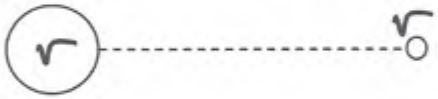
المجال الكهربائي

- من خلال دراسة قانون كولوم نجد أن الشحنات الكهربائية تؤثر بقوة متبادلة على بعضها البعض دون أن تتلامس ولتفسير ذلك وجد مفهوم المجال الكهربائي .
- **المجال الكهربائي :** هو المنطقة المحيطة بالشحنة والتي إذا وضعت فيها شحنة أخرى فإنها تتأثر بقوة كهربائية .

- يتم قياس المجال الكهربائي باستخدام شحنة اختبار صغيرة موجبة ($+$).
- لماذا تكون شحنة الاختبار صغيرة : حتى لا تحدث تغيرا في المجال المراد قياسه .

المجال الكهربائي في نقطة : هو القوة المؤثرة في شحنة اختبار صغيرة موجبة موضوعة في تلك النقطة مقسوما على شحنة الاختبار .

$$\text{مـ} = \frac{\text{ق}}{+}$$ وتقاس بوحدة $\frac{\text{نيوتن}}{\text{كولوم}}$



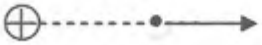
بما أن القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة النقطية تعطى بالعلاقة $\text{ق} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{+ \; +_{٠}}{\text{ف}^{٢}}$

$$\text{مـ} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{+}{\text{ف}^{٢}}$$ ← المجال الكهربائي عند نقطة تبعد مسافة (ف) عن شحنة نقطية .

ملاحظات :

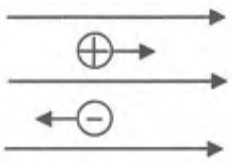
١- المجال الكهربائي كمية متجهة لذلك فان الإشارة السالبة للشحنة لا تعوض في القانون .

٢- إذا كانت الشحنة موجبة فان اتجاه المجال الكهربائي الناتج منها عند نقطة ما يكون كما في الشكل



٣- إذا كانت الشحنة سالبة فان اتجاه المجال الكهربائي الناتج منها عند نقطة ما يكون كما في الشكل

٤- إذا وضعت شحنة موجبة داخل مجال كهربائي فإنها تتحرك مع اتجاه خطوط المجال
وإذا كانت سالبة فإنها تتحرك بعكس اتجاه خطوط المجال

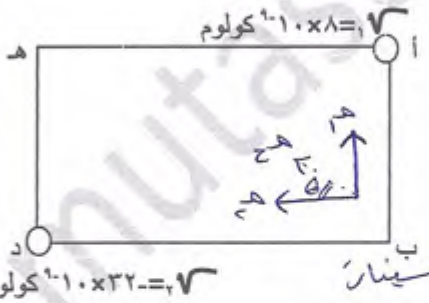


وزارية ٢٠٠٤

سؤال : (أ ،ب ،د ،هـ) مستطيل أطوال أضلاعه (٠,٣ م ، ٠,٤ م) وضعت شحنتان نقطيتان في رأسيه (أ ، د) كما في الشكل احسب

١- القوة المؤثرة على الشحنة السالبة ؟

٢- المجال الكهربائي عند النقطة (ب) ؟



١) $\text{ق} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{\text{سم} \times \text{سم}}{\text{ف}^{٢}}$

$= \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٨ \times ١٠^{-٩} \times ٣٢ \times ١٠^{-٩}}{٠,٢٥}$

$= ١٦ \times ٩ \times ١٠^{-٩}$ نيوتن

المجال الكلي

$\text{هـ} = \sqrt{\text{هـ}_{١}^{٢} + \text{هـ}_{٢}^{٢}}$

$= \sqrt{(١٨٠٠)^{٢} + (٨٠٠)^{٢}}$

ويصنع زاوية θ مع محور السينات

$\tan\theta = \frac{٨٠٠}{١٨٠٠}$

$\text{ف} = \sqrt{(٠,٣)^{٢} + (٠,٤)^{٢}}$

$= \sqrt{٠,٢٥}$

$= ٠,٥$ م

٢) المجال الناتج من الشحنة الاولى

$\text{هـ} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{\text{سم}}{\text{ف}^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٨ \times ١٠^{-٩}}{٠,٩}$

$= \text{هـ}_{١}$ = ٨٠٠ نيوتن/كولوم باتجاه ضلع

المجال الناتج من الشحنة الثانية

$\text{هـ} = ٩ \times ١٠^{٩} \frac{\text{سم}}{\text{ف}^{٢}} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٣٢ \times ١٠^{-٩}}{٠,١٦}$

$\text{هـ}_{٢}$ = ١٨٠٠ نيوتن/كولوم باتجاه س-

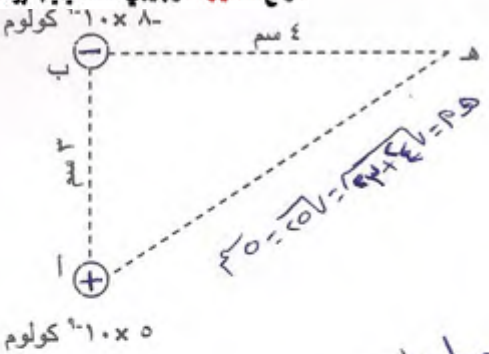
معلم المادة : معتصم جروان

من الكتاب

سؤال : شحنتان نقطيتان موضوعتان في الهواء كما في الشكل احسب ما يلي :

١- المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) ؟

٢- القوة المؤثرة في شحنة (-١ بيكوكولوم) موضوعة عند النقطة (هـ) ؟



أ) المجال الناتج من الشحنة ب

$هـ_ب = \frac{ك شـ_ب}{ف^2} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٨ \times ١٠^{-٩}}{(٤ \times ١٠^{-٢})^2} = ٤٥ \times ١٠^{٣}$ ن/ك باتجاه س-

ب) المجال الناتج من الشحنة م

$هـ_م = \frac{ك شـ_م}{ف^2} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٥ \times ١٠^{-٩}}{(٥ \times ١٠^{-٢})^2} = ١٨ \times ١٠^{٣}$ نيوتن/ك باتجاه يصنع زاوية θ

لإيجاد θ

$ظا\theta = \frac{٣}{٤} \Leftarrow \theta = ٣٧°$

حتى نقوم بحساب المجال المحصل يجب ان نحلل مركبة المجال هـ م الى مركبة سينية ومركبة صادية

$هـ_{م س} = هـ_م جتا ٣٧$

$= ١٨ \times ١٠^{٣} \times ٠٫٨ = ١٤٫٤ \times ١٠^{٣}$ ن/ك

$هـ_{م ص} = هـ_م جا\theta$

$= ١٨ \times ١٠^{٣} \times ٠٫٦ = ١٠٫٨ \times ١٠^{٣}$ ن/ك

نجد محصلة المركبات السينية

$هـ_{س محصلة} = ٤٥ \times ١٠^{٣} - ١٤٫٤ \times ١٠^{٣}$

$= ٣٠٫٦ \times ١٠^{٣}$ ن/ك

باتجاه س-

$هـ_{ص محصلة} = هـ_{م ص} = ١٠٫٨ \times ١٠^{٣}$ ن/ك باتجاه ص+

يصبح لدينا اتجاهان الزاوية بينهما ٩٠°

المجال المحصل :-

$هـ_ح = \sqrt{(١٠٫٨ \times ١٠^{٣})^2 + (٣٠٫٦ \times ١٠^{٣})^2}$

$= ٣٢٫٤ \times ١٠^{٣}$ ن/ك ويصنع زاوية θ مع محور السينات

$ظا\theta = \frac{هـ_{ص}}{هـ_{س}} = \frac{١٠٫٨}{٣٠٫٦}$

ب) $ق = هـ_ح شـ$

$= ٣٢٫٤ \times ١٠^{٣} \times ١ \times ١٠^{-١٢}$

$= ٣٢٫٤ \times ١٠^{-٨}$ كولوم

mutasem003@yahoo.com

وزاري ٢٠٠٤

سؤال : شحنتان نقطيتان الأولى (٤×١٠^-٦ كولوم) والثانية (١٦×١٠^-٦ كولوم) والمسافة بينهما في الهواء (٦ سم) احسب :

١- المجال الكهربائي في نقطة تبعد (٦ سم) عن كل من الشحنتين ؟

٢- القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة (١×١٠^-٦ كولوم) عند وضعها في تلك النقطة ؟

هـ١ = ٩×١٠^٩ × ٤×١٠^-٦ / (٦×١٠^-٢)^٢ = ١٠×٤ × ١٠^٩ / ٣٦×١٠^-٤ = ١٠×١٠ نيوتن/كولوم

هـ٢ = ٩×١٠^٩ × ١٦×١٠^-٦ / (٤×١٠^-٢)^٢ = ١٠×١٦ × ١٠^٩ / ٣٦×١٠^-٤ = ١٠×٤٠ نيوتن/كولوم

هـ١ = هـ٢ جتا٦٠ = ١٠×١٠ × ١٠^٧ × ٠٫٥ = ١٠×٥ نيوتن/كولوم

هـ ص = هـ١ جا٦٠ = ١٠×١٠ × ١٠^٧ × ٠٫٨٦ = ١٠×٨٫٦ نيوتن/كولوم

هـ س = هـ٢ جتا٦٠ = ١٠×٤ × ١٠^٧ × ٠٫٥ = ١٠×٢ نيوتن/كولوم

هـ ص = هـ٢ جا٦٠ = ١٠×٤٠ × ١٠^٧ × ٠٫٨٦ = ١٠×٣٤٫٤ نيوتن/كولوم

المجال المحصل هـ س = (١٠×١٠ - ١٠×٥) = ١٠×٥ نيوتن/كولوم + س

هـ ص = (١٠×٨٫٦ + ١٠×٣٤٫٤) = ١٠×٤٣ نيوتن/كولوم + ص

هـ = √(هـ س^٢ + هـ ص^٢) = √(١٠×٥)^٢ + (١٠×٤٣)^٢ = ١٠ × √(٥)^٢ + (٤٣)^٢ = ١٠ × √١٨٤٤ نيوتن/كولوم

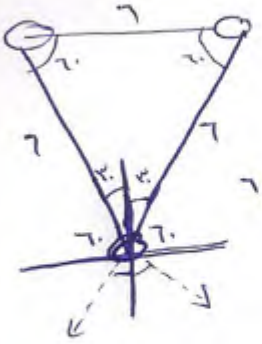
ويصنع زاوية θ مع محور س

ظا θ = ٤٣ / ٥

ق = هـ ش

= ١٠×١ × ١٠^-٦ × √(١٠)^٢ + (٤٣)^٢

= √(١٠)^٢ + (٤٣)^٢ نيوتن



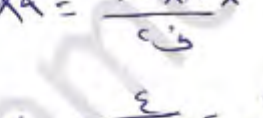
سؤال : شحنتان نقطيتان الأولى (٢×١٠^-٩ كولوم) والثانية (٨×١٠^-٩ كولوم) وضعتا في الهواء يفصل بينهما مسافة (٦ سم) اوجد نقطة التعادل في كل من الحالتين التاليتين :

١- إذا كانت الشحنتان موجبتان ؟

٢- إذا كانت الشحنة الأولى موجبة والثانية سالبة ؟

نقطة التعادل هي النقطة التي ينعدم عندها المجال الكهربائي .

١) إذا كانت الشحنتان متشابهتان نوعاً تكون نقطة التعادل بينهما وأقرب الى الشحنة الأصغر .



هـ١ = هـ٢

٩×١٠^٩ × ٢×١٠^-٩ / ف^٢ = ٩×١٠^٩ × ٨×١٠^-٩ / (٦-ف)^٢

١/ف = ٤/(٦-ف)^٢ ⇐ √(١/ف) = √(٤/(٦-ف)^٢)

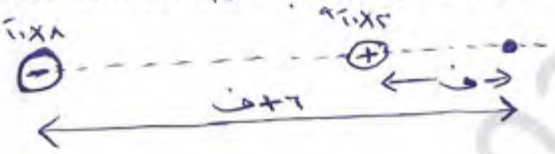
١/ف = ٢/(٦-ف)

٦-ف = ٢ف

٦ = ٢ف + ف

٦ = ٣ف ⇐ ف = ٦/٣ = ٢ سم

٢) إذا كانت الشحنتان مختلفتان نوعاً تكون نقطة التعادل خارجهما وعلى امتداد الخط الواصل بينهما وبالقرب من الشحنة الأصغر



هـ١ = هـ٢

٩×١٠^٩ × ٢×١٠^-٩ / ف^٢ = ٩×١٠^٩ × ٨×١٠^-٩ / (٦+ف)^٢

١/ف = ٤/(٦+ف)^٢ ⇐ √(١/ف) = √(٤/(٦+ف)^٢)

١/ف = ٢/(٦+ف)

٦+ف = ٢ف

٢ف - ف = ٦ ⇐ ف = ٦ سم

mutasem03@yahoo.com

وزاري ص٥٠

سؤال : في الشكل المجاور إذا كانت النقطة (هـ) نقطة تعادل في مجال الشحنتين المبينتين في الشكل فان النسبة $\frac{ف_1}{ف_2}$ تساوي :

$هـ_أ = هـ_ب$

$\frac{ك ٩ \times ١٠ \times ٩}{ف_1^2} = \frac{ك ٤ \times ١٠ \times ٩}{ف_2^2}$

$\Leftarrow \frac{1}{ف_1^2} = \frac{4}{ف_2^2} \Leftarrow \frac{1}{ف_1} = \frac{2}{ف_2} \Leftarrow \frac{ف_2}{ف_1} = 2 \Leftarrow \frac{ف_1}{ف_2} = \frac{1}{2}$

وزاري ص٥٠٣

سؤال : شحنتين نقطيتين موضوعتين في الهواء متساويتين في المقدار ومختلفتين في النوع ومقدار كل منهما (٢×١٠$^{-٨}$ كولوم) والمسافة بينهما (٠.٦ م) احسب المجال الكهربائي عند النقطة التي تنصف المسافة بينهما :

$هـ_{ص} = ١٠٠٠ - ١٠٠٠ = صفر$

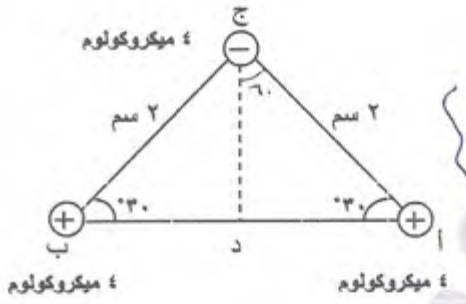
$هـ_{-س} = \frac{٩ \times ١٠ \times ٢ \times ١٠^{-٨}}{(٠.٣)^2} = ١٠٠٠ ن/ك$ ←س

$هـ_{+س} = \frac{٩ \times ١٠ \times ٢ \times ١٠^{-٨}}{(٠.٣)^2} = ١٠٠٠ ن/ك$ +س

سؤال : استعن بالقيم المثبتة على الشكل المجاور واحسب :

١- المجال الكهربائي عند النقطة (د) ؟

٢- القوة المؤثرة في الشحنة الموضوعة عند (ج) ؟



لحساب طول العمود ع د

جا٣٠ = $\frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}}$

٠.٥ = $\frac{ع د}{٢}$

$\Leftarrow$ ع د = ١ سم

١) بما أن س م و س ن متساويتان مقداراً ومتشابهتان نوعاً فإن المجال الناتج من الشحنة (م) يعاكس المجال الناتج من الشحنة (ن) ومتساويان في المقدار فتكون محصلتهما = صفر

$\Leftarrow$ المجال عند (د) ناتج فقط من الشحنة (ع)

$هـ_د = \frac{ك ٩ \times ١٠ \times ٤ \times ١٠^{-٦}}{ف^2} = \frac{٩ \times ١٠ \times ٤ \times ١٠^{-٦}}{(٠.٠١)^2}$

$\Leftarrow هـ_د = ٣٦ \times ١٠^{٧}$ ن/ك

ب) $هـ_م = \frac{٩ \times ١٠ \times ٤ \times ١٠^{-٦}}{(٠.٠٢)^2} = ٤ \times ١٠^{٧}$ ن/ك

$هـ_ن = \frac{٩ \times ١٠ \times ٤ \times ١٠^{-٦}}{(٠.٠٢)^2} = ٤ \times ١٠^{٧}$ ن/ك

نجد المركبات السينية والصادية للمجال

$هـ_{ص} = هـ_1 جا٢٠ + هـ_2 جا٢٠$

$= ٤ \times ١٠^{٧} \times ٠.٣٤٢ + ٤ \times ١٠^{٧} \times ٠.٣٤٢$

$= ٢.٧٣٦ \times ١٠^{٧}$ ن/ك

محصلة المجال على محور س = صفر

محصلة المجال على محور ص = $(٤ \times ١٠^{٧} + ٤ \times ١٠^{٧}) \times ١٠ = ٨ \times ١٠^{٧}$ ن/ك

وباتجاه +ص

$هـ_{س} = هـ_{ص} = ٣٦ \times ١٠^{٧}$ ن/ك

القوة = $هـ_{س}$

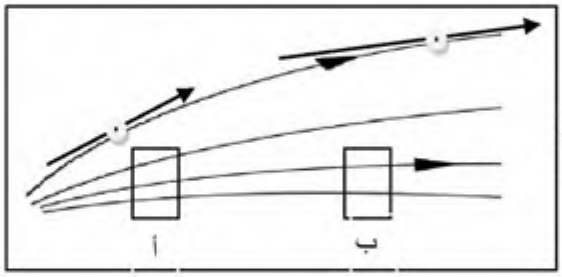
$= ٤ \times ١٠^{-٦} \times ٩ \times ١٠^{٧}$

$= ٣٦٠$ ن باتجاه -ص

خطوط المجال الكهربائي :

- يتم تصور المجال الكهربائي في الحيز المحيط بالشحنة من خلال رسم خطوط وهمية تشير إلى اتجاه المجال عند أي نقطة في هذا الحيز تسمى خطوط المجال الكهربائي .
- **خط المجال الكهربائي :** هو المسار الذي تسلكه شحنة اختبار موجبة حرة الحركة عند وضعها في المجال .

لاحظ الشكل المجاور الذي يمثل خطوط المجال الكهربائي " إن المجال الكهربائي يرتبط مع خطوط المجال من حيث الاتجاه والمقدار كما يلي " :



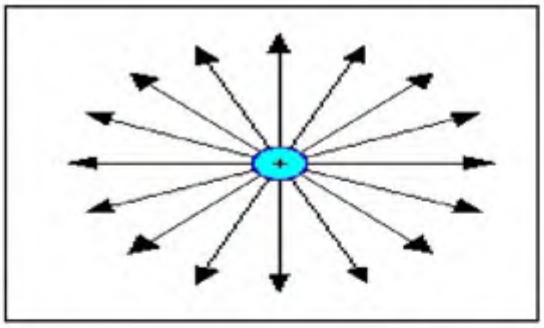
١ - يكون متجه المجال الكهربائي مماسا لخط المجال الكهربائي عند أي نقطة .

٢ - يتناسب عدد خطوط المجال التي تعبر عموديا وحدة المساحة من سطح ما مع مقدار المجال عند ذلك السطح أي أن المجال الكهربائي يكون كبيرا في المنطقة التي تكون فيها الخطوط متقاربة وصغيرا في المنطقة التي تكون فيها الخطوط متباعدة .

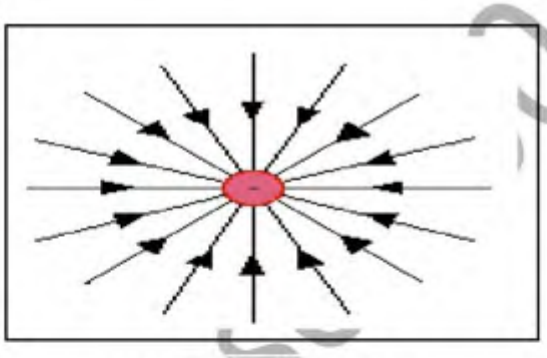
- عدد خطوط المجال التي تخترق وحدة المساحة (أ) اكبر من عدد خطوط المجال التي تخترق وحدة المساحة (ب) لذلك فان قيمة المجال عند (أ) اكبر منها عند (ب) .

خصائص خطوط المجال الكهربائي :

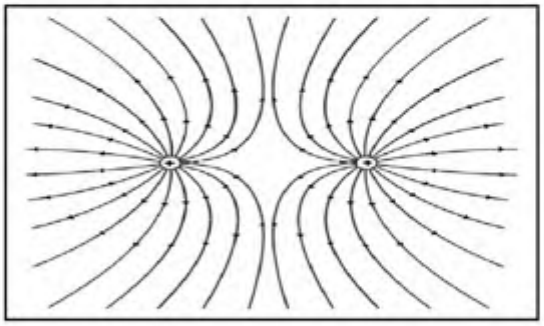
١ - تبدأ الخطوط من الشحنة الموجبة وتنتهي بالشحنة السالبة " أي أن الخطوط تكون خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة في الشحنة السالبة "
٢ - عدد الخطوط التي تخرج من الشحنة الموجبة أو تدخل في الشحنة السالبة يتناسب مع مقدار الشحنة " أي أن الشحنة التي لها مقدار كبير تكون عدد الخطوط الخارجة منها أو الداخلة فيها كبير وكلما قلت الشحنة يقل عدد الخطوط "
٣ - خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع " لأنها لو تقاطعت لكان للمجال الكهربائي أكثر من اتجاه عند نقطة التقاطع وهذا لا يجوز " .



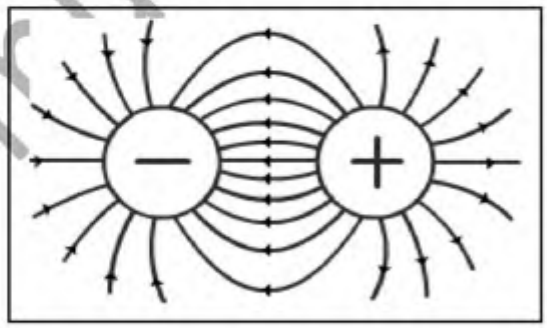
خطوط المجال لشحنة موجبة مفردة



خطوط المجال لشحنة سالبة مفردة



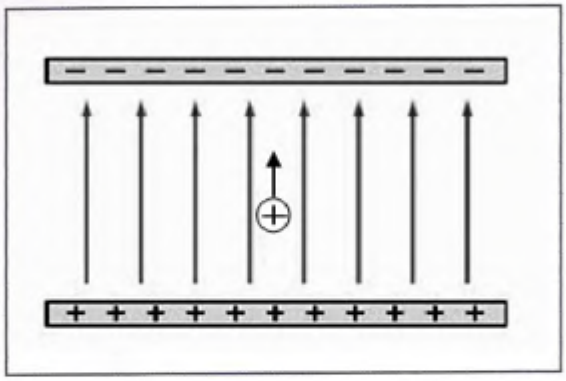
خطوط المجال لشحنتين متشابهتين



خطوط المجال لشحنتين مختلفتين

حركة جسيم مشحون في مجال كهربائي منتظم :

- **المجال الكهربائي المنتظم :** هو المجال الثابت في المقدار والاتجاه .
- يمكن الحصول على مجال كهربائي منتظم من خلال وضع صفيحتين فلزيتين متوازيتين ومشحونتين بشحنتين مختلفتين فتكون خطوط المجال الكهربائي بينها متوازية ولها نفس الاتجاه والبعد بينها متساوي كما في الشكل :



- عند وضع شحنة كهربائية داخل المجال المنتظم فإنها تتأثر بقوة كهربائية يكون اتجاهها مع اتجاه خطوط المجال إذا كانت الشحنة موجبة وعكس اتجاه خطوط المجال إذا كانت الشحنة سالبة .
- ولذلك فان الجسيم يكتسب تسارعا نتيجة الحركة داخل المجال ويتم حساب التسارع من خلال العلاقة :

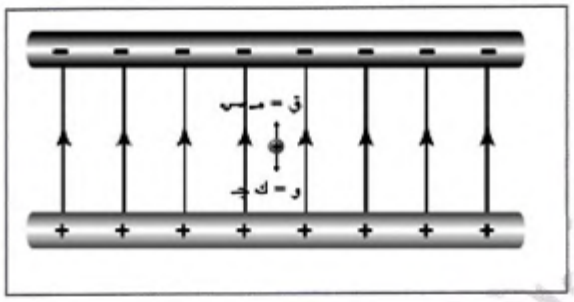
$$ق = م \, ش = ك \, ت$$

$$ت = \frac{م \, ش}{ك}$$

ق : القوة الكهربائية
م : المجال الكهربائي
ش : الشحنة
ت : التسارع
ك : كتلة الجسيم

من الكتاب

سؤال : اتزن جسيم شحنته (٣ نانو كولوم) عند وضعه في مجال كهربائي منتظم مقداره (١× ١٠ ^{٦} نيوتن / كولوم) كما هو مبين في الشكل جد كتلة الجسيم المشحون (تسارع الجاذبية جـ = ١٠ م/ث^{٢}) :



بما أن الجسم متزن

$$م ش = ك جـ$$

$$\Rightarrow ك = \frac{م ش}{جـ}$$

$$= \frac{٣ \times ١٠^{-٩} \times ١ \times ١٠^{٦}}{١٠}$$

$$= ٣ \times ١٠^{-٤} \text{ كغم}$$

mutasem003@yahoo.com