٢}$ جتاϕ = ١.٨ × ١٠^{٤} × $\frac{٣}{٥}$ = ١.٠٨ × ١٠^{٤} نيوتن/كولوم

مـ$_{٢ص}$ = مـ $_{٢}$ جاϕ = ١.٨ × ١٠^{٤} × $\frac{٤}{٥}$

مـ$_{٢ص}$ = ١.٤٤ × ١٠^{٤} نيوتن/ كولوم

نجد مجموع المركبات السينية:

مـ$_{س}$ =١.٨ × ١٠^{٤} ≈ ١ × ١٠^{٤} نيوتن / كولوم

باتجاه المحور السيني الموجب.

نجد مجموع المركبات الصادية:

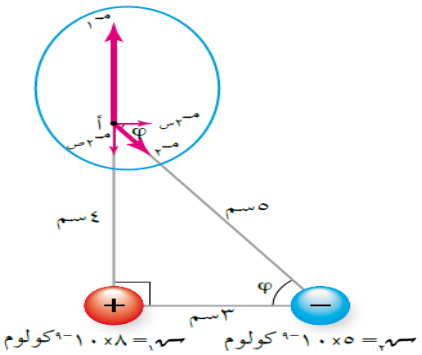
مـ$_{ص}$ = مـ $_{١}$ - مـ $_{٢ص}$

= (٤.٥ × ١٠^{٤}) – (١.٤٤ × ١٠^{٤})

مـ$_{ص}$ =٣.٠٦ × ١٠^{٤}

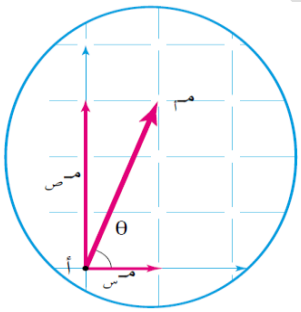
≈ ٣ × ١٠^{٤} نيوتن / كولوم

باتجاه (+ ص)



ولإيجاد المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (أ):

مـ$_{أ}$ = $\sqrt{(١٠ \times ١٠^{٤})^{٢} + (٣ \times ١٠^{٤})^{٢}}$ = $\sqrt{١٠}$ × ١٠^{٤} نيوتن / كولوم



باتجاه يصنع زاوية (θ) مع المحور السيني الموجب كما هو مبين في الشكل. حيث:

ظا θ = $\frac{\text{مـ}_{ص}}{\text{مـ}_{س}}$ = $\frac{٣}{١}$ = ٣، ، θ = ٧٢°

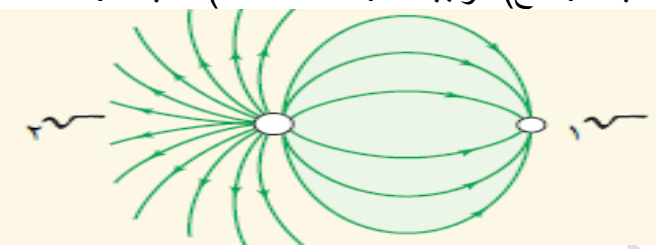
مـ$_{أ}$ = $\sqrt{١٠}$ × ١٠^{٤} نيوتن / كولوم

تمارين: (معظمها أسئلة وزارية للفرعين العلمي والصناعي قبل عام ٢٠١٩م).

١) ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يلي:

١- معتمداً على الشكل الذي يمثل خطوط المجال الكهربائي لشحنتين نقطيتين ما نوع الشحنة(١، ٣)؟وما نسبة الشحنة الأولى إلى الثانية؟(على الترتيب):

أ) موجبة، ١:٣ ب) سالبة،١:٣ ج) موجبة، ١:٢ د) سالبة،١:٢



٢- تدل كثافة خطوط المجال الكهربائي في منطقة ما :

أ- مقدار المجال الكهربائي في تلك النقطة ب- اتجاه المجال الكهربائي في تلك النقطة

ج- مقدار واتجاه القوة الكهربائية في تلك النقطة د- عدد خطوط المجال الكهربائي في تلك النقطة

٣- من خصائص خطوط المجال الكهربائي:

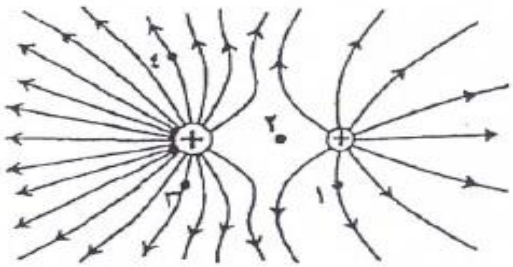
أ- تتقاطع مع بعضها

ب- تخترق الأجسام الموصلة

ج- متعامدة مع السطوح متساوية الجهد

د- تتقارب في المناطق التي يكون فيها المجال صغيرًا

- يمثل الشكل المجاور خطوط المجال الكهربائي لشحنتين متجتورتين، النقطة التي يكون عندها المجال الكهربائي أكبر ما يمكن هي:



أ) ١ ب)٢

ج) ٣ د) ٤

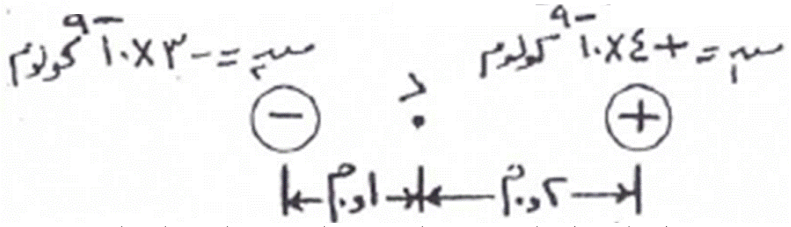
✍.... مسائل حسابية ...

س١ 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).

س٢ شحنة اختبار مقدارها ٢ $_{x}$ ١٠$^{-٩}$ كولوم ، وضعت في مجال كهربائي فتأثرت بقوة ٤ × ١٠$^{-٥}$ نيوتن
١- ما مقدار المجال الكهربائي في تلك النقطة
٢- إذا وضع في هذه النقطة شحنة مقدارها -٩ × ١٠$^{-٥}$ كولوم فما مقدار القوة المؤثرة فيها ؟

س٣ 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

س٤" يمثل الشكل المجاور شحنتان نقطتيتان موضوعتان في الهواء، اعتماداً على البيانات المثبتة في الشكل، احسب :
١- القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين.
٢- المجال الكهربائي عند النقطة (د) مقدارًا واتجاهًا.



س٥- يمثل الشكل المجاور العلاقة البيانية المتبادلة لشحنتين كهربائيتين نقطتيتين ومتساويتين ومقلوب مربع المسافة،الوسط الفاصل بينهما الهواء، اعتماداً على القيم المثبتة على الشكل، احسب :
١- مقدار كل من الشحنتين.
٢- المجال الكهربائي عند منتصف المسافة بين الشحنتين عندما تكون القوة المتبادلة بينهما (٩٠) نيوتن .