أساسيات الفيزياء

للثانوية العامة

Fundamentals of Physics

Rasheed M Taji

يتكون الحمض النووي (DNA) من سلسلتين طويلتين ، و ترتبط كل سلسلة بالأخرى بقوى تجاذب كهربائية

رشيد التاجي

rastaji@hotmail.com

0777 46 10 11

يحوي هذا الفصل...

الموضوع	القانون	الاستخدام
تكميم الشحنة	$س_{جسم} = ن \times e$	لحساب شحنة الجسم إذا علم عدد الإلكترونات ، أو العكس ، و منه نتحقق فيما إذا كانت الشحنة ممكنة أم لا .
قانون كولوم	$ق_ك = \frac{أ \times س_1 \times س_2}{ف^2}$	لحساب القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين
المجال الكهربائي ووصفه	$مـ = \frac{ق}{س_0}$	لحساب القوة إذا علم المجال ق = س مـ ، أو لسحاب المجال الكهربائي بغض النظر عن مصدر المجال .
المجال الكهربائي للشحنات النقطية	$مـ = \frac{أ \times س_{مولدة}}{ف^2}$	لحساب مجال الشحنات النقطية
المجال الكهربائي المنتظم	$\sigma = \frac{س}{أ}$ $مـ = \frac{\sigma}{\varepsilon}$	لحساب كثافة الشحنة السطحية. لحساب المجال الكهربائي المنتظم
حركة جسيم مشحون في المجال الكهربائي المنتظم	$ت = \frac{س_0 . مـ}{ك}$ $ع_2 = ع_1 + ت ز$ $ع_2^2 = ع_1^2 + 2 ت ف$ $ف = ع_1 ز + \frac{1}{2} ت ز^2$	لوصف حركة جسيم مشحون في مجال كهربائي منتظم عن طريق حساب تسارعه ، وسرعته النهائية و المسافة المقطوعة .
حماية الأجهزة الكهربائية		

مقدمة

أولاً : تكميم الشحنة

تتكون المادة من ذرات، و من مكونات الذرة بروتونات موجبة الشحنة تدور حولها إلكترونات سالبة الشحنة، **و في الوضع الطبيعي تكون الذرة متعادلة كهربائياً** (عدد الإلكترونات السالبة مساوي لعدد البروتونات الموجبة) و يصبح الجسم مشحوناً عندما يفقد أو يكسب **عدداً صحيحاً من الإلكترونات**؛ لذلك فإن " **شحنة أي جسم يجب أن تكون من المضاعفات الصحيحة لشحنة الإلكترون** "، و هذا ما يسمى بـ **مبدأ تكميم الشحنة** .

$$\text{ش}_{\text{جسم}} = \text{ن} \times \text{ش}_{e} \qquad \text{أو} \qquad \text{ن} = \frac{\Delta \text{ش}}{\text{ش}_{e}}$$

حيث :

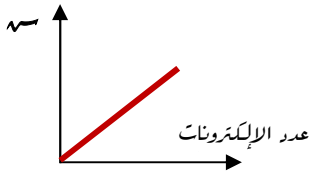
$\text{ش}_{\text{جسم}}$: شحنة الجسم ، الشحنة المكتسبة Δ ش .

ش_{e} : شحنة الإلكترون = $١,٦ \times ١٠^{-١٩}$ كولوم .

ن : عدد الإلكترونات المكتسبة أو المفقودة .

ملاحظات:

- الشرط في هذه العلاقة أن تكون (ن) عدداً صحيحاً . و السبب في ذلك أن أصغر شحنة حرة في الطبيعة هي شحنة الإلكترون ، لذلك سُميت بالشحنة الأساسية .
- إذا اكتسب الجسم إلكترونات إضافية يصبح سالب الشحنة وإذا فقد إلكترونات يصبح موجب الشحنة.
- لا تعوض إشارة الشحنة في هذا القانون كما أن (ن) تعوض موجبة دائماً بغض النظر فيما إذا اكتسب الجسم إلكترونات أم فقد إلكترونات .
- من هذه العلاقة نستطيع تحديد العوامل التي تعتمد عليها شحنة الجسم ، و نستطيع تمثيلها بيانياً كما في الشكل المجاور :



علاقة طردية خطية : $\text{ش} \propto \text{ن}$ ميلها هو ش_{e}

- الشحنة كمية قياسية و تقاس بوحدة **الكولوم** في النظام العالمي للوحدات، لكن عملياً هذه الوحدة كبيرة جداً فنستخدم البادئات مثل : الملي و الميكرو و النانو و البيكو .

بعض البادئات ...

الملي (m) = $١٠^{-٣}$.

الميكرو (μ) = $١٠^{-٦}$.

النانو (n) = $١٠^{-٩}$.

البيكو (p) = $١٠^{-١٢}$.

مثال (١) هل يمكن لجسم أن يحمل الشحنات التالية ؟ مع بيان السبب :

أ) ٤ نانوكولوم ؟ ب) ٣,٢ × ١٠^-١٩ كولوم ؟ ج) ٣,٢ × ١٠^-٢١ كولوم ؟

الحل : نجد عدد الإلكترونات فإذا كان عدداً صحيحاً تكون مقبولة علمياً.

أ) $\text{ش} = \text{ن} \times \text{e}$

شحنة الإلكترون ثابتة تعطى في الامتحان

$٤ \times ١٠^{-٩} = \text{ن} \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}$

ن = ٢,٥ × ١٠^١٠ إلكترون ، بما أنه رقم صحيح إذاً تعتبر نتيجة مقبولة علمياً.

ب) $\text{ش} = \text{ن} \times \text{e}$

$٣,٢ \times ١٠^{-١٩} = \text{ن} \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}$

ن = ٢ إلكترون

بما أنه رقم صحيح إذاً تعتبر نتيجة مقبولة علمياً.

خطأ شائع...

يعتقد بعض الطلبة أن شحنة الجسم يجب أن تكون عدداً صحيحاً . وهذا غير صحيح و إنما عدد الإلكترونات هو الذي يجب أن يكون عدداً صحيحاً .

ج) لا يمكن ، لأن هذه الشحنة أصغر من شحنة الإلكترون ولا يوجد شحنة أصغر من شحنة الإلكترون .

لاحظ أن شحنة الجسم قد تكون رقم غير صحيح لكن المهم أن تكون من المضاعفات الصحيحة لشحنة الإلكترون .

مثال (٢) أوجد مقدار و نوع شحنة جسم اكتسب (٣٠) إلكترون في الحالات التالية :

أ) إذا كان الجسم غير مشحون .

ب) إذا كانت شحنته ٤٨ × ١٠ ^-١٩ كولوم .

ج) إذا كانت شحنته -٤٨ × ١٠ ^-١٩ كولوم .

الحل : عدد الإلكترونات معلوم فنستخدم قانون تكميم الشحنة لحساب شحنة الجسم المكتسبة ثم نضيفها لشحنته الأصلية .

و عليه تكون : $\text{ش}_{\text{نهائية}} = \text{ش}_{\text{ابتدائية}} + \text{ش}_{\text{مكتسبة}}$ حيث : $\text{ش}_{\text{مكتسبة}} = \text{ن} \times \text{e}$

أ) $\text{ش} = \text{ن} \times \text{e}$

$= ٣٠ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩} = ٤٨ \times ١٠^{-١٩}$ كولوم ، وبما أنه غير مشحون تكون هذه هي شحنته النهائية ، ونوعها سالب لأنه اكتسب إلكترونات .

ب) سـ نهائية = سـ ابتدائية + سـ مكتسبة

سـ مكتسبة = ن × e سـ

سـ مكتسبة = ٣٠ × ١,٦ × ١٠ $^{-١٩}$

سـ مكتسبة = ٤٨ × ١٠ $^{-١٩}$ كولوم، وهي سالبة

∴ سـ نهائية = ٤٨ × ١٠ $^{-١٩}$ + ٤٨ × ١٠ $^{-١٩}$

= صفر

ج) سـ نهائية = سـ ابتدائية + سـ مكتسبة

سـ نهائية = ٤٨ × ١٠ $^{-١٩}$ + ٤٨ × ١٠ $^{-١٩}$

= ٩٦ × ١٠ $^{-١٩}$ كولوم

مثال (٣) جسم شحنته (٥٠ × ١٠ $^{-٩}$) كولوم . وبعد عملية شحن أصبحت شحنته (-٣٠ × ١٠ $^{-٩}$) كولوم . احسب عدد الإلكترونات المنتقلة إلى الجسم .

الحل : نجد الشحنة المكتسبة ثم نكممها (أي نجد عدد الإلكترونات التي تحويها)

سـ نهائية = سـ ابتدائية + سـ مكتسبة ،

-٣٠ × ١٠ $^{-٩}$ = ٥٠ × ١٠ $^{-٩}$ + سـ مكتسبة

سـ مكتسبة = - ٨٠ × ١٠ $^{-٩}$ كولوم .

و منها نجد عدد الإلكترونات ...

سـ مكتسبة = ن × e سـ

٨٠ × ١٠ $^{-٩}$ = ن × ١,٦ × ١٠ $^{-١٩}$

ن = ٥ × ١٠ ^{١١} إلكترون .

طريقة أسرع..

$$ن = \frac{\Delta سـ}{e سـ}$$

$$ن = \left| \frac{-٣٠ \times ١٠^{-٩} - ٥٠ \times ١٠^{-٩}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}} \right|$$

ن = ٥ × ١٠ ^{١١} إلكترون

الأسئلة

س١: ما وحدة الشحنة الكهربائية في النظام العالمي للوحدات؟ وماذا تكافئ من الوحدات الأساسية؟

كولوم، تكافئ: أمبير. ثانية. (كما سيأتي لاحقاً)

س٢: احسب عدد الإلكترونات التي يفقدها الجسم لتصبح شحنته (١) كولوم.

أو : كم إلكترون في وحدة الشحنات الكهربائية ؟

$سـ = ن \ e سـ$

$١ = ن \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}$

$ن = ٦,٢٥ \times ١٠^{١٨}$ إلكترون.

نلاحظ ان الكولوم الواحد يحوي عدداً كبيراً جداً من الإلكترونات لذلك يعد الكولوم وحدة كبيرة فنلجأ إلى استخدام البادئات .

س٣: كيف يكتسب الجسم شحنة كهربائية؟

المادة مكونة من ذرات تحوي نواة موجبة الشحنة تدور حولها إلكترونات سالبة الشحنة وتكون في الوضع الطبيعي متعادلة كهربائياً (عدد الإلكترونات السالبة يساوي لعدد البروتونات الموجبة) فإذا اكتسب الجسم إلكترونات أصبح سالب الشحنة وإذا فقد إلكترونات أصبح موجب الشحنة. (إذاً الذرات هي مصدر الشحنات)

س٤: أذكر نص مبدأ تكميم الشحنة.

" شحنة أي جسم يجب أن تكون مضاعفات صحيحة من شحنة الإلكترون "

س٥: لماذا يجب أن تكون شحنة أي جسم مضاعفات صحيحة لشحنة الإلكترون؟

لأن أصغر شحنة حرة في الطبيعة هي شحنة الإلكترون.

س٦: ما هي العوامل التي تعتمد عليها شحنة الجسم ؟

الجواب : عدد الإلكترونات المكتسبة أو المفقودة فقط .

س٧: جسم شحنته $٣,٢ \times ١٠^{-١٨}$ كولوم اكتسب (٥٠) إلكترون، فكم تصبح شحنته؟

$سـ نهائية = سـ ابتدائية + سـ مكتسبة$

$سـ مكتسبة = ن \times e سـ$

$سـ مكتسبة = ٥٠ \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}$

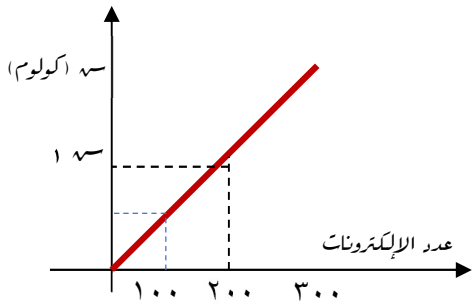
$= ٨ \times ١٠^{-١٨}$ كولوم، وهي سالبة

$سـ نهائية = ٣,٢ \times ١٠^{-١٨} + -٨ \times ١٠^{-١٨}$

$= -٤,٨ \times ١٠^{-١٨}$ كولوم.

س٨: الشكل المجاور يمثل العلاقة بين شحنة جسم وعدد الإلكترونات المكتسبة أجب عما يلي: ١- ماذا يمثل ميل العلاقة؟

٢- ما مقدار ونوع (سـ١) في الشكل ؟



الميل هو شحنة الإلكترون، هو الثابت في العلاقة :

$سـ = ن \ e سـ$

عند التعويض بقيمة (ن) ٢٠٠ يكون مقدار الشحنة $٣,٢ \times ١٠^{-١٧}$ كولوم ونوعها سالب؛ لأنه اكتسب إلكترونات .

المجال الكهربائي

ثانياً : قانون كولوم

تنشأ بين الأجسام المشحونة قوى كهربائية تكون تنافراً أو تجاذباً. وقد تمكن العالم كولوم من تحديد العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين؛ حيث توصل إلى أن : "**مقدار القوة الكهربائية (ق$_ك$) يتناسب طرديا مع مقدار كل من الشحنتين النقطيتين** ($\overline{ش_1}$ ، $\overline{ش_2}$) **وعكسيا مع مربع المسافة بينهما (ف)** " . وتعتمد القوة الكهربائية أيضاً على طبيعة الوسط الذي توجد فيه الشحنات .

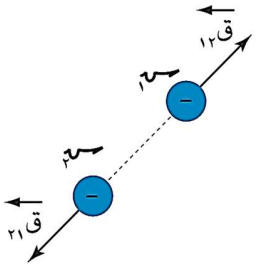
ويُعبّر عن مقدار القوة الكهربائية بالعلاقة الرياضية الآتية والتي تعرف **بقانون كولوم**:

$$ق_ك = \frac{أ \, |\overline{ش_1}| \, |\overline{ش_2}|}{ف^2}$$

و يسمى الثابت (أ) في القانون بـ ثابت كولوم . و يعتمد فقط على طبيعة الوسط الذي توجد فيه الشحنات ، و يُعبّر عنه بالمقدار : $\frac{1}{4\pi\varepsilon}$ حيث (ε) السماحية الكهربائية للوسط . فإذا كان الوسط فراغاً أو هواءً فإنه يعبر عن السماحية الكهربائية بالرمز (ε_0) و تساوي : ٨,٨٥ × ١٠ $^{-١٢}$ كولوم^٢/ نيوتن . م^٢ .

ملاحظات:

- القوة كمية متجهة تحدد بالمقدار والاتجاه معاً. والقوة الكهربائية بين شحنتين هي قوة متبادلة أي أن كل شحنة تؤثر في الأخرى بنفس المقدار لكن باتجاهين متعاكسين. وذلك حسب القانون الثالث لنيوتن (لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه).

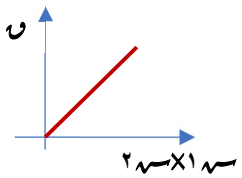


$$\overleftarrow{ق_{12}} = -\overleftarrow{ق_{21}}$$

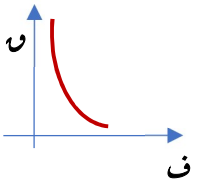
- تعد القوة الكهربائية قوة مجال لأنها تؤثر عن بعد دون الحاجة إلى تلامس الأجسام.
- المقصود بالشحنة النقطية هي التي يمكن إهمال أبعادها وكأن شحنتها في نقطة (في المركز) وذلك عندما تكون المسافات بين الأجسام أكبر بكثير من أبعاد الجسم.
- من خلال قانون كولوم نستطيع تحديد العوامل التي تعتمد عليها القوة المتبادلة بين شحنتين نقطيتين و بيان أثرها على القوة فهذه العوامل هي :

المجال الكهربائي

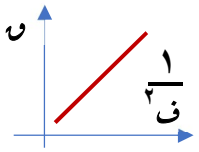
مقدار كل من الشحنتين و التناسب طردياً ، البعد بينهما و التناسب عكسياً تربيعياً ، السماحية الكهربائية للوسط العازل بين الشحنتين و التناسب عكسياً و الأشكال البيانية التالية توضح أثر كل عامل بثبوت العوامل الأخرى :



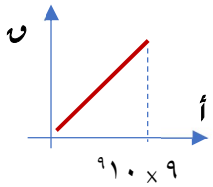
القوة مع مقدار الشحنتين



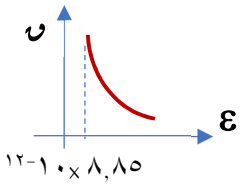
القوة مع البعد بين الشحنتين



القوة مع مقلوب مربع البعد



القوة مع ثابت كولوم



القوة مع السماحية الكهربائية للوسط

- تتناسب القوة مع البعد بين الشحنتين تناسباً عكسياً تربيعياً ، أما مع مقلوب مربع البعد فيصبح التناسب طردياً .
- لاحظ أن القوة تتغير بتغير ثابت كولوم لأنه ليس بثابت مطلق فهو ثابت للوسط الواحد و يتغير بتغير الوسط لكن أكبر قيمة له ٩ × ١٠٩ نيوتن.م٢/كولوم٢ ، و هي للهواء (أو الفراغ).
- أقل قيمة للسماحية الكهربائية للوسط هي للفراغ أو للهواء و قيمتها ٨,٨٥ × ١٠-١٢ كولوم٢/نيوتن.م٢ .و غير مطالبين بحفظ أي ثابت .
- لكل علاقة طردية خطية ميل ثابت يتم حسابه باستخدام قانون الميل :

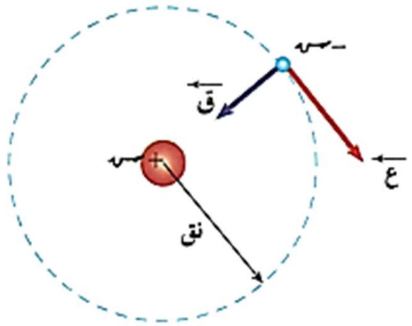
$$\text{الميل} = \frac{\Delta \text{ص}}{\Delta \text{س}}$$ و نجد ماذا يمثل من خلال العلاقة الرياضية .

المجال الكهربائي

مثال (١) احسب القوة المتبادلة بين الإلكترون والبروتون في ذرة الهيدروجين مستقرة (الإلكترون في المدار الأول) علماً بأن: $شـ_e = -شـ_p = -١,٦ \times ١٠^{-١٩}$ كولوم ،ونصف قطر المدار الأول $\approx ٥ \times ١٠^{-١١}$ م.

وكم تصبح هذه القوة إذا أصبح الإلكترون في المدار الثاني الذي يبلغ نصف قطره أربع أضعاف نصف قطر المدار الأول؟

الحل : القوة الموجودة بين شحنتين نقطيتين كالإلكترون و البروتون هي قوة كهربائية تحسب من خلال قانون كولوم :



$$ق_{كهربائية} = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{شـ_١ شـ_٢}{ف^٢}$$

$$= ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{١,٦ \times ١٠^{-١٩} \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩}}{(٥ \times ١٠^{-١١})^٢}$$

$$ق_{كهربائية} = ٩,٢ \times ١٠^{-٨} \text{ نيوتن. تجاذب.}$$

عندما تتضاعف المسافة بين الشحنتين (٤) أضعاف سوف تقل القوة (١٦) ضعف لأنها تتناسب عكسياً مع مربع البعد، ولهذا ما يعرف **بقانون التربيع العكسي:**

$$\left(\frac{ف_٢}{ف_١}\right)^٢ = \frac{ق_١}{ق_٢}$$ يتم اشتقاقه من قانون كولوم بسهولة.. حاول

$$\left(\frac{٤ف_١}{ف_١}\right)^٢ = \frac{٩,٢}{ق_٢}$$

$$\frac{٩,٢}{١٦} = ق_٢$$

$$\therefore ق_٢ = ٠,٥٧٥ \times ١٠^{-٨} \text{ نيوتن.}$$

المجال الكهربائي

الأسئلة

س ١: أوجد وحدة ثابت كولوم ، و وحدة السماحية الكهربائية.

$$ق = \frac{أ \, س_1 \, س_2}{ف^2} \Leftarrow [أ] = \frac{[ق][ف^2]}{[س_1][س_2]} = \frac{\text{نيوتن.م}^2}{\text{كولوم}^2}$$

وبما أن ثابت كولوم (أ) = $\frac{1}{\varepsilon \pi 4}$ ، فتكون وحدة (ε) هي معكوس وحدة ثابت كولوم أي: (كولوم^2 / نيوتن.م^2).

ملاحظة ...

وضع الكمية الفيزيائية بين قوسين مربعين يعني الوحدة التي تقاس بها تلك الكمية في النظام العالمي للوحدات .

س ٢ : أذكر عاملين تعتمد عليها القوة المتبادلة بين شحنتين نقطيتين في الهواء .

الجواب : ١- مقدار كل من الشحنتين ٢- البعد بينهما

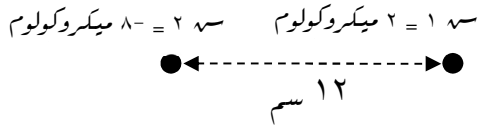
(بما أنه ذكر أنهما في الهواء فيكون نوع الوسط ليس من ضمن العوامل لأنه تم تحديده بوسط معين)

س ٣: إذا كانت ($س_1 = ٥ س_2$) وكانت القوة التي تؤثر فيها الشحنة الأولى في الثانية (٥) نيوتن شرق، فما مقدار واتجاه القوة التي تؤثر فيها الشحنة الثانية في الأولى؟

الجواب: (٥ نيوتن، غرب) ، لأنها زوج من القوى المتبادلة

س ٤: في الشكل المجاور أوجد مقدار واتجاه (ق$_{٢١}$).

وما العلاقة بينها وبين (ق$_{١٢}$).



$$ق_{كهربائية} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{س_1 \, س_2}{ف^2}$$

$$ق = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٦} \times ٨ \times ١٠^{-٦}}{(١٢ \times ١٠^{-٢})^2}$$

لا تعوض الإشارة السالبة للشحنة في هذا القانون، لأن القوة كمية متجهة

للتحويل من سم إلى متر نضرب بـ $١٠^{-٢}$

(ق = ١٠ نيوتن، يمين، ق$_{٢١}$ = - ق$_{١٢}$)

خطأ شائع ...

يعتقد بعض الطلبة أن تأثير الشحنة الكبرى في الشحنة الصغرى أكبر من تأثير الصغرى في الكبرى ، وهذا خطأ و إنما هما متساويتان في المقدار .

المجال الكهربائي

أولاً: المجال الكهربائي

كيف يمكن لشحنة أن تؤثر في شحنة أخرى دون أن تلامسها ؟ لتفسير ذلك اقترح العالم مايكل فارادي مفهوم المجال الكهربائي، إذ يُعد المجال الكهربائي خاصية للحيز المحيط بالشحنة الكهربائية يظهر تأثيره على شكل قوة كهربائية تؤثر في شحنة أخرى توضع في هذا الحيز.

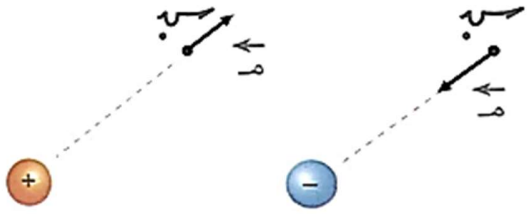
و يعرف **المجال الكهربائي عند نقطة** بأنه **القوة الكهربائية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة عند تلك النقطة** . و يعبر عنه بالعلاقة الرياضية التالية :

$$\vec{م} = \frac{\vec{ق}_ك}{+ك}$$

من خلال قانون تعريف المجال نجد:

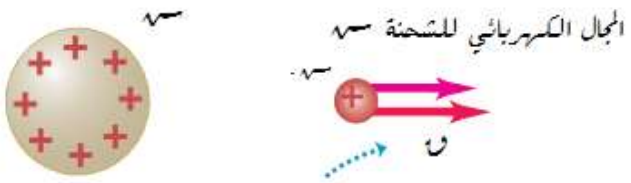
١ - وحدة المجال الكهربائي : نيوتن / كولوم.

٢ - من خصائص المتجهات يكون اتجاه المجال عند نقطة هو اتجاه القوة على الشحنة الموجبة عند تلك النقطة كما هو موضح في الشكل المجاور.



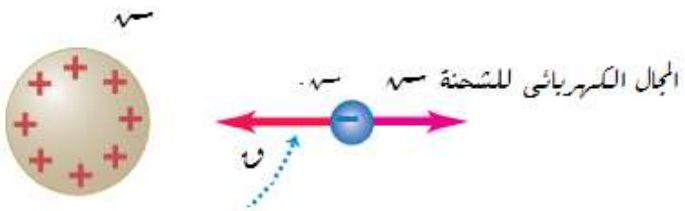
تحديد اتجاه المجال الكهربائي

٣ - إذا كانت شحنة الاختبار سالبة فلن يتغير اتجاه المجال ، وإنما سيتغير اتجاه القوة فقط كما هو موضح في الشكل المجاور :



القوة المؤثرة على شحنة الاختبار الموجبة +ك.

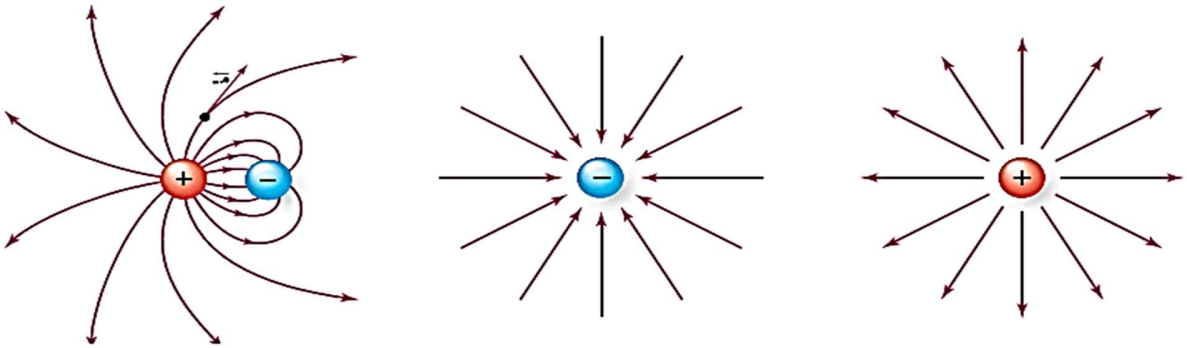
٤ - إذا تغيرت شحنة الاختبار فلن يتغير المجال و إنما سوف تتغير القوة المؤثرة على (+ك) بحيث تبقى النسبة $\frac{ق_ك}{+ك}$ وهي المجال ثابتة .



القوة المؤثرة على شحنة الاختبار السالبة -ك.

المجال الكهربائي

و من أجل التعرف على المجال الكهربائي و وصفه مقداراً و اتجاهاً يُخطط برسم خطوط وهمية تسمى خطوط المجال الكهربائي . إذ يمثل **خط المجال الكهربائي المسار الذي تسلكه شحنة اختبار موجبة حرة الحركة عند وضعها في المجال الكهربائي** . و يبين الشكل أدناه خطوط المجال الكهربائي حول شحنات نقطية مختلفة .

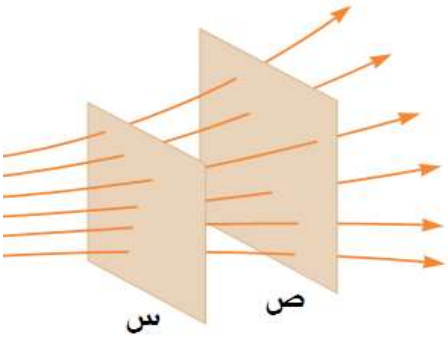


و تدل كثافة خطوط المجال الكهربائي في منطقة ما (**عدد الخطوط التي تخترق وحدة المساحة عموديا**) على **مقدار المجال** : حيث يكون المجال الكهربائي كبيراً في المنطقة التي تتقارب فيها الخطوط . بينما يكون مقداره صغيراً في المنطقة التي تتباعد فيها الخطوط .

يحدد **اتجاه المجال الكهربائي** عند نقطة برسم مماس لخط المجال الكهربائي عند تلك النقطة .

يمثل الشكل المجاور خطوط مجال كهربائي تخترق سطحين (س) و (ص) . أي العبارات التالية صحيحة :

أ) مـ س = مـ ص ب) مـ س > مـ ص ج) مـ س < مـ ص



الإجابة : (ب) لأن كثافة الخطوط أكبر

المجال الكهربائي

الأسئلة

س ١: وضح المقصود بالمجال الكهربائي عند نقطة.

هو القوة المؤثرة على وحدة الشحنات الكهربائية عند تلك النقطة.

★ س ٢: إذا قيس المجال الكهربائي عند نقطة باستخدام شحنة اختبار مقدارها (١ نانو كولوم) فكان (٠,٦ نيوتن / كولوم ، ١٥°). فكيف يتغير المجال لو تغيرت شحنة الاختبار وأصبحت (-٢ نانوكولوم)؟

لن يتغير المجال فهو لا يعتمد على شحنة الاختبار وإنما سوف تتغير القوة المؤثرة عليها فإذا كانت $٠,٦ \times ١٠^{-٩}$ نيوتن ، ١٥° سوف تصبح $١,٢ \times ١٠^{-٩}$ نيوتن ، ١٩٥°؛ (ن = سهـ × مـ) (ينعكس اتجاه القوة أي تضيف ١٨٠° لاتجاهها الأول)

س ٣: أذكر خصائص خطوط المجال الكهربائي.

١- لا تتقاطع ٢- تبدو خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة في الشحنة السالبة. ٣- وهمية

س ٤: لماذا تبدو خطوط المجال الكهربائي خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة في الشحنة السالبة؟

لأنها المسارات التي تسلكها شحنة موجبة، فتتنافر مع الشحنة الموجبة وتتجه نحو الشحنة السالبة.

س ٥: كيف يمكن الإفادة من خطوط المجال الكهربائي في معرفة المجال الكهربائي من حيث:

أ- المقدار ب- الاتجاه

المقدار: تدل كثافة خطوط المجال الكهربائي في منطقة ما على مقدار المجال حيث يكون المجال الكهربائي كبيراً في المنطقة التي تتقارب فيها الخطوط ، بينما يكون مقداره صغيراً في المنطقة التي تتباعد فيها الخطوط

الاتجاه: يكون اتجاه المجال عند نقطة هو اتجاه المماس عند تلك النقطة.

س ٦: وضعت شحنة اختبار (سهـ) عند نقطة فتأثرت بقوة باتجاه محور الصادات السالب. أجب عما يلي:

١- ما اتجاه المجال الكهربائي عند تلك النقطة ؟

٢- لو وضعت شحنة اختبار (- ٢ سهـ) بدلا من (سهـ) فهل يتغير المجال الكهربائي بالمقدار أو بالاتجاه؟ فسر إجابتك.

١-اتجاه المجال الكهربائي بنفس اتجاه القوة على الشحنة الموجبة، أي باتجاه محور الصادات السالب.

٢- لن يتغير المجال، لأنه لا يعتمد على شحنة الاختبار، فإذا تضاعفت شحنة الاختبار سوف تتضاعف القوة عليها فيبقى حاصل قسمتهما (وهو المجال الكهربائي) ثابتاً.

المجال الكهربائي

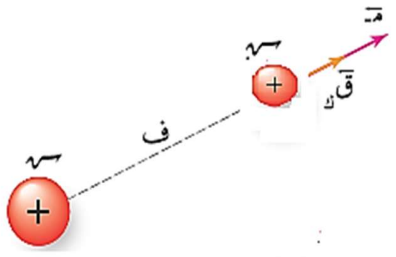
ثانياً : المجال الكهربائي الناشئ عن شحنات نقطية

لحساب المجال الكهربائي لشحنة نقطية عند نقطة نستخدم شحنة اختبار صغيرة موجبة نضعها عند تلك النقطة فيكون مقدار المجال في نقطة هو مقدار القوة المؤثرة على وحدة الشحنة الكهربائية عند تلك النقطة. أي أن:

$$\text{مـ} = \frac{\text{ق}}{\text{س}_{\text{.}}}$$

$$= \frac{\frac{\text{س} \times \text{س}_{\text{.}}}{\text{ف}^{2}} \times 9 \times 10^{9}}{\text{س}_{\text{.}}}$$

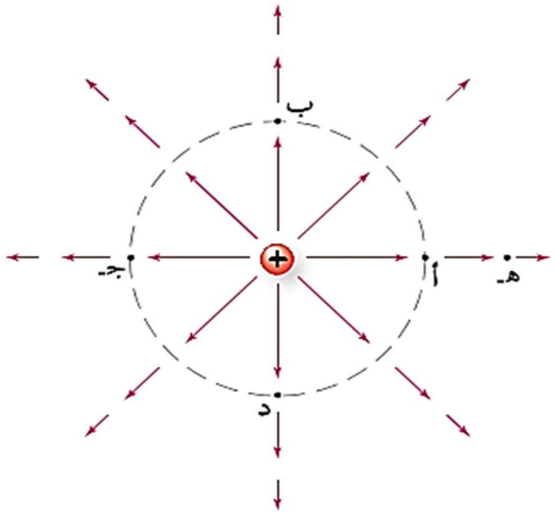
$$\Leftarrow \quad \text{مـ} = 9 \times 10^{9} \times \frac{\text{س}}{\text{ف}^{2}}$$



المجال الكهربائي عند نقطة في مجال شحنة نقطية.

لاحظ أن مقدار المجال عند نقطة لا يعتمد على شحنة الاختبار ولا على القوة المؤثرة عليها وإنما يعتمد على الشحنة المؤثرة وبعد النقطة عنها ونوع الوسط الفاصل بينهما (ثابت كولوم).

ونلاحظ من خلال خطوط المجال الكهربائي لشحنة نقطية أنه مجال غير منتظم (المجال المنتظم هو الثابت مقداراً واتجاهاً). ففي الشكل المجاور يكون للمجال عند النقاط (أ، ب، ج، د) نفس المقدار لكن باتجاهات مختلفة. أما المجال عند النقطة (هـ) فهو بنفس اتجاه المجال عند النقطة (أ) لكن بمقدار أقل.

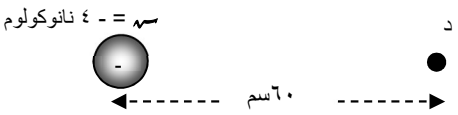


المجال الكهربائي لشحنة نقطية موجبة

المجال الكهربائي

لحساب محصلة المجال الكهربائي الناتج عن عدة شحنات نقطية، نجد مجال كل شحنة على حده ثم نجمعها جمع متجهات كما مرّ معك سابقاً، فإذا كانت المتجهات بنفس الاتجاه نجمع جمعاً جبرياً، وإذا كانت باتجاهين متعاكسين، نطرح الأصغر من الأكبر والناتج باتجاه الأكبر، أما إذا كان المتجهان متعامدين فنجد المحصلة عن طريق نظرية فيثاغورس، فإذا كان غير ذلك نجد المحصلة باستخدام طريقة تحليل المتجهات والأمثلة التالية توضح ذلك.

مثال (١) في الشكل المجاور شحنة نقطية موضوعة في الهواء أوجد مقدار واتجاه المجال الكهربائي عند النقطة (د).



الحل: النقطة (د) تقع في مجال شحنة نقطية فنستخدم قانون مجال الشحنة النقطية كالتالي:

$$\text{مـ} = \frac{\text{٩} \times \text{١٠}^{\text{٩}} \times \text{سـ مؤثرة}}{\text{ف}^{\text{٢}}}$$

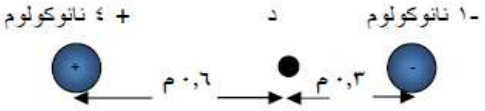
$$\text{مـ} = \frac{\text{٩} \times \text{١٠}^{\text{٩}} \times \text{٤} \times \text{١٠}^{-\text{٩}}}{(\text{٠,٦})^{\text{٢}}}$$

لا نعوض إشارة الشحنة في القانون لأن المجال كمية متجهة

تذكر، ثم تحديد الاتجاه بوضع شحنة اختبار موجبة عند النقطة (د) فيكون اتجاه المجال هو اتجاه القوة على شحنة الاختبار

مـ = ١٠٠ نيوتن / كولوم، باتجاه محور السينات السالب. (س⁻)

مثال (٢) في الشكل المجاور أوجد محصلة المجال الكهربائي عند النقطة (د).



الحل: النقطة (د) تقع في مجال شحنتين نقطيتين، نحسب مجال كل شحنة على حده، ثم نجمعها جمع متجهات. في هذه الحالة يكون المجالان على استقامة واحدة فتكون المحصلة إما بجمع المجالين أو طرحهما.

$$\text{مـ} = \frac{\text{٩} \times \text{١٠}^{\text{٩}} \times \text{سـ مؤثرة}}{\text{ف}^{\text{٢}}}$$

$$\text{مـ}_{\text{١}} = \frac{\text{٩} \times \text{١٠}^{\text{٩}} \times \text{٤} \times \text{١٠}^{-\text{٩}}}{(\text{٠,٦})^{\text{٢}}}$$

مـ١ = ١٠٠ نيوتن / كولوم، باتجاه اليمين:(س⁺)

$$\text{مـ} = \frac{\text{٩} \times \text{١٠}^{\text{٩}} \times \text{سـ مؤثرة}}{\text{ف}^{\text{٢}}}$$

$$\text{مـ}_{\text{٢}} = \frac{\text{٩} \times \text{١٠}^{\text{٩}} \times \text{١} \times \text{١٠}^{-\text{٩}}}{(\text{٠,٣})^{\text{٢}}}$$

مـ٢ = ١٠٠ نيوتن / كولوم (س⁺)

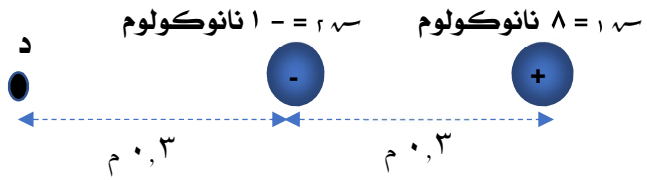
مـ المحصلة = مـ ١ + مـ ٢ = ٢٠٠ نيوتن / كولوم، (س⁺).

خطأ شائع ...

يحدد بعض الطلبة اتجاه المجال باتجاه القوة على الشحنة المؤثرة و إنما اتجاهه هو اتجاه القوة على شحنة الاختبار الموجبة التي نفرضها في تلك النقطة ...

المجال الكهربائي

مثال (٣) في الشكل المجاور أوجد محصلة المجال الكهربائي عند النقطة (د).



الحل: النقطة (د) تقع في مجال شحنتين نقطيتين فنجد مجال كل شحنة على حده ثم نجد المحصلة، لاحظ أن الشحنة (س١) تؤثر في النقطة (د) على الرغم من وجود جسم بينهما. وفي هذه الحالة أيضاً يكون المجالان على استقامة واحدة فتكون المحصلة إما بجمع المجالين أو طرحهما.

$$\text{مـ}_{١} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times \text{س}_{\text{مؤثرة}}}{\text{ف}^{٢}}$$

$$\text{مـ}_{١} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٨ \times ١٠^{-٩}}{(٠,٦)^{٢}}$$

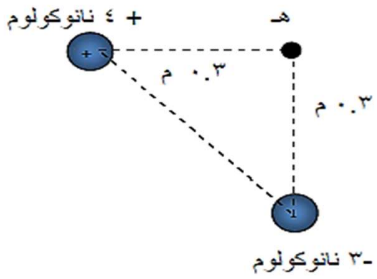
مـ١ = ٢٠٠ نيوتن / كولوم، س$^{-}$

$$\text{مـ}_{٢} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ١ \times ١٠^{-٩}}{(٠,٣)^{٢}}$$

مـ٢ = ١٠٠ نيوتن / كولوم س$^{+}$

بما أن المجالين متعاكسان، نطرح الأصغر من الأكبر والناتج باتجاه الأكبر.

مـ المحصلة = ٢٠٠ − ١٠٠ = ١٠٠ نيوتن/ كولوم، س$^{-}$



مثال (٤) في الشكل المجاور أوجد القوة الكهربائية المؤثرة على وحدة الشحنات الكهربائية عند النقطة (هـ).

الحل: القوة الكهربائية المؤثرة على وحدة الشحنات الكهربائية هو المجال الكهربائي أي أن المطلوب هو حساب المجال الكهربائي، والنقطة (هـ) تقع في مجال شحنتين نقطيتين، فنجد مجال كل شحنة على حده ثم نجد المحصلة، لكنه في هذه الحالة المجالين متعامدان فتكون المحصلة باستخدام نظرية فيثاغورس.

$$\text{مـ}_{١} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times \text{س}_{\text{مؤثرة}}}{\text{ف}^{٢}}$$

$$\text{مـ}_{١} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٤ \times ١٠^{-٩}}{(٠,٣)^{٢}}$$

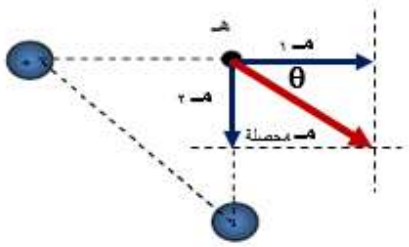
مـ١ = ٤٠٠ نيوتن / كولوم، س$^{+}$.

$$\text{مـ}_{٢} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times \text{س}_{\text{مؤثرة}}}{\text{ف}^{٢}}$$

$$\text{مـ}_{٢} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٣ \times ١٠^{-٩}}{(٠,٣)^{٢}}$$

مـ٢ = ٣٠٠ نيوتن / كولوم، ص$^{-}$.

المجال الكهربائي



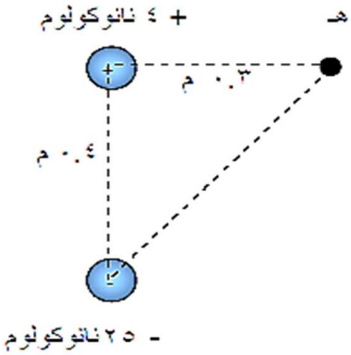
هـ المحصلة = $\sqrt{(٤٠٠)^{٢} + (٣٠٠)^{٢}}$

= ٥٠٠ نيوتن / كولوم، والاتجاه، θ = ظا$^{-١}$ $(\frac{٣}{٤})$

مثال (٥) في الشكل المجاور أوجد ما يلي:

١- محصلة المجال الكهربائي عند النقطة (هـ)

٢- القوة المؤثرة على إلكترون عند وضعه عند (هـ).



الحل: النقطة (هـ) تقع في مجال شحنتين نقطيتين، فنجد مجال كل شحنة على حده ثم نجد المحصلة، لكنه في هذه الحالة المجالين غير متعامدين وليسا على استقامة واحدة فتكون المحصلة باستخدام تحليل المتجهات.

١-

$$هـ_{١} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times \text{سـ مؤثرة}}{ف^{٢}}$$

$$= \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٤ \times ١٠^{-٩}}{(٠,٣)^{٢}}$$

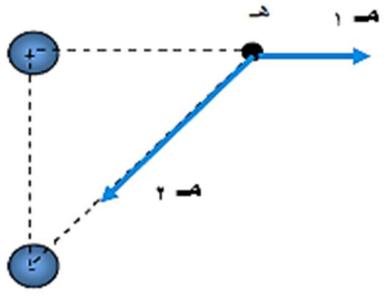
هـ ١ = ٤٠٠ نيوتن / كولوم، س$^{+}$

$$هـ = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times \text{سـ مؤثرة}}{ف^{٢}}$$

ثم حساب المسافة من نظرية فيثاغورس

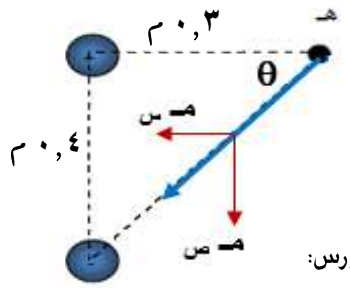
$$هـ_{٢} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٢٥ \times ١٠^{-٩}}{(٠,٥)^{٢}}$$

هـ ٢ = ٩٠٠ نيوتن / كولوم والاتجاه كما في الشكل.



المجال الكهربائي

نحلل المتجه المائل (مـ ٢) إلى مركبتين سينية وصادية:



مـ ٢ س = مـ ٢ جتا θ (المجاور / الوتر)

= ٩٠٠ × $(\frac{٣}{٥})$

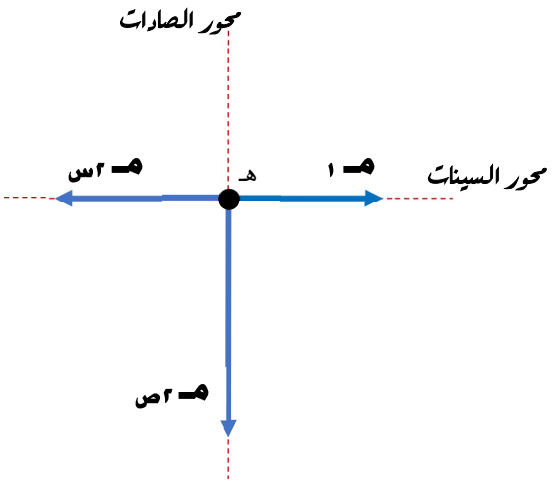
= ٥٤٠ نيوتن/كولوم. س$^{-}$

مـ ٢ ص = مـ ٢ جا θ (المقابل / الوتر)

= ٩٠٠ × $\frac{٤}{٥}$

= ٧٢٠ نيوتن/كولوم ص$^{-}$

نجمع المركبات السينية معاً والمركبات الصادية معاً. ثم نستخدم نظرية فيثاغورس:

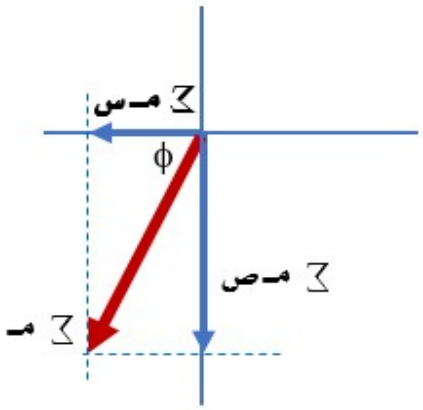


Σ مـ س = ٥٤٠ − ٤٠٠ = ١٤٠ نيوتن/ كولوم. س-

Σ مـ ص = ٧٢٠ نيوتن/ كولوم ص-.

مـ المحصلة = $\sqrt{(١٤٠)^{٢} + (٧٢٠)^{٢}}$

= ٧٣٣,٥ نيوتن / كولوم. والاتجاه: ϕ = ظا$^{-١}$ $\frac{٧٢٠}{١٤٠}$



٢- عند وضع إلكترون عند النقطة (هـ) في الشكل السابق. فإنه سيتأثر بقوة من (سـ١) وبقوة من (سـ٢) يمكن حسابهما باستخدام قانون كولوم. لكن بما أن المجال عند النقطة (هـ) معلوم. فنستخدم القانون :

(ق = سـ × مـ) يعطي نفس الجواب بطريقة أسرع.

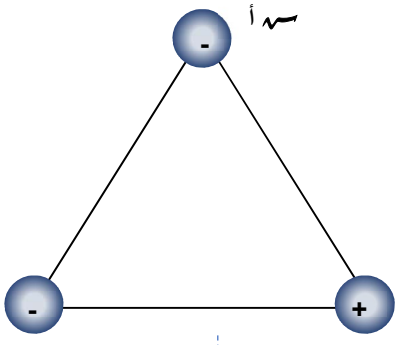
ق = سـ × مـ

= ١,٦ × ١٠$^{-١٩}$ × ٧٣٣,٥

= ١,١٧٣٦ × ١٠$^{-١٣}$ نيوتن. عكس اتجاه المجال لأن الشحنة سالبة.

المجال الكهربائي

مثال (٦) الشكل المجاور ثلاث شحنات متساوية (٨) نانوكولوم على رؤوس مثلث متساوي الأضلاع، طول ضلعه ٤٠ سم، احسب ما يأتي:



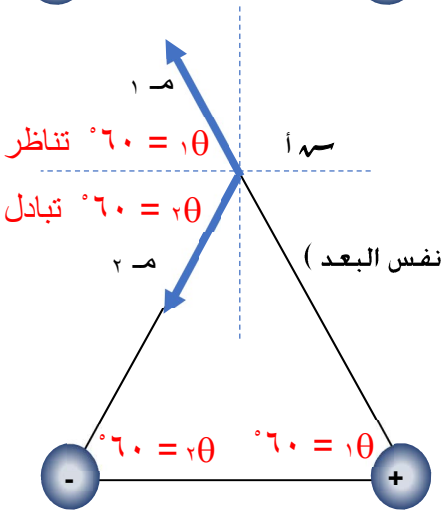
١- محصلة المجال عند النقطة (أ).

٢- القوة المؤثرة على الشحنة (أ)

الحل :

$$\text{مـ} = \frac{\text{أ}}{\text{ف}^{٢}}$$

$$\text{مـ}_{١} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٨ \times ١٠^{-٩}}{(٠,٤)^{٢}}$$



مـ ١ = ٤٥٠ نيوتن/ كولوم ، و الاتجاه كما في الشكل .

مـ ٢ = ٤٥٠ نيوتن/ كولوم ، و الاتجاه كما في الشكل . (نفس مقدار الشحنة و نفس البعد)

نحلل المتجهين إلى مركبتين سينية وصادية

مـ ١ س = مـ ١ جتا θ

= ٤٥٠ × جتا ٦٠ (زاوية كل متجه مع محور السينات ٦٠°)

= ٢٢٥ نيوتن/كولوم س-

مـ ٢ س = مـ ١ س = ٢٢٥ نيوتن / كولوم س-

مـ ١ص = مـ ١ جا θ

= ٤٥٠ جا ٦٠

= ٣٨٩,٧ نيوتن/كولوم ص+

مـ ٢ ص = ٣٨٩,٧ ص- (نفس المقدار لكن عكس الاتجاه، لاحظ الشكل)

Σ مـ س = ٢٢٥ + ٢٢٥ = ٤٥٠ س-

Σ مـ ص = ٣٨٩,٧ − ٣٨٩,٧ = صفر

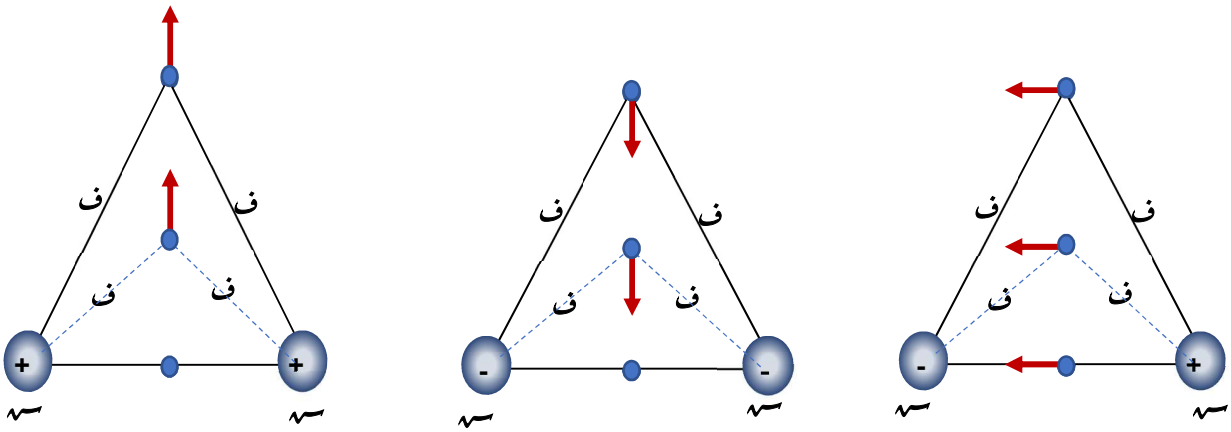
مـ محصلة = ٤٥٠ نيوتن /كولوم س-

المجال الكهربائي

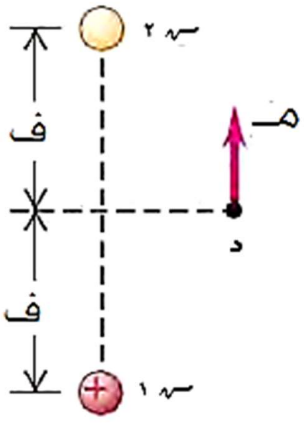
نتيجة : حالة خاصة :

إذا كانت الشحنتان متساويتين و مختلفتين في النوع يكون اتجاه المجال الكهربائي عند نقطة على بعد متساوي بين الشحنتين موازٍ للخط الواصل بين الشحنتين و باتجاه الشحنة السالبة و قيمته مـ المحصلة = ٢ مـ جتاθ.

و إذا كانت الشحنتان متماثلتين يكون اتجاه المجال في أي نقطة على بعد متساوٍ من الشحنتين متعامد على الخط الواصل بينهما للأعلى إذا كانت الشحنتان موجبتين و للأسفل إذا كانتا سالبتين و قيمته مـ المحصلة = ٢ مـ جاθ.



ماذا تتوقع أن تكون قيمة و نوع سـ٢ ، إذا كانت محصلة المجال عند النقطة (د) كما في الشكل المجاور ؟

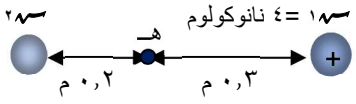


الإجابة : قيمتها نفس قيمة سـ١ و نوعها سالبة لأن النقطة على بعد متساوٍ بين الشحنتين و محصلة المجال موازية للخط الواصل بينهما .

المجال الكهربائي

في الأمثلة السابقة تم حساب محصلة المجال عند نقطة بمعرفة الشحنات المؤثرة و بعد النقطة عنها ، فماذا لو كانت محصلة المجال معلومة و المراد هو حساب الشحنات أو المسافة ..؟ الأمثلة التالية توضح ذلك ..

مثال (٧) في الشكل المجاور إذا علمت أن محصلة المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) يساوي ٥٠٠ نيوتن / كولوم، س+ . فما مقدار ونوع سـ٢ ؟



الحل : بما أن محصلة المجال معلومة ، نحسب مجال سـ١ فنعرف مجال سـ٢ و منه نحسب منه مقدار سـ٢ .

$$م_{هـ} = \frac{أ_{سـ}}{ف^{٢}}$$

$$م_{١} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٤ \times ١٠^{-٩}}{(٠,٣)^{٢}}$$

م١ = ٤٠٠ نيوتن/ كولوم س- ،

م محصلة = م١ + م٢ (جمع متجهات)

٥٠٠ س+ = ٤٠٠ س- + م٢

م٢ = ٩٠٠ نيوتن/كولوم ، س+ (إذاً ، نوع سـ٢ موجبة ، و بما أن مجالها عُلم فنستطيع إيجاد مقدارها)

التوضيح..

٥٠٠ س+ = ٤٠٠ س-

لا يجوز التعامل مع المتجهات كالأرقام القياسية إلا إذا كانت بنفس الاتجاه فنعكس اتجاه أحد المتجهات و نعكس قيمته

٥٠٠ س+ = - ٤٠٠ س+

٩٠٠ س+

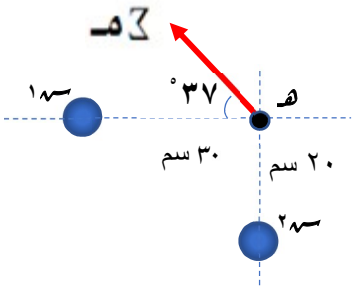
$$م_{هـ} = \frac{أ_{سـ}}{ف^{٢}}$$

$$٩٠٠ = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times سـ_{٢}}{(٠,٢)^{٢}}$$

∴ سـ٢ = ٤ نانو كولوم

المجال الكهربائي

مثال (٨) في الشكل المجاور إذا علمت أن محصلة المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) يساوي ٩٠٠ نيوتن / كولوم، بالاتجاه الموضح في الشكل . أوجد مقدار ونوع كل من $س_{١}$ و $س_{٢}$ ؟



الحل : بما أن محصلة المجال معلومة في المقدار و الاتجاه فنستطيع إيجاد الركبة السينية للمحصلة فتكون هي مجال $س_{١}$ و الركبة الصادية هي مجال $س_{٢}$ ، و بمعرفة مجال كل شحنة نجد مقدار و نوع الشحنتين..

$مـ_{س} = مـ_{١}$

$مـ \text{ جتا } \theta = \frac{أ\ س_{١}}{ف^{٢}}$

$٩٠٠ \times \text{جتا}٣٧ = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times س_{١}}{(٠,٣)^{٢}}$

$س_{١} = ٧,٢ \times ١٠^{-٩}$ كولوم

سالبة لأن المجال باتجاهها

$مـ_{ص} = مـ_{٢}$

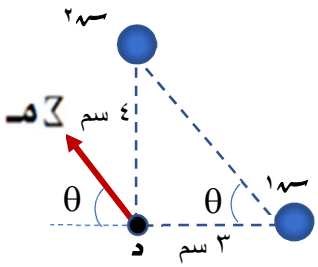
$مـ \text{ جا } \theta = \frac{أ\ س_{٢}}{ف^{٢}}$

$٩٠٠ \times \text{جا}٣٧ = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times س_{٢}}{(٠,٢)^{٢}}$

$س_{٢} = ٢,٤ \times ١٠^{-٩}$ كولوم

موجبة لأن المجال بعيداً عنها .

مثال (٩) في الشكل المجاور إذا علمت أن $س_{١}$ = (٢,٧) نانوكولوم و أن محصلة المجال الكهربائي عند النقطة (د) بالاتجاه الموضح في الشكل . أوجد محصلة المجال و مقدار ونوع $س_{٢}$ ؟



الحل : الركبة السينية للمحصلة هي مجال $س_{١}$ و بما أن $س_{١}$ معلومة نجد مجالها فنجد محصلة المجال ، و الركبة الصادية للمحصلة هي مجال $س_{٢}$ فنجد منها $س_{٢}$ ..

$مـ_{س} = مـ_{١}$

$مـ \text{ جتا } \theta = \frac{أ\ س_{١}}{ف^{٢}}$

$مـ = ٠,٦ \times \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٢,٧ \times ١٠^{-٩}}{(٣ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$

$مـ = ٤,٥ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/كولوم

$مـ_{ص} = مـ_{٢}$

$مـ \text{ جا } \theta = \frac{أ\ س_{٢}}{ف^{٢}}$

$٤,٥ \times ١٠^{٤} \times ٠,٨ = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times س_{٢}}{(٤ \times ١٠^{-٢})^{٢}}$

$س_{٢} = ٦,٤ \times ١٠^{-٩}$ كولوم . سالبة لأن المجال متجه نحوها .

المجال الكهربائي

ملاحظة :

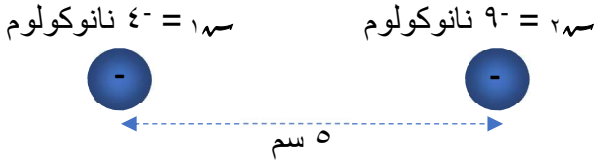
قد ينعدم المجال الكهربائي عند نقطة بسبب وجود مجالين كهربائيين متساويين و متعاكسين ، أو بسبب وجود عدة مجالات كهربائية محصلتها صفر ، وتسمى هذه النقطة نقطة التعادل .

و موقع نقطة التعادل لشحنتين نقطيتين تكون بين الشحنتين المتشابهتين وخارج المختلفتين . و في الحالتين تكون بالقرب من الشحنة الصغرى بغض النظر عن نوع الشحنة.

في الشكل المجاور ،أي النقاط يمكن أن تكون محصلة المجال الكهربائي عندها = صفر؟

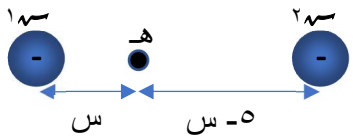
الجواب : ج

مثال (١٠) في الشكل أوجد بعد نقطة التعادل عن إحدى الشحنتين . أوجد بعد نقطة عن احدى الشحنتين لو وُضعت شحنة ثالثة عندها لن تتأثر بقوة كهربائية .



الحل : أولاً نفرضه موقعها ولنكن (هـ) ، بين الشحنتين المتشابهتين و أقرب للشحنة (-٤) نانوكولوم لأنها أصغر ، بغض النظر عن نوعها ...

ونفرضه بعدها عن الشحنة الصغرى (س) فيكون بعدها عن الشحنة الكبرى (٥ – س) ثم نطبق شرط الاتزان وهو أن محصلة المجال = صفر ...



$$\sum م = \text{صفر}$$

$$م_{١} = م_{٢}$$

$$\frac{أ \times سـ_{١}}{ف_{١}^{٢}} = \frac{أ \times سـ_{٢}}{ف_{٢}^{٢}}$$

$$\frac{٤ \times ١٠^{-٩}}{س^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{-٩}}{(٥ - س)^{٢}}$$

أسرع طريقة لإيجاد الناتج هو أخذ الجذر التربيعي للطرفين...

∴ س = ٢ سم

المجال الكهربائي

أسئلة

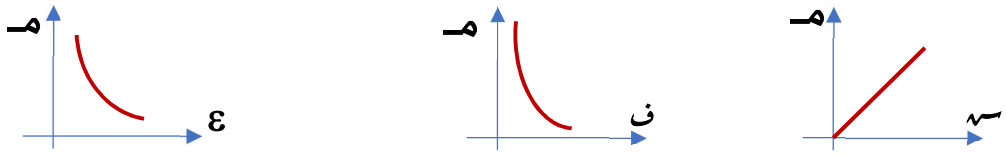
س ١ : أذكر العوامل التي يعتمد عليها كل من مقدار و اتجاه المجال الكهربائي عند نقطة و الناتج عن شحنة نقطية ، ومثل العلاقة البيانية لكل عامل .

الإجابة : مقدار المجال يعتمد على : ١- مقدار الشحنة الكهربائية

٢- بعد النقطة عن الشحنة

٣- السماحية الكهربائية للوسط العازل بين الشحنة و النقطة (نوع الوسط)

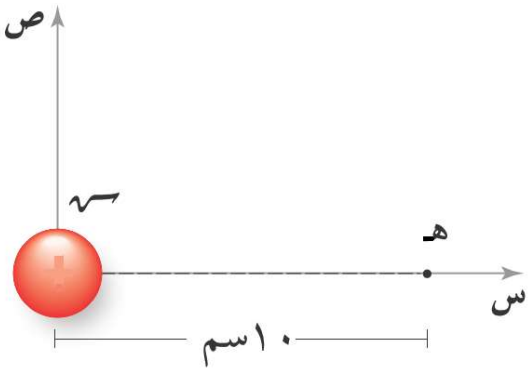
أما اتجاهه فيعتمد على **نوع الشحنة فقط** .



س ٢: في الشكل المجاور تأثر إلكترون بقوة (١٤٤ × ١٠ $^{-١٨}$) نيوتن باتجاه محور السينات السالب ،عندما كان في النقطة (هـ) أوجد ما يلي :

١ـ مقدار و اتجاه المجال الكهربائي عند النقطة (هـ).

٢ـ مقدار و نوع الشحنة س



الحل :

١- ن = س م

١٤٤×١٠$^{-١٨}$ = ١,٦ × ١٠$^{-١٩}$ × م

م = ٩٠٠ نيوتن / كولوم ، س$^{+}$ (لأن اتجاه القوة عكس اتجاه المجال عندما تكون الشحنة المتأثرة سالبة)

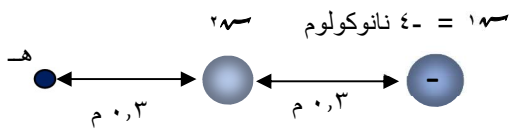
٢- الشحنة (س) موجبة لأن اتجاه مجالها عند (هـ) لليمين بعيداً عنها ، أما مقدارها :

$$م = \frac{أ\ س}{ف^{٢}} \leftarrow ٩٠٠ = \frac{٩ \times ١٠^{٩}\ س}{(٠,١)^{٢}} \leftarrow س = ١ \text{ نانوكولوم}.$$

المجال الكهربائي

س ٣: تأثر إلكترون بقوة (٣,٢ × ١٠$^{-١٧}$) نيوتن ، باتجاه محور السينات السالب عند وضعه عند النقطة (هـ) في الشكل المجاور ، احسب مقدار و نوع $س_{٢}$.

الحل :



ق = $س$. مـ

٣,٢ × ١٠$^{-١٧}$ = ١,٦ × ١٠$^{-١٩}$ × مـ

مـ = ٢٠٠ نيوتن / كولوم ، س$^{+}$ (لأن اتجاه القوة عكس اتجاه المجال عندما تكون الشحنة المتأثرة سالبة)

$$مـ = \frac{أ\ س}{ف^{٢}}$$

$$مـ_{١} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٤ \times ١٠^{-٩}}{(٠,٦)^{٢}}$$

$مـ_{١}$ = ١٠٠ نيوتن/كولوم ، س$^{+}$.

$مـ_{محصلة} = مـ_{١} + مـ_{٢}$ (جمع متجهات)

٢٠٠ س$^{+}$ = ١٠٠ س$^{+}$ + $مـ_{٢}$

∴ $مـ_{٢}$ = ١٠٠ س$^{+}$ (إذاً ، نوع $س_{٢}$ سالبة لأن اتجاه المجال باتجاه الشحنة)

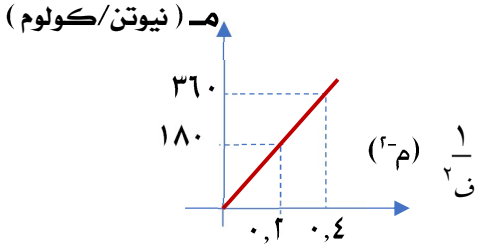
$$مـ = \frac{أ\ س}{ف^{٢}}$$

$$١٠٠ = \frac{س_{٢} \times ٩ \times ١٠^{٩}}{(٠,٣)^{٢}}$$

∴ $س_{٢}$ = ١ نانو كولوم

س ٤: يبين الشكل المجاور علاقة المجال الكهربائي لشحنة نقطية مع مقلوب مربع البعد عنها ، اعتمادا على الشكل أوجد مقدار الشحنة

(الجواب : $س$ = ١٠٠ نانوكولوم)

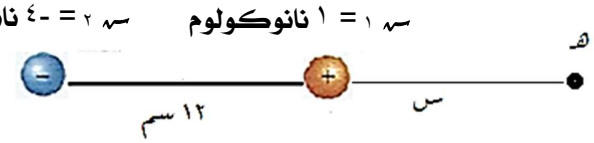


المجال الكهربائي

س ٥ : احسب بعد نقطة عن إحدى الشحنتين ينعدم عندها المجال الكهربائي في الشكل المجاور .

الحل :

سـ ١ = ١ نانوكولوم سـ ٢ = -٤ نانوكولوم



في هذا السؤال تكون على يمين الشحنة الثانية لأنهما مختلفتين و سـ٢ أصغر من سـ١ بغض النظر عن الإشارة السالبة للشحنة لأنها تعبر عن نوع الشحنة ،

فنفرض النقطة (هـ) نقطة الاتزان و بُعدها (س) عن الشحنة الصغرى ثم نطبق شرط الاتزان ...

$$\Sigma م_{هـ} = صفر$$

$$م_{هـ\,١} = م_{هـ\,٢}$$

$$\frac{أ \times سـ_{١}}{ف_{١}^{٢}} = \frac{أ \times سـ_{٢}}{ف_{٢}^{٢}}$$

$$\frac{١ \times ١٠^{-٩}}{س^{٢}} = \frac{٤ \times ١٠^{-٩}}{(١٢ + س)^{٢}}$$

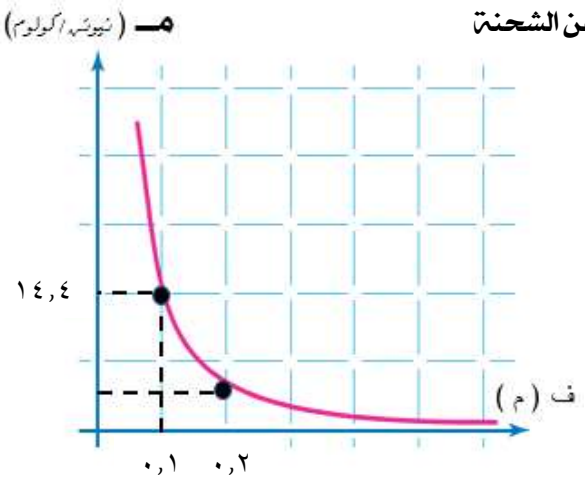
∴ س = ١٢ سم

س ٦ : يمثل الشكل المجاور علاقة المجال الكهربائي لشحنة نقطية مع البعد عنها بالمتر ، أوجد ما يلي :

١ـ القوة المؤثرة على شحنة (٢) ميكروكولوم على بعد (٠,١) م عن الشحنة

٢ـ المجال على بعد ٠,٢ م

٣ـ مقدار الشحنة النقطية



الجواب : ١- ٢٨,٨ ميكرونيوتن

٢- م = ٣,٦ نيوتن/كولوم ٣- سـ = ١٦ بيكوكولوم.

رابط الاختبار الإلكتروني الأول : الاختبار الأول

https://goo.gl/forms/KcfaZ٥WDTAwRPq٧١٢

المجال الكهربائي

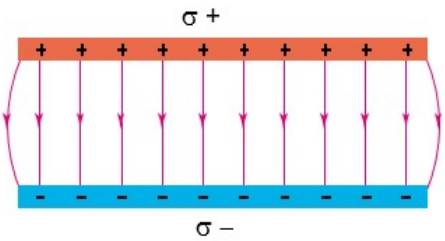
ثالثاً : المجال الكهربائي المنتظم

يُعد المجال الكهربائي الناشئ عن الشحنات النقطية مجالاً كهربائياً غير منتظم لأنه غير ثابت مقداراً ولا اتجاهاً .

فالمجال الكهربائي المنتظم هو الثابت مقدارا واتجاها فكيف نحصل عليه ؟ وكيف نُعبّر عنه رياضياً ؟

نحصل عليه (مصدره) :

من صفيحتين موصلتين متوازيتين أحداهما مشحونة بشحنة سالبة والأخرى بشحنة موجبة كما يبين الشكل المجاور .



خطوط المجال الكهربائي لصفيحتين متوازيتين و مشحونتين بشحنتين مختلفتين ، لاحظ توازي الخطوط وتساوي البعد بينها و انحناءها عند الأطراف ، وعدم وجود مجال كهربائي خارج الصفيحتين لأن محصلته تكون صفرا .

خطوطه (كيفية تمثيله) :

يمثل بخطوط مستقيمة متوازية والبعد بينها متساوٍ اتجاهها يمثل اتجاه المجال الكهربائي وكثافتها تعبّر عن مقداره .

كيفية حسابه :

عند شحن إحدى الصفيحتين بشحنة موجبة (+ ـــ) و الأخرى بشحنة سالبة (– ـــ) تتوزع هذه الشحنة على الصفيحتين بانتظام فتكون الشحنة على وحدة المساحة من الصفيحة (σ) و تسمى **الكثافة السطحية للشحنة** و تعطى بالعلاقة :

$$\sigma = \frac{\text{ـــ}}{\text{م}}$$

كولوم / م^{2}

كثافة الشحنة السطحية (σ)

هي كمية الشحنة الكهربائية لكل وحدة مساحة

و يتناسب المجال الكهربائي المنتظم **طرديا مع مقدار كثافة الشحنة السطحية** و **عكسيا مع السماحية الكهربائية للوسط بين الصفيحتين** . فإذا كانت كثافة الشحنة السطحية على الصفيحتين متساوية احداها موجبة (+ σ) و الأخرى سالبة (-σ) يكون المجال الكهربائي بين الصفيحتين :

$$\text{مـ} = \frac{\sigma}{\varepsilon_{\circ}}$$

ما هي العوامل التي يعتمد عليها مقدار المجال الكهربائي المنتظم ؟.

الإجابة ..

١- كثافة الشحنة السطحية
٢- السماحية الكهربائية للوسط بين الشحنتين .

المجال الكهربائي

مثال (١) صفيحتان متوازيتان مساحتهما (أ) يفصل بينهما الهواء شُحنتا بشحنتين متساويتين و مختلفتين (±س) . وضّح كيف يتغير المجال الكهربائي بين الصفيحتين في الحالات التالية :

١- إذا أصبحت الشحنة على كل صفيحة (٢س) ؟

٢- إذا نقصت مساحة الصفيحتين إلى النصف مع ثبات الشحنة ؟

٣- إذا أدخلت مادة عازلة بين الصفيحتين سماحيتها ضعفي سماحية الهواء ؟

٤- إذا اقتربت الصفيحتين من بعضهما إلى نصف المسافة السابقة ؟

الحل : بمعرفة العوامل التي يعتمد عليها المجال المنتظم و نوع التناسب طردياً أم عكسياً نستطيع الإجابة على هذا السؤال و العوامل نجدها من : $م = \frac{\sigma}{\varepsilon_{\circ}}$

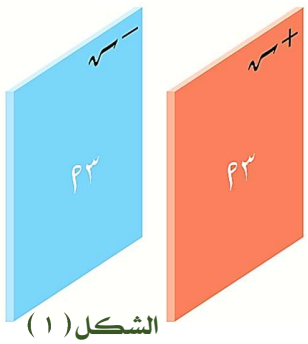
١- يتضاعف المجال و يصبح ٢ م . لأنه عند زيادة الشحنة على الصفيحتين تزداد كثافة الشحنة السطحية و يزداد المجال لأن م $\propto$ σ (المجال يتناسب طردياً مع كثافة الشحنة السطحية).

٢- يزداد المجال الكهربائي و يصبح ٢ م . لأن كثافة الشحنة السطحية سوف تزداد بنقصان المساحة مع ثبات الشحنة .(ملاحظة : إذا نقصت المساحة مع الشحنة بنفس المقدار يثبت المجال فلن تتغير كثافة الشحنة السطحية عندئذٍ)

٣- يقل المجال الكهربائي إلى النصف (المجال يتناسب عكسياً مع السماحية الكهربائية) م $\propto$ $\frac{١}{\varepsilon}$

٤- لا يؤثر البعد بين الصفيحتين على المجال الكهربائي فحسب العلاقة الرياضية لا يوجد عامل المسافة .

مثال (٢) في أي الشكلين المجاورين يكون المجال الكهربائي بين الصفيحتين أكبر ؟ وضح إجابتك .

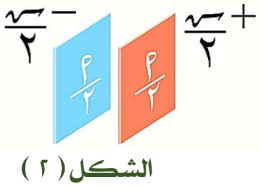


الحل : بحساب المجال الكهربائي لكل من الشكلين نحدد أي المجالين أكبر .

$م = \frac{\sigma}{\varepsilon} \longleftarrow م = \frac{س}{\varepsilon أ}$

$م_{١} = \frac{س}{\varepsilon أ}$ لكن $م_{٢} = \frac{\frac{س}{٢}}{\frac{\varepsilon أ}{٢}} = \frac{س}{\varepsilon أ}$

إذاً $م_{٢} > م_{١}$ ، $م_{٢} = ٣ \times م_{١}$



المجال الكهربائي

مثال (٣) صفيحتان متوازيتان مساحة كل منهما ٢٠٠سم^{٢} شُحنتا بشحنتين متساويتين و مختلفتين (١٧,٧) نانوكولوم . أوجد ما يلي :

١- كثافة الشحنة السطحية لكل صفيحة .

٢- المجال الكهربائي بين الصفيحتين .

٣- القوة المؤثرة على إلكترون بين الصفيحتين .

الحل : ١) $\sigma = \frac{١٧,٧ \times ١٠^{-٩}}{٢٠٠ \times ١٠^{-٤}}$

$\sigma = ٨,٨٥ \times ١٠^{-٧}$ كولوم / م^{٢}

٢) $مـ = \frac{\sigma}{\varepsilon_{\circ}}$

$مـ = \frac{٨,٨٥ \times ١٠^{-٧}}{٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢}}$

$مـ = ١٠^{٥}$ نيوتن / كولوم .

٣) $ق = مـ \times س$

$= ١٠^{٥} \times ١,٦ \times ١٠^{-١٩} = ١,٦ \times ١٠^{-١٤}$ نيوتن .

مثال (٤) وضعت شحنة (-٤,٤٢٥) ميكروكولوم بين صفيحتين متوازيتين و مشحونتين بشحنتين مختلفتين مساحتهما (٢,٥) سم^{٢} فتأثر بقوة (٢٠) نيوتن . احسب شحنة كل صفيحة .

الحل : من خلال القوة المؤثرة على الشحنة نجد المجال الكهربائي (ق = س × مـ) . ثم من قانون المجال الكهربائي $مـ = \frac{\sigma}{\varepsilon_{\circ}}$

نجد كثافة الشحنة السطحية ، و من قانون كثافة الشحنة السطحية $\sigma = \frac{س}{م}$ نجد شحنة الصفيحة .... لكن نستطيع حساب شحنة الصفيحة دون إيجاد المجال كالتالي :

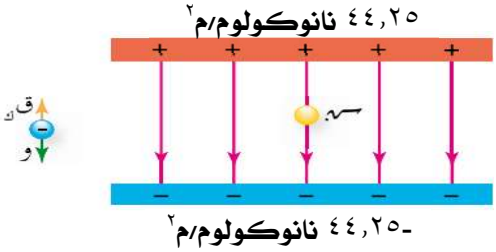
تعريف المجال : $مـ = \frac{ق_{ك}}{س}$ و المجال هنا مجال بين الصفيحتين : $مـ = \frac{\sigma}{\varepsilon_{\circ}}$ و $\sigma = \frac{س}{م}$

$\frac{ق_{ك}}{س_{\circ}} = \frac{س_{صفيحة}}{\varepsilon_{\circ} م}$ ← $\frac{٢٠}{٤,٤٢٥ \times ١٠^{-٦}} = \frac{س}{٢,٥ \times ١٠^{-٤} \times ٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢}}$

∴ $س = ١ \times ١٠^{-٨}$ كولوم

المجال الكهربائي

مثال (٥) اكتسبت قطرة زيت كتلتها (٥×١٠^{-٥}) كغ عدداً من الإلكترونات فاتزنت بين الصفيحتين في الشكل المجاور احسب عدد الإلكترونات التي اكتسبتها قطرة الزيت .



الحل : بما أن القطرة اتزنت فإن محصلة القوى على الجسم = صفر . نحدد القوى بمخطط الجسم الحر ثم نطبق شرط الاتزان ، و القوى هنا الوزن للأسفل و القوة الكهربائية للأعلى :

Σ ق = صفر ← ق ك = و

$$\text{ك جـ} = \text{ك م}$$

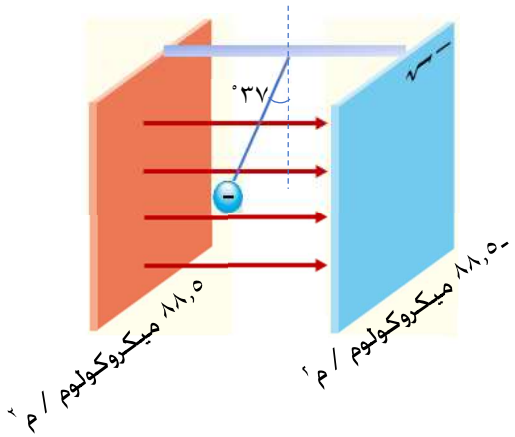
$$\text{ن ه} = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \text{ك جـ} \quad \therefore \text{ن} = \frac{\text{ك جـ} \ \varepsilon}{\sigma \ \text{ه}}$$

عوضنا هنا بقانون تكميم الشحنة و بقانون المجال المنتظم

$$\text{ن} = \frac{٥ \times ١٠^{-٥} \times ١٠ \times ٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩} \times ٤٤,٢٥ \times ١٠^{-٩}}$$

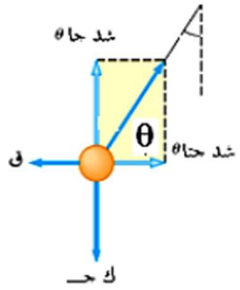
$\therefore$ ن = ٦,٢٥ × ١٠ ^{١١} إلكترون

مثال (٦) في الشكل المجاور اتزنت كرة كتلتها (٢×١٠^{-٣}) كغ بين الصفيحتين ، احسب عدد الإلكترونات على الكرة .



الحل : بما أن القطرة اتزنت فإن محصلة القوى على الجسم = صفر . نحدد القوى بمخطط الجسم الحر ثم نطبق شرط الاتزان ، و القوى هنا الوزن للأسفل و القوة الكهربائية لليسار و الشد باتجاه الحبل ، لكن قوة الشد تحلل إلى مركبتين...

المجال الكهربائي



$\sum$ ق = صفر

شد جتا θ = ق ..... معادلة ١

شد جا θ = و ..... معادلة ٢

بقسمة المعادلتين على بعضهما نتخلص من قوة الشد ...

$$\frac{\text{جا}\theta}{\text{جتا}\theta} = \frac{\text{و}}{\text{ق}}$$

$$\frac{\text{جا}٥٣}{\text{جتا}٥٣} = \frac{٢٠ \times ١٠^{-٣}}{\text{ق}}$$

∴ ق = ١٥×١٠$^{-٣}$ نيوتن ، لكن ق = سـ × مـ و مـ = $\frac{\sigma}{\varepsilon}$ = $\frac{٨٨,٥ \times ١٠^{-٦}}{٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢}}$ = ١×١٠^{٧} نيوتن/ كولوم

١٥×١٠$^{-٣}$ = سـ × ١ ×١٠^{٧} ∴ سـ = ١,٥ × ١٠$^{-٩}$ كولوم لكن سـ = ن e

١,٥ × ١٠$^{-٩}$ = ن × ١,٦ × ١٠$^{-١٦}$ ∴ ن = ٠,٩٣٧٥ × ١٠^{٧} إلكترون .

المجال الكهربائي

رابعاً : حركة جسيم مشحون في مجال كهربائي منتظم

إذا وضع جسيم شحنته (ـــ) في مجال كهربائي منتظم (مـ) فإنه سيتأثر بقوة كهربائية ثابتة (ق = ـــ مـ) و حسب القانون الثاني لنيوتن فإنها ستكسبه تسارعاً باتجاهها يتناسب طردياً مع القوة و عكسياً مع الكتلة ..

ق = ك × ت

ـــ مـ = ك × ت ⟵ $ت = \frac{مـ ـــ}{ك}$

و بما أن القوة ثابتة يكون التسارع ثابتاً و عندها توصف حركة الجسم بمعادلات الحركة الثلاث ...

$ع = ع_{.} + ت ز$

$\Delta س = ع_{.} ز + \frac{1}{2} ت ز^{2}$

$ع^{2} = ع_{.}^{2} + 2 ت \Delta س$

حيث (ع): السرعة النهائية للجسيم، ($ع_{.}$): السرعة الابتدائية للجسيم، (Δس): الإزاحة التي يقطعها الجسيم، (ز): الزمن اللازم للحركة.

ملاحظات :

- اتجاه التسارع باتجاه القوة دائماً . أما اتجاه القوة فتكون باتجاه المجال إذا كانت الشحنة موجبة و عكس اتجاه المجال إذا كانت الشحنة سالبة .
- يتباطأ الجسم إذا كانت القوة معاكسة لاتجاه سرعته الابتدائية و عندها يُعوض التسارع سالباً في معادلات الحركة .

مثال (١) جسيم شحنته (٣) ميكروكولوم و كتلته (٤×١٠^{-١٣}) كغ وضع في مجال كهربائي منتظم مقداره (٥٠٠) نيوتن / كولوم . أوجد ما يلي :

١- تسارع الجسيم ٢- سرعته بعد مرور (٤) ميكروثانية . ٣- الإزاحة التي يقطعها في هذه الفترة .

المجال الكهربائي

الحل :

١) $ت = \frac{\text{مـ}}{ك}$

$ت = \frac{٣ \times ١٠^{-٦} \times ٥٠٠}{٤ \times ١٠^{-١٣}}$

$ت = ٣,٧٥ \times ١٠^{٩}$ م/ث^{٢}

٢) $ع = ع_{.} + ت ز$

$ع = ٠ + ٣,٧٥ \times ١٠^{٩} \times ٤ \times ١٠^{-٦}$

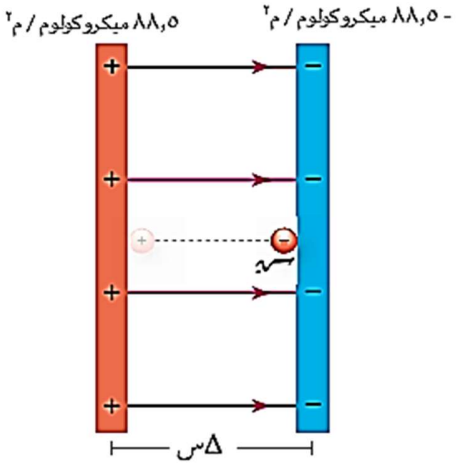
$ع = ١٥ \times ١٠^{٣}$ م/ث

٣) $\Delta س = ع_{.} ز + \frac{١}{٢} ت ز^{٢}$

$\Delta س = ٠ + \frac{١}{٢} \times ٣,٧٥ \times ١٠^{٩} \times (٤ \times ١٠^{-٦})^{٢}$

$\Delta س = ٣ \times ١٠^{-٢}$ م

مثال (٢) في الشكل المجاور ، تحرك جسيم كتلته (٠,٢) غ من السكون من الصفيحة السالبة فوصل إلى الصفيحة الموجبة بسرعة (٦×١٠^{٣}) م/ث ، إذا كان البعد بين الصفيحتين (١) سم ، بإهمال وزن الجسيم احسب شحنته .



الحل : *مـ معادلات الحركة نجد التسارع ثم نستخدم قانون تسارع الجسيم في مجال منتظم لكن نجد المجال بين الصفيحتين أولا :*

المعطيات : ك = ٢×١٠^{-٤} كغ ، $ع_{.}$ = صفر ، ع = ٦×١٠^{٣} م/ث ، $\Delta س = ١ \times ١٠^{-٢}$ م

$ع^{٢} = ع_{.}^{٢} + ٢ ت \Delta س$

$(٦ \times ١٠^{٣})^{٢} = ٠ + ٢ \times ت \times ١ \times ١٠^{-٢}$

$ت = ١٨ \times ١٠^{٨}$ م/ث^{٢}

لكن $ت = \frac{\text{مـ}}{ك}$

$١٨ \times ١٠^{٨} = \frac{\text{مـ} \times ١ \times ١٠^{٧}}{٢ \times ١٠^{-٤}}$

∴ مـ = ٣٦ ملي كولوم.

$\text{مـ} = \frac{\sigma}{\varepsilon}$

$\text{مـ} = \frac{٨٨,٥ \times ١٠^{-٦}}{٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢}}$

مـ = $١٠^{٧}$ نيوتن / كولوم

المجال الكهربائي

مثال (٣) وضع إلكترون بين صفيحتين متوازيتين مشحونتين بشحنتين مختلفتين فتأثر بقوة (١٤,٤×١٠^-١٨) نيوتن أوجد ما يلي : (علماً أن $ك_e$ = ٩×١٠^-٣١ كغ ، $ش_e$ = ١,٦ ×١٠^-١٩ كولوم)

١- تسارع الإلكترون

١- ق = ك ت

١٤,٤ × ١٠^-١٨ = ٩ × ١٠^-٣١ ت

∴ ت = ١,٦ × ١٠^١٣ م/ث^٢

٢- المجال الكهربائي

٢- ق = ش مـ

١٤,٤ × ١٠^-١٨ = ١,٦ × ١٠^-١٩ × مـ

∴ مـ = ٩٠ **نيوتن / كولوم**

٣- سرعته بعد ١ ميكروثانية

٣- ع = ع. + ت ز

ع = ٠ + ١,٦ × ١٠^١٣ × ١ × ١٠^-٦

ع = ١,٦ × ١٠^٧ **م/ث**

مثال (٤) في الشكل المجاور قذف جسيم كتلته (١,٢×١٠^-١٨) كغ بسرعة ابتدائية (٨×١٠^٤) م/ث في مجال كهربائي منتظم فتوقف بعد أن قطع مسافة (١,٦) سم . أوجد ما يلي

١. مقدار و اتجاه القوة الكهربائية على الجسيم ٢- شحنة الجسيم .

الحل :

١- $ع^2 = ع_.^2 + 2ت \Delta س$

٠ = (٨×١٠^٤)^٢ + ٢ ت × ١,٦ × ١٠^-٢

∴ ت = - ٢٠ ×١٠^١٠ م/ث^٢ (الإشارة السالبة تعني أن الجسم يتباطأ)

و منه ق = ك ت = ١,٢ × ١٠^-١٨ × ٢٠ ×١٠^١٠ ← ق = ٢٤ × ١٠^-٨ نيوتن ، س-

٢- $ت = \frac{مـ - ش}{ك}$

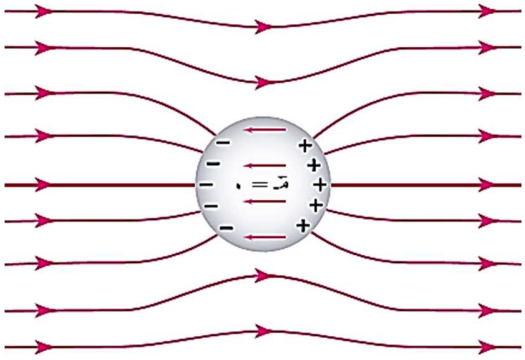
$= ٢٠ \times ١٠^{١٠} = \frac{٢٠٠ \times ش}{١٠ \times ١,٢^{-١٨}}$

∴ ش = ١,٢ نانوكولوم .

المجال الكهربائي

خامساً : حماية الأجهزة الإلكترونية من المجالات الكهربائية الخارجية

تحتوي الموصلات على إلكترونا ت حرة. وعندما يوضع موصل في مجال كهربائي خارجي تتأثر هذه الإلكترونات بقوة كهربائية تدفعها للحركة بعكس اتجاه المجال الكهربائي المؤثر. فيشحن الموصل بالحث. وتتوزع الشحنات على السطح الخارجي للموصل. كما هو مبين في الشكل المجاور فينشأ داخل الموصل مجال كهربائي مساو للمجال الكهربائي الخارجي. ومعاكس له في الاتجاه. فيكون المجال الكهربائي المحصل داخل الموصل صفراً. وبذلك يمنع الموصل المجال الكهربائي الخارجي من اختراقه .



أكياس مصنوعة من مادة موصلة لحماية الأجهزة الإلكترونية.

و بناء على ما سبق نستطيع تفسير ما يلي :

١. استخدام الموصلات لتغليف الأجهزة الإلكترونية إذ تشكل درعاً واقياً لحمايتها من المجالات الكهربائية الخارجية .

٢. لا يمكن الاتصال مع الهاتف الموجود داخل إناء فلزي .

٣. البقاء داخل السيارة خلال العاصفة المصحوبة بالبرق أكثر أماناً من الخروج منها .

رابط الاختبار الإلكتروني الثاني : الاختبار الثاني

https://goo.gl/forms/X٥٦zDUutkrO٤KFCi١

المجال الكهربائي

اختبر نفسك

السؤال الأول : يتكون هذا السؤال من ١٤ فرع لكل فرع أربع إجابات واحدة منها فقط صحيحة ، اختر رمز الإجابة الصحيحة لكل فرع .

١. جسم شحنته (– ٨) ميكروكولوم ، إن عدد الإلكترونات التي يحتاجها لتصبح شحنته (٨) ميكروكولوم هو:

أ) اكتساب ١٠×١٤ إلكترون
ب) اكتساب $٥ \times ١٠ \times ١٣$ إلكترون
جـ) فقد ١٠×١٤ إلكترون
د) فقد $٥ \times ١٠ \times ١٣$ إلكترون

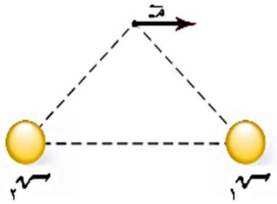
٢. إذا كانت $س_١ = ٤ س_٢$ ، وكانت القوة التي تؤثر فيها $س_١$ على $س_٢$ = ٢٠ نيوتن ،شرق، فإن القوة التي تؤثر فيها $س_٢$ على $س_١$ تساوي :

أ) ٢٠ نيوتن, شرق
ب) ١٠٠ نيوتن, شرق
جـ) ٢٠ نيوتن , غرب
د) ١٠٠ نيوتن , غرب

٣. يبين الشكل إلكتروناً وبروتوناً موضوعين على المحور السيني. يكون اتجاه المجال الكهربائي المحصل عند النقطتين س و ص على الترتيب هو :

أ) س+ , س-
ب) س+ , س+
جـ) س- , س-
د) س- , س+

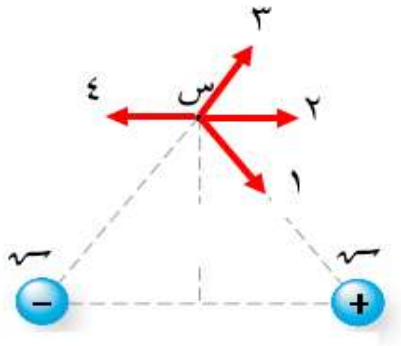
٤. نقطة تبعد عن الشحنتين ($س_١$ ، $س_٢$) المسافة نفسها. إذا علمت أن الشحنتين متساويتان في المقدار فإن:



أ) $س_١$ موجبة، $س_٢$ موجبة.
ب) $س_١$ موجبة، $س_٢$ سالبة.
جـ) $س_١$ سالبة، $س_٢$ موجبة.
د) $س_١$ سالبة، $س_٢$ سالبة.

المجال الكهربائي

٥. في الشكل المجاور شحنتان متساويتان في المقدار و مختلفتان في النوع ، إذا وُضع إلكترون عند النقطة (س) على نفس البعد من الشحنتين فإن الاتجاه الذي سيتحرك فيه الإلكترون هو :

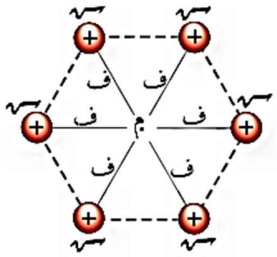


أ ١ ب ٢
جـ ٣ د ٤

٦. يبين الشكل المجاور شحنة نقطية (ـــ) عند النقطة (أ) تولد حولها مجالًا كهربائيًا. عندما وضعت شحنة (ـــ.) عند النقطة (ب) تأثرت بقوة كهربائية باتجاه المحور السيني الموجب. يكون (اتجاه المجال الكهربائي عند النقطة (ب)، ونوع الشحنة الكهربائية (ـــ)) على الترتيب:

أ (+س، سالبة) ب (+س، موجبة)
جـ (−س، سالبة) د (−س، موجبة)

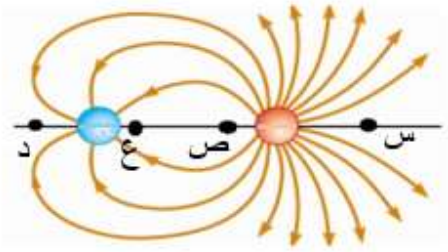
٧. وزعت شحنات نقطية مقدار كل منها (+ـــ) على رؤوس مضلع سداسي كما في الشكل المجاور . إذا أزيلت شحنة نقطية واحدة فإن مقدار المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (م) يساوي:



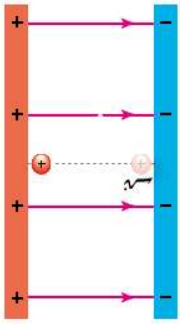
أ صفرًا ب ٥×(أ ـــ / ف٢)
جـ ٦×(أ ـــ / ف٢) د (أ ـــ / ف٢)

المجال الكهربائي

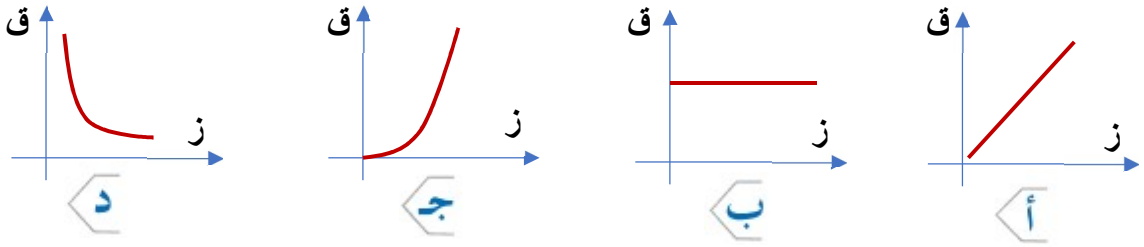
٨. في الشكل المجاور النقطة التي يمكن أن تكون محصلة المجال الكهربائي عندها صفراً هي :



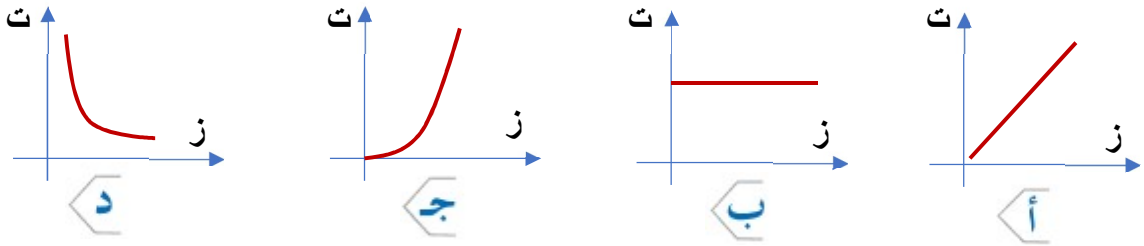
أ) س ب) ص
جـ) ع د) د



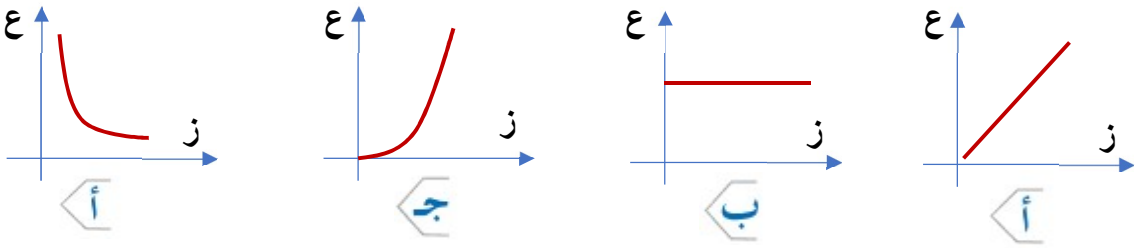
٩. وُضعت شحنة موجبة عند اللوح الموجب بين صفيحتين متوازيتين مشحونتين بشحنتين مختلفتين كما في الشكل المجاور إن العلاقة البيانية الصحيحة للقوة المؤثرة على الشحنة مع الزمن هي :



١٠. في السؤال السابق تكون العلاقة البيانية الصحيحة لتسارع الشحنة مع الزمن هي :

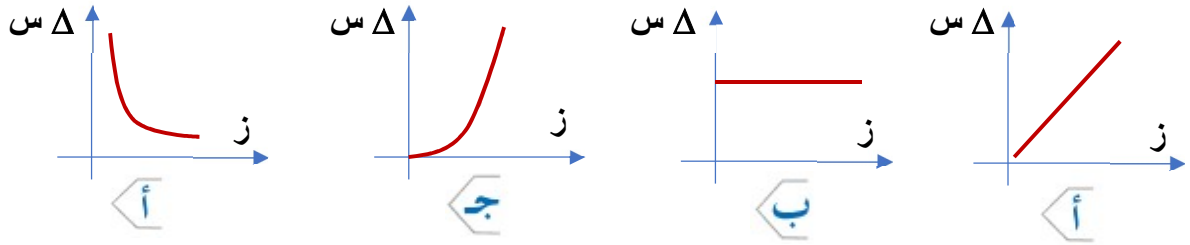


١١. في السؤال السابق تكون العلاقة الصحيحة لسرعة الشحنة مع الزمن هي :

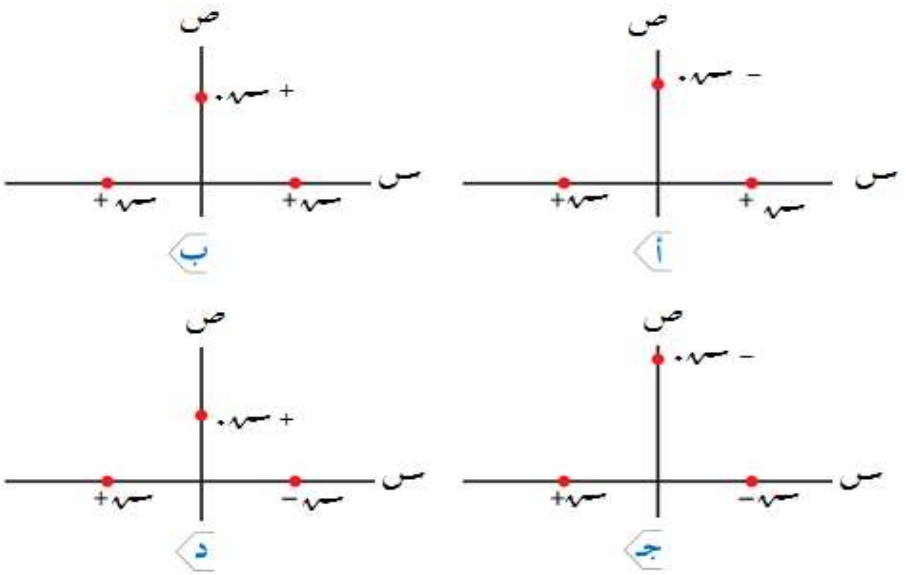


المجال الكهربائي

١٢. في السؤال السابق أيضاً تكون العلاقة الصحيحة لإزاحة الجسم مع الزمن هي :



١٣. في أي شكل تكون محصلة القوة على الشحنة (سـ٠) نحو محور الصادات السالب ؟



١٤. إذا وُضع إلكترون و بروتون في مجال كهربائي منتظم ، فإن :

أ تسارع الإلكترون يساوي تسارع البروتون ، و باتجاهين متعاكسين .

ب الإزاحة التي يحققها البروتون أكبر من إزاحة الإلكترون بنفس الفترة الزمنية .

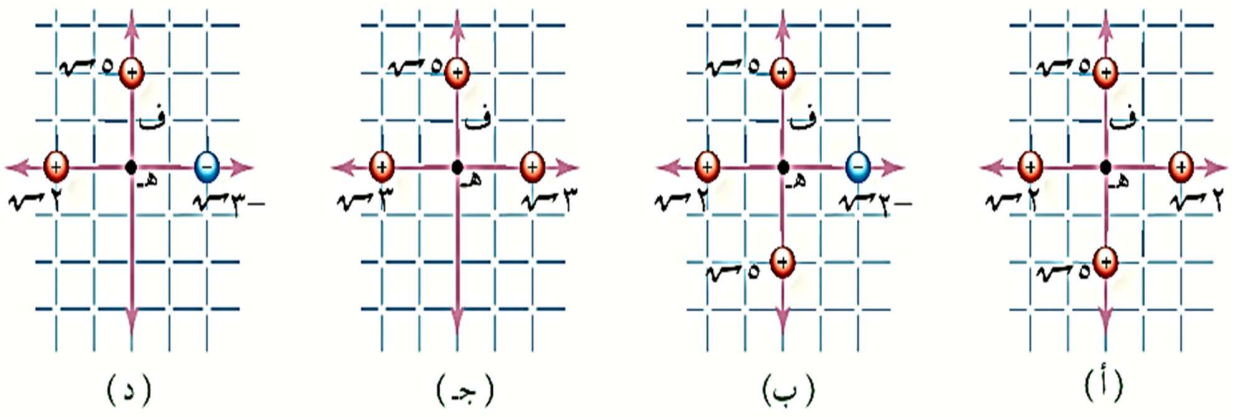
جـ القوة المؤثرة في البروتون أكبر من القوة المؤثرة في الإلكترون .

د القوة المؤثرة في الجسمين متساوية في المقدار و متعاكسة في الاتجاه .

المجال الكهربائي

السؤال الثاني :

يبين الشكل توزيعات مختلفة من الشحنات النقطية . إذا كان (ف) يمثل بعد كل شحنة عن النقطة (هـ). فجد المجال الكهربائي المحصل مقداراً واتجاهاً عند النقطة (هـ) في كل شكل بدلالة كل من(س ، ف) .



الإجابة : أ) صفر ب) ٤ $\frac{\text{أ س}}{\text{ف}^2}$ ج) ٥ $\frac{\text{أ س}}{\text{ف}^2}$ د) ٥$\sqrt{٢}$ $\frac{\text{أ س}}{\text{ف}^2}$

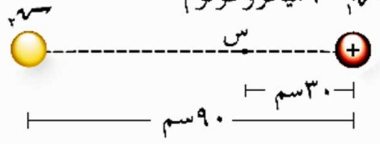
السؤال الثالث :

تأثرت شحنة نقطية (– ٥) بيكوكولوم ، بقوة كهربائية (٢٠) نانو نيوتن ،باتجاه محور الصادات الموجب عندما وضعت عند نقطة الأصل ، أوجد مقدار و اتجاه المجال الكهربائي عند تلك النقطة .

الإجابة : مـ= ٤×١٠^{٣} نيوتن/كولوم ، ـص

السؤال الرابع :

شحنتان نقطيتان (س$_{١}$، س$_{٢}$) موضوعتان في الهواء، والبعد بينهما (٩٠) سم، إذا علمت أن المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (س) يساوي صفرًا، ومعتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل المجاور فجد مقدار الشحنة (س$_{٢}$) ونوعها.

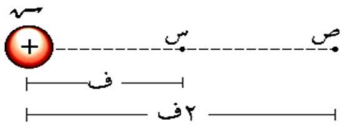


الإجابة : س$_{٢}$ = ٢٤ميكروكولوم ، موجبة

المجال الكهربائي

السؤال الخامس :

نقطتان (س، ص) تقعان في المجال الكهربائي لشحنة نقطية موجبة، كما يبين الشكل المجاور ، وضعت شحنة مقدارها (١×١٠^{-٦}) كولوم عند النقطة (س) فتأثرت بقوة كهربائية مقدارها (٨×١٠^{-٣}) نيوتن. جد:



أ) المجال الكهربائي عند النقطة (س) مقدارًا واتجاهًا.

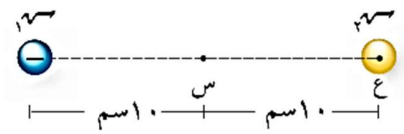
ب) القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة نقطية مقدارها (-١×١٠^{-٦}) كولوم توضع عند النقطة (ص)، مقدارًا واتجاهًا.

الإجابة : ١) ٨×١٠^{٣} نيوتن /كولوم

٢) ٢ ملي نيوتن ، – س .

السؤال السادس:

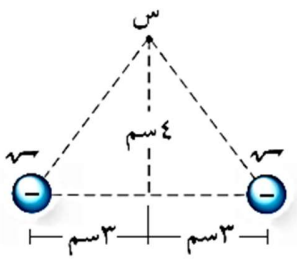
وضعت شحنة ($ش_{١} = -٢ \times ١٠^{-٦}$) كولوم على بعد (١٠) سم من النقطة (س) كما في المجاور . احسب مقدار الشحنة الكهربائية الواجب وضعها عند النقطة (ع)، وحدد نوعها ، ليكون مقدار المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (س) مساويًا (٥٤×١٠^{٦}) نيوتن/ كولوم ويكون اتجاهه نحو النقطة (ع).



الإجابة : ش٢ = – ٦ ميكروكولوم

السؤال السابع:

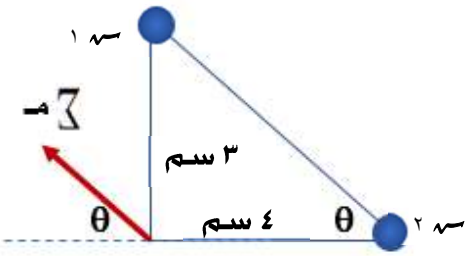
شحنتان نقطيتان متماثلتان ($ش = -٥ \times ١٠^{-٦}$) كولوم، موضوعتان في الهواء. معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل المجاور ، احسب المجال الكهربائي عند النقطة (س) مقدارًا واتجاهًا.



الإجابة : $٢,٨٨ \times ١٠^{٧}$ نيوتن/كولوم ، – ص

المجال الكهربائي

*** السؤال الثامن :**



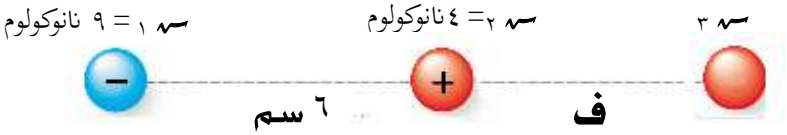
في الشكل المجاور إذا كانت محصلة المجال الكهربائي تساوي ٤٥٠ نيوتن/ كولوم و بالاتجاه المبين في الشكل . أوجد مقدار و نوع الشحنتين .

الإجابة : سـ١ = – ٢٧ بيكوكولوم ،

سـ٢ = + ٦٤ بيكوكولوم .

*** السؤال التاسع :**

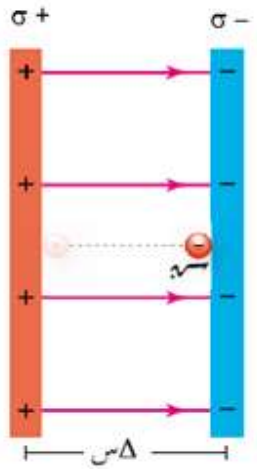
في الشكل المجاور ثلاث شحنات على استقامة واحدة . أوجد مقدار و نوع و بعد الشحنة الثالثة بحيث تكون الشحنات الثلاث متزنة .



الإجابة :ف = ١٢ سم ،

سـ٣ = ٣٦ نانوكولوم سالبة .

*** السؤال العاشر:**



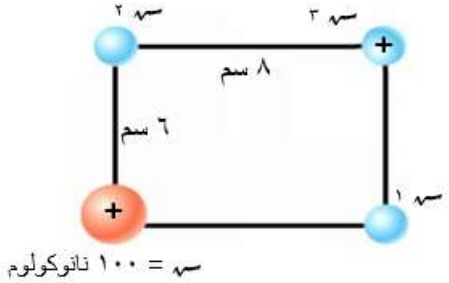
جسم كتلته (ك) و شحنته (– سـ) وضع عند الصفيحة السالبة بين صفيحتين متوازيتين مشحونتين بشحنتين مختلفتين كثافة الشحنة السطحية لهما (σ) و البعد بينهما (Δس) أثبت أن سرعته عند وصوله الصفيحة الموجبة و طاقته الحركية تعطى بالعلاقة :

$$ع = \sqrt{\frac{٢ \text{ سـ } σ Δس}{ε ك}} \qquad \text{ط}_ح = \frac{\text{سـ } σ Δس}{ε}$$

المجال الكهربائي

السؤال الحادي عشر :

في الشكل المجاور أوجد مقدار و نوع $س_1$ و $س_2$ علماً أن $س_3$ متزنة .

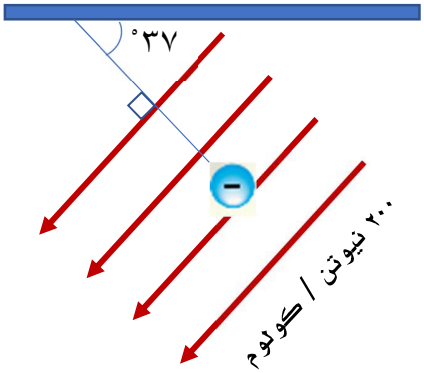


الإجابة : $س_1$ = ٢١,٦ نانوكولوم ،

$س_2$ = ٥١,٢ نانوكولوم ، سالبتان .

* السؤال الثاني عشر :

أثّر مجال كهربائي على كرة معلقة بشكل رأسي فانحرفت و استقرت كما في الشكل المجاور ، إذا علمت أن قوة الشد في الحبل (٠,١٢) نيوتن أوجد شحنة الكرة .



الإجابة : س = ٨٠٠ ميكروكولوم

السؤال الثالث عشر :

اتزن جسيم (أ) شحنته ($-س$) وكتلته (ك) في مجال كهربائي منتظم كما هو مبين في الشكل أجب عن الأسئلة الآتية:

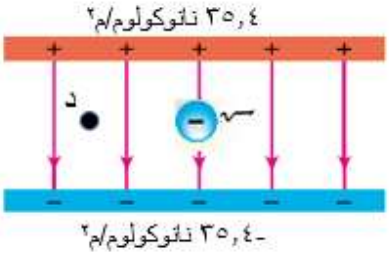
أ حدد نوع الشحنة الكهربائية على الصفيحتين.

ب إذا أُدخل جسيم (ب) شحنته ($-س$) وكتلته (٢ك) في المجال الكهربائي نفسه، فهل يتزن؟ فسر إجابتك .

جـ إذا زادت الشحنة الكهربائية على الصفيحتين فهل يبقى الجسيم (أ) محافظًا على اتزانه؟ فسر ذلك.

المجال الكهربائي

* السؤال الرابع عشر :



في الشكل المجاور وضعت شحنة نقطية (سـ = – ٣×١٠^-٨) كولوم داخل مجال منتظم تبعد عن النقطة (د) مسافة (٣٠)سم . أوجد ما يلي :

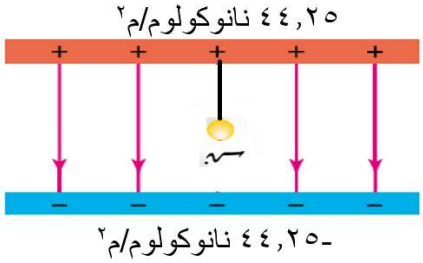
١- القوة المؤثرة على الشحنة (سـ)

٢- محصلة المجال عند النقطة (د)

الإجابة : ١) ١٢٠ ميكرونيوتن .

٢) ٥×١٠^٣ نيوتن/كولوم

* السؤال الخامس عشر :



عُلقت كرة كتلتها (٤)غ و شحنتها (– ٢) ميكروكولوم بين الصفيحتين كما في الشكل المجاور أوجد ما يلي :

١-قوة الشد في الحبل

٢-مقدار كثافة الشحنة السطحية للصفيحتين بحيث ينعدم الشد في الحبل

الإجابة : ١) ٠,٠٣ نيوتن .

٢) ١٧٧ نانوكولوم / م٢ .

* السؤال السادس عشر :

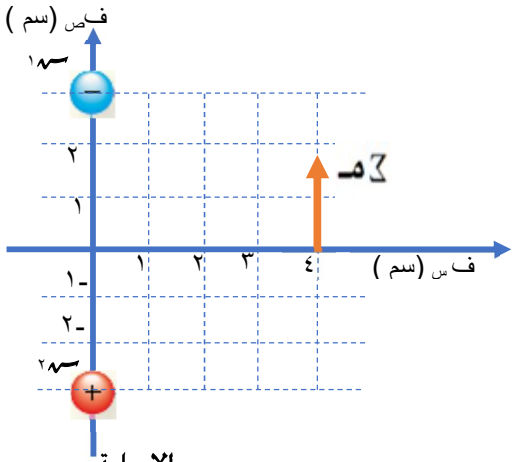
شحنتان سـ١ = ١٢ ميكروكولوم ، سـ٢ = ٢٧ ميكروكولوم و البعد بينهما (١٠) سم . أين يمكن وضع شحنة ثالثة بحيث تكون الشحنات الثلاث متزنة ؟ ثم أوجد مقدارها و نوعها .

الإجابة : بينهما على بعد ٤ سم من الشحنة الصغرى و قيمتها ٤,٣٢ ميكروكولوم و هي سالبة .

المجال الكهربائي

** **السابع عشر :**

في الشكل المجاور إذا علمت أن محصلة المجال الكهربائي على بعد (٤) سم من محور الصادات تساوي (١٠٨×١٠^٤) نيوتن /كولوم ، ص+ ، أوجد مقدار كل من الشحنتين .

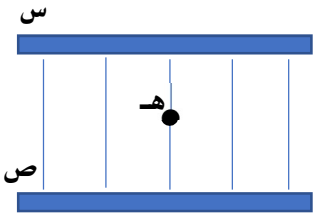


الإجابة : سـ = ٢٥٠ نانوكولوم

إجابة السؤال الأول

الفرع	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩
الإجابة	ج	ج	د	ج	ب	د	د	د	ب
الفرع	١٠	١١	١٢	١٣	١٤				
الإجابة	ب	أ	ج	أ	د				

وزارة ٢٠١٨ / الدورة الشتوية



في الشكل المجاور صفيحتان موصلتان متوازيتان (س ، ص) مساحة كل منهما (١×١٠^-٢) م٢ ، شُحنت إحداهما بشحنة موجبة و الأخرى بشحنة سالبة فنشأ بين الصفيحتين مجال كهربائي منتظم ، فإذا وُضع عند النقطة (هـ) جسيم شحنته (-٢) نانوكولوم ، و كتلته (٨ × ١٠^-٥) كغ ، فاتزن ، أجب عما يأتي :

[٩ علامات]

الإجابة ١) س: موجبة ، ص : سالبة

٢) سـ = ٣٥,٤ نانوكولوم

١- حدد نوع الشحنة على كل صفيحة .

٢- احسب مقدار الشحنة الكهربائية على كل صفيحة .