المبدع في الفيزياء

أعداد الاستاذ:محمد الغرايبة

مركز الجامعة

العقبة

0787684738

أعداد الأستاذ محمد الغرايبة

المنهاج الجديد

٢٠١٧-٢٠١٨

الفصل الاول

المجال الكهربائي

الفصل الثاني

الجهد الكهربائي

أعداد الأستاذ محمد الغرايبة

١-١ القوة الكهربائية والمجال الكهربائي

تتكون المادة من ذرات، ومن مكونات الذرة بروتونات موجبة الشحنة وإلكترونات سالبة الشحنة. وفي الذرة المتعادلة يكون عدد الإلكترونات مساويًا عدد البروتونات، ويصبح الجسم مشحونًا عندما يفقد عددًا صحيحًا من الإلكترونات أو يكسبها، لذلك فإن شحنة أي جسم يجب أن تكون من مضاعفات شحنة الإلكترون وهذا ما يسمى مبدأ تكمية الشحنة، ويمكن التعبير عنه بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$س = ن\, س_e \quad .... (١-١)$$

* حيث ($س$): شحنة الجسم، و(ن): عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة، و($س_e$): شحنة الإلكترون، وهي أصغر شحنة حرة في الطبيعة، وتساوي ($١,٦ \times ١٠^{-١٩}$) كولوم، وتسمى الشحنة الأساسية.
* وإذا كانت أبعاد الأجسام المشحونة صغيرة جدا بالنسبة إلى الأبعاد بينها، تبدو الشحنة الكهربائية على الجسم كأنها تتركز في نقطة، فيطلق على الشحنة الكهربائية التي يحملها الجسم عندئذ **شحنة نقطية**.

* الشحن (التكهرب) : العملية التي يشحن بها جسم بشحنة كهربائية .
* تشحن المواد بثلاث طرق :

١- الدلك ٢- اللمس ٣- التأثير .

* وإذا كانت أبعاد الأجسام المشحونة صغيرة جداً بالنسبة إلى الأبعاد بينها، تبدو الشحنة الكهربائية على الجسم كأنها تتركز في نقطة، فيطلق على الشحنة الكهربائية التي يحملها الجسم عندئذ **شحنة نقطية**.

س/ ما هو مبدأ **حفظ الشحنة** ؟

وهو ان مجموع الشحنة الكهربائية لأي نظام معزول هو كمية ثابتة ، اي أن ما يكسبه جسم يفقده آخر في هذا النظام

س/ ما هو مبدأ **تكمية الشحنة** ؟

وهو ان الشحنة الكهربائية على اي جسم هي من مضاعفات شحنة الالكترون .

* الجسم الذي **يفقد** الكترونات تصبح شحنته موجبة .
* الجسم الذي **يكسب** الكترونات تصبح شحنته سالبة .

مثال : ما شحنة جسيم فقد ١٠ الكترون ، علما بان شحنة الالكترون = $١,٦ \times ١٠^{-١٩}$ كولوم.

اعداد الاستاذ محمد الغرايبة

سؤال : ما شحنة جسم اكتسب (١٠^{٧}) إلكترون ؟

الحل : ش$_{جسم}$ = ن X ش$_{e}$ = ١٠^{٧} X ١،٦ X ١٠$^{-١٩}$

ش$_{جسم}$ = ١،٦ X ١٠$^{-١٢}$ كولوم (سالبة) .

*** قانون كولوم :-**

تنشأ بين الأجسام المشحونة قوى كهربائية تكون على شكل قوى تنافر أو تجاذب، وقد تمكن العالم كولوم من تحديد العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين، وتوصّل إلى أن مقدار القوة الكهربائية تتناسب طرديًّا مع مقدار كل من الشحنتين النقطيتين وعكسيًّا مع مربع المسافة بينهما، وتعتمد القوة الكهربائية أيضًا على طبيعة الوسط الذي توجد فيه الشحنات. ويُعبّر عن القوة الكهربائية بالعلاقة الرياضية الآتية والتي تعرف بقانون كولوم:

$$ق = \frac{أ\ شـ_{١}\ شـ_{٢}}{ف^{٢}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (٢-١)$$

حيث (أ): ثابت كولوم، ويعتمد فقط على طبيعة الوسط الذي توجد فيه الشحنات، ويعبر عن هذا الثابت بالمقدار ($\frac{١}{\varepsilon\pi٤}$) حيث (ε): السماحية الكهربائية للوسط، فإذا كان الوسط فراغًا أو هواءً يعبر عن السماحية الكهربائية بالرمز (ε.) وتساوي ٨,٨٥ × ١٠ ^{١٢} كولوم^{٢}/ نيوتن.م^{٢}. وعليه تصبح قيمة الثابت (أ): ($\frac{١}{.\varepsilon\pi٤}$) = ٩×١٠^{٩} نيوتن.م^{٢}/ كولوم^{٢} تقريبًا، وسنقتصر في دراستنا على الشحنات الكهربائية التي توضع في الهواء.

ويمكن التوصل لوحدة قياس ثابت كولوم من قانون كولوم على النحو الآتي:

$$ق = \frac{أ\ شـ_{١}\ شـ_{٢}}{ف^{٢}} \Leftarrow [أ] = \frac{[ق][ف^{٢}]}{[شـ_{١}][شـ_{٢}]} = \frac{\text{نيوتن.م}^{٢}}{\text{كولوم}^{٢}}$$

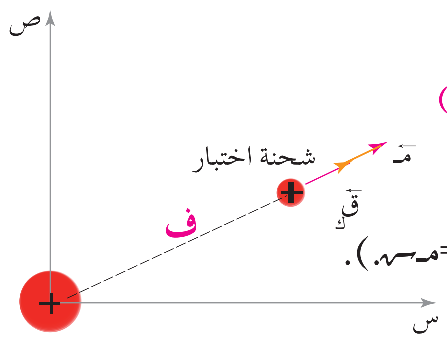
والقوة الكهربائية ذات تأثير عن بعد، وقد تمكن العالم فارادي من تفسيرها بافتراض مفهوم المجال الكهربائي، إذ يُعد المجال الكهربائي خاصية للحيز المحيط بالشحنة الكهربائية يظهر تأثيره على شكل قوة كهربائية تؤثر في شحنة أخرى توضع في هذا الحيز، لذلك تعد القوة الكهربائية قوة مجال.

سؤال : كيف تؤثر الشحنات الكهربائية على بعضها البعض بقوة دون تلامس ؟

طور العالم (مايكل فارادي) مفهوما جديدا سماه المجال الكهربائي حاول تفسير السؤال السابق ، فقال ان المنطقة حول الشحنة تتأثر.

ويعرف المجال الكهربائي عند نقطة بأنه القوة الكهربائية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة إذا وضعت عند تلك النقطة. ويعبر عنه بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$\vec{\text{م}} = \frac{\vec{\text{ق}}}{\text{ش}_{\cdot}} \quad \text{.................................} \quad (١-٣)$$



الشكل (١-١): المجال الكهربائي عند نقطة.

والمجال الكهربائي كمية متجهة يمكن حساب القوة الكهربائية المؤثرة في أي شحنة كهربائية (ش.) توضع عند تلك النقطة من العلاقة (ق=م ش.).

وإن وحدة قياس المجال الكهربائي (نيوتن/ كولوم).

تستخدم العلاقة ($\vec{\text{م}} = \frac{\text{ق}}{\text{ش}_{\cdot}}$) لحساب المجال الكهربائي عند نقطة بغض النظر عن مصدر المجال الكهربائي

وبما أن الشحنة الكهربائية المولدة للمجال الكهربائي نقطية، وكذلك الشحنة الكهربائية (ش.) فإنه طبقًا لقانون كولوم؛ العلاقة (١-٢)، تكون القوة الكهربائية المؤثرة في (ش.): $\text{ق} = \frac{\text{أ ش ش}_{\cdot}}{\text{ف}^{٢}}$

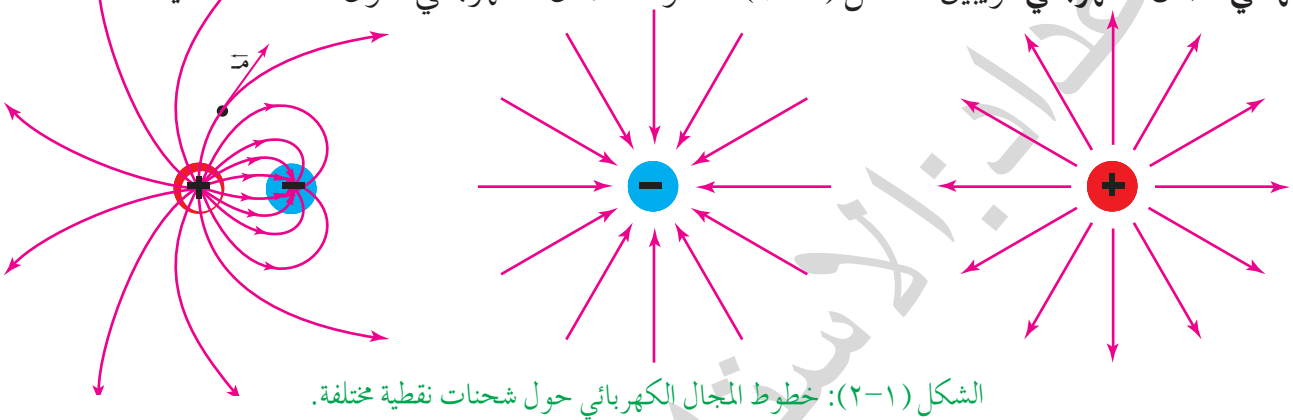
وبتعويض (ق~ك~) في العلاقة (١-٣)؛ $\vec{\text{م}} = \frac{\vec{\text{ق}}}{\text{ش}_{\cdot}}$ فإن: $\vec{\text{م}} = \frac{\text{أ ش ش}_{\cdot}}{\text{ف}^{٢}\,\text{ش}_{\cdot}}$

وباختصار (ش.) فإن:

$$\vec{\text{م}} = \frac{\text{أ ش}}{\text{ف}^{٢}} \quad \text{.................................} \quad (١-٤)$$

١-٢ المجال الكهربائي الناشئ عن شحنات نقطية

ومن أجل التعرف على المجال الكهربائي ووصفه مقدارًا واتجاهًا يُخطط برسم خطوط وهمية تسمى خطوط المجال الكهربائي، إذ يمثل **خط المجال الكهربائي المسار الذي تسلكه شحنة الاختبار حرة الحركة عند وضعها في المجال الكهربائي**. ويبين الشكل (١-٢) خطوط المجال الكهربائي حول شحنات نقطية مختلفة.



الشكل (١-٢): خطوط المجال الكهربائي حول شحنات نقطية مختلفة.

لاحظ أن خطوط المجال لا تتقاطع، وتبدو خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة في الشحنة السالبة؛ لماذا؟

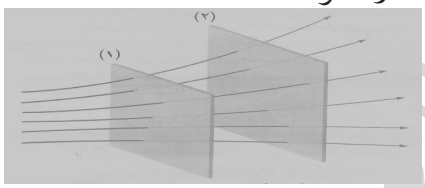
س : ما هي قواعد رسم خطوط المجال المجال الكهربائي ؟

١-تبدأ الخطوط من الشحنة الموجبة وتنتهي بالشحنة السالبة .

٢-عدد خطوط المجال الخارجة من الشحنة الموجبة أو تلك الداخلة الى السالبة يتناسب مع مقدار الشحنة .

٣- لا يمكن لخطوط المجال أن تتقاطع .

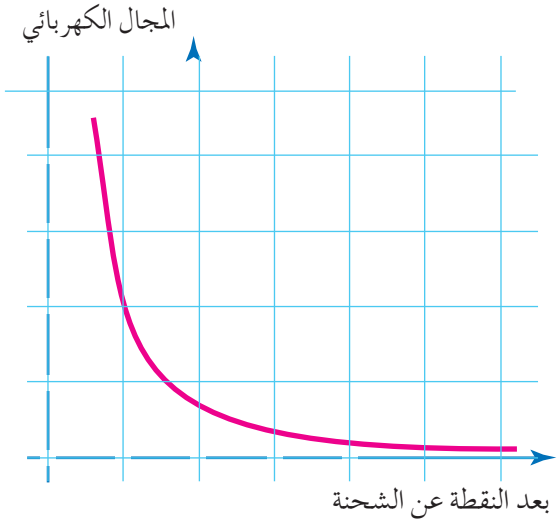
وتدل كثافة خطوط المجال الكهربائي في منطقة ما (عدد الخطوط التي تخترق وحدة المساحة عموديًا) على مقدار المجال الكهربائي؛ حيث يكون مقدار المجال الكهربائي كبيراً في المنطقة التي تتقارب فيها الخطوط، بينما يكون مقداره صغيراً في المنطقة التي تتباعد فيها الخطوط



س : لا يمكن لخطوط المجال أن تتقاطع .

لأنه لو تقاطعت الخطوط ، لوجد عند نقطة التقاطع أكثر من اتجاه للمجال (أكثر من مماس) وهذا مستحيل لأنه يتناقض مع مفاهيم المقادير والمتجهات .

والتمثيل البياني للعلاقة بين المجال الكهربائي، وبعد النقطة عن الشحنة.

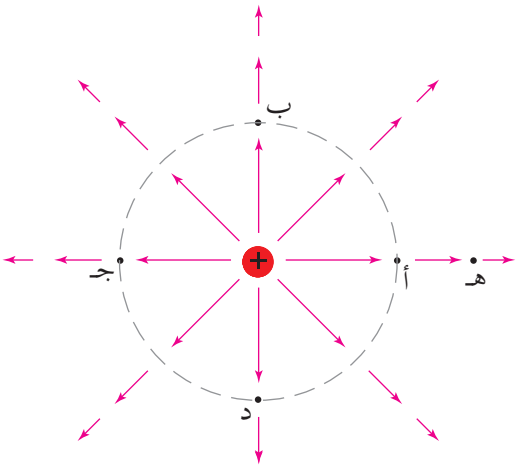


ويعد المجال الكهربائي للشحنة النقطية مجالًا غير منتظم؛

أي أنه غير ثابت في المقدار والاتجاه. ففي الشكل

مقدار المجال الكهربائي عند النقاط (أ، ب، جـ، د) متساوٍ

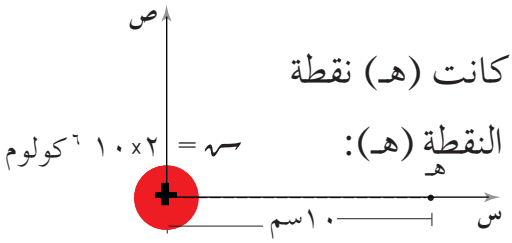
لأن لها البعد نفسه عن الشحنة النقطية (ـهـ)، لكن اتجاه المجال الكهربائي عند كل منها مختلف، وكذلك مقدار المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) أقل من مقداره عند النقطة (أ)



المجال الكهربائي لشحنة نقطية موجبة.

مثال (١-١)

يبين الشكل شحنة نقطية (٢×١٠^{-٦}) كولوم توضع في الهواء. إذا كانت (هـ) نقطة تقع في مجال الشحنة الكهربائية وعلى بعد (١٠)سم منها فجد عند النقطة (هـ):



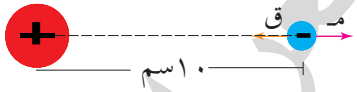
١- المجال الكهربائي مقدارا واتجاها.

٢- القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة (-٢×١٠^{-٩}) كولوم توضع عند تلك النقطة، مقدارًا واتجاهًا.

الحل:

١- $م = \frac{أ ـهـ}{ف^{٢}}$

$= \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٦}}{(١٠ \times ١٠^{-٢})^{٢}} = ١٨ \times ١٠^{٥}$ نيوتن/كولوم ← $م$ باتجاه المحور السيني الموجب

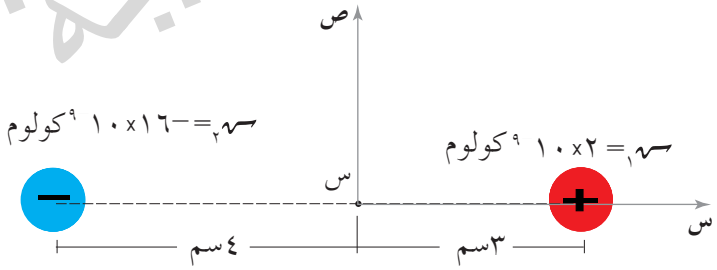


٢- $ق = م ـهـ$.

$= ١٨ \times ١٠^{٥} \times ٢ \times ١٠^{٩} = ٣٦ \times ١٠^{-٤}$ نيوتن. ← $ق$ باتجاه محور السيني السالب

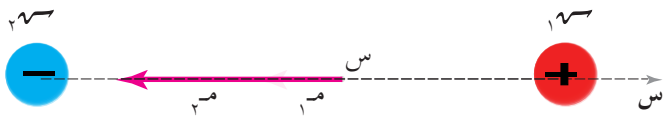
مثال (١-٢)

بالاعتماد على البيانات المثبتة في الشكل



١- المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (س) مقدارًا واتجاهًا.

٢ـ القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة (٢ بيكوكولوم) توضع عند النقطة (س) مقدارًا واتجاهًا.



الحل:

١- $م_{١} = \frac{أ\ ش}{ف^{٢}}$

$م_{١} = \frac{أ\ ش_{١}}{ف_{١}^{٢}} = \frac{٩\times١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٩}}{(٣\times١٠^{-٢})^{٢}}$ ⇐ $م_{١} = ٢ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/كولوم. باتجاه المحور السيني السالب.

$م_{٢} = \frac{أ\ ش_{١}}{ف_{٢}^{٢}} = \frac{٩\times١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٩}}{(٤\times١٠^{-٢})^{٢}}$ ⇐ $م_{٢} = ٩ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/كولوم. باتجاه المحور السيني السالب.

$م = م_{١} + م_{٢}$

$= ٩\times١٠^{٤} + ٢\times١٠^{٤}$

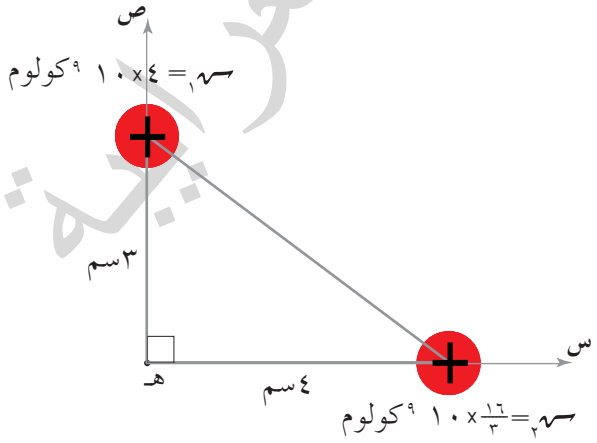
$= ١١\times١٠^{٤}$ نيوتن/ كولوم، باتجاه المحور السيني السالب.

٢- $ق_{ك} = م\ ش$.

$= ١١\times١٠^{٤} \times ٢\times١٠^{-١٢} = ٢٢\times١٠^{-٨}$ نيوتن. باتجاه المحور السيني السالب؛ لأن الشحنة المتأثرة موجبة.

مثال (١-٣)

شحنتان نقطيتان موضوعتان في الهواء، كما يبين الشكل جد المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) مقدارًا واتجاهًا.



الحل:

$م = \frac{أ\ ش_{١}}{ف_{١}^{٢}}$

$م_{١} = \frac{٩\times١٠^{٩} \times ٤ \times ١٠^{٤}}{(٣\times١٠^{-٢})^{٢}} = ٤\times١٠^{٤}$

نيوتن/كولوم. باتجاه المحور الصادي السالب.

$$م_{٢} = \frac{\frac{١٦}{٣} \times ١٠^{٩} \times ٩ \times ١٠^{٩}}{(٤ \times ١٠^{-٢})^{٢}} = ٣ \times ١٠^{٤}$$ نيوتن/كولوم. باتجاه المحور السيني السالب.

وبما أن المجالين الكهربائيين(م١، م٢) متعامدان فإن المجال الكهربائي المحصل يحسب من قاعدة فيثاغورس:

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

$$= \sqrt{(٣ \times ١٠^{٤})^{٢} + (٤ \times ١٠^{٤})^{٢}} = ٥ \times ١٠^{٤}$$ نيوتن/كولوم.

حيث ظا $\Phi = \frac{م_{١}}{م_{٢}} = \frac{٤}{٣}$ ، فتكون $\Phi = ٥٣^{\circ}$.

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

$\theta = (١٨٠ + ٥٣) = ٢٣٣^{\circ}$.

∴ م = ٥ × ١٠^٤ نيوتن/كولوم، ٢٣٣°.

مثال (ا-٤)

شحنتان نقطيتان موضوعتان في الهواء، كما هو مبين في الشكل إذا كانت ($ش_{١} = ٨ \times ١٠^{-٩}$ كولوم، $ش_{٢} = ٥ \times ١٠^{-٩}$ كولوم، فجد المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (أ) مقدارًا واتجاهًا.

الحل:

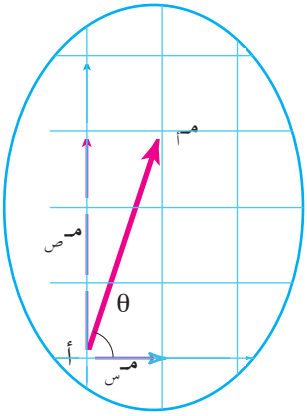
$$م = أ \frac{ش}{ف^{٢}}$$

$$م_{١} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٨ \times ١٠^{-٩}}{١٦ \times ١٠^{-٤}}$$

$= ٤,٥ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/ كولوم. باتجاه المحور الصادي الموجب.

$$م_{٢} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٥ \times ١٠^{-٩}}{٢٥ \times ١٠^{-٤}}$$

$= ١,٨ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/ كولوم. باتجاه يصنع زاوية (φ) مع المحور السيني الموجب.



ولإيجاد محصلة المجالين الكهربائيين، نحلل(مـ٢) إلى مركبتين،

مـ٢س = مـ٢ جتا φ = $\frac{٣}{٥}$ × ٤١٠×١,٨

= ١,٠٨×٤١٠ نيوتن/كولوم.

مـ٢ص = مـ٢جا φ = $\frac{٤}{٥}$ ×٤١٠×١,٨ = ١,٤٤×٤١٠ نيوتن/كولوم.

نجد مجموع المركبات باتجاه المحور السيني:

مـس = ١,٠٨×٤١٠ ≈ ١×٤١٠

نيوتن/ كولوم. باتجاه المحور السيني الموجب.

ونجد مجموع المركبات باتجاه المحور الصادي:

مـص = مـ١ − مـ٢ص = ٤,٥×٤١٠ − ١,٤٤×٤١٠

مـص = مـ١ − مـ٢ص = ٤,٥×٤١٠ − ١,٤٤×٤١٠

مـص = ٣,٠٦×٤١٠ ≈ ٣×٤١٠ نيوتن/ كولوم. باتجاه المحور الصادي الموجب.

ولإيجاد محصلة المجال الكهربائي عند النقطة (أ):

مـأ = $\sqrt{(١\times ٤١٠)^{٢}+(٣\times ٤١٠)^{٢}}$ = $\sqrt{١٠\times ٤١٠}$ نيوتن/ كولوم.

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

ظا θ = $\frac{\text{مـص}}{\text{مـس}}$ = $\frac{٣}{١}$ = ٣

فتكون θ = ٧٢°.

∴ مـ = ×٤١٠ نيوتن/كولوم، ٧٢°.

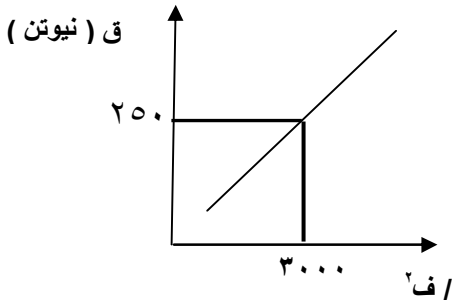
أسئلة عامة

مثال : شحنتان كهربئيتان مقدار كل منهما ١٠ × ١٠$^{-٦}$ كولوم والمسافة بينهما ١٠ سم ، اوجد

١- القوة المتبادلة بينهما .(علما بأن الوسط المحيط هو الفراغ) .

أعداد الاستاذ محمد الغرايبة

مثال : مستعينا بالشكل إحسب ميل المستقيم ثم جد مقدار كل من الشحنتين(على فرض أنهما شحنتان متماثلتان) ؟



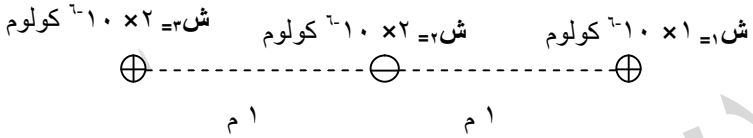
الحل: ش١ = ش٢ = ش

الميل = $\frac{\Delta ص}{\Delta س} = \frac{٢٥٠}{٣٠٠٠} = \frac{١}{١٢}$ = ق x ف٢

من قانون كولوم ⟵ ق x ف٢ = ٩ x ١٠^٩ ش٢

$= \frac{١}{١٢} = ٩ \times ١٠^{٩}$ ش٢ ⟵ ش٢ = ٩،٢٦ x ١٠^-١٢ ⟵ ش = $\sqrt{٩،٢٦ \times ١٠^{-١٢}}$

مثال : في الشكل المقابل ، أوجد القوة المحصلة والمؤثرة في الشحنة ش٢ .



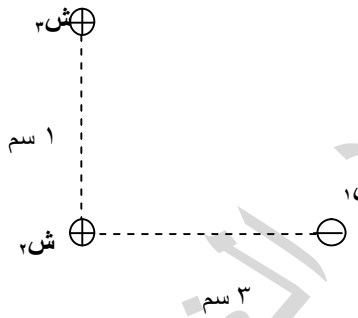
مثال: في الشكل المقابل ، اذا علمت أن :

ش١ = ٦ × ١٠ ^-٦ كولوم .

ش٢ = ١ × ١٠ ^-٦ كولوم .

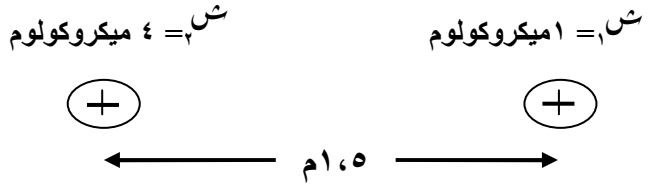
ش٣ = ١ × ١٠ ^-٦ كولوم .

أوجد القوة المحصلة والمؤثرة في ش٢ ؟



مثال : **شحنتان تقع على المستوى السيني احسب أين يجب وضع شحنة ثالثة سالبة على المستوى السيني لتكون القوة المحصلة عليها تساوي صفر ؟**

الحل:

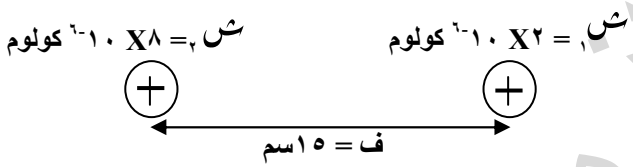


مثال : إحسب المجال الكهربائي في موضع شحنة الاختبار التي قيمتها ١ نانوكولوم والتي تؤثر بها قوة كهربائية مقدارها ٠،٦ نيوتن .

الحل: $م = \frac{ق}{ش} = \frac{٠،٦}{١ \times ١٠^{-٩}} = ٦ \times ١٠^{٨}$ **نيوتن / كولوم**

- **نقطة التعادل :** هي النقطة التي ينعدم عندها المجال (**م = صفر**) . **وتوجد :**
  - ❖ في منتصف المسافة بين شحنتين متشابهتين ومتساويتين .
  - ❖ بين شحنتين متشابهتين وغير متساويتين وأقرب للصغرى .
  - ❖ خارج شحنتين مختلفتين نوعاً ومختلفتين مقداراً على الخط الواصل بينهما وأقرب للصغرى .
  - ❖ أي شحنتين متساويتين في المقدار ومختلفتين في النوع **لا يوجد لهما نقطة تعادل**.

مثال: في الشكل المجاور،
إحسب بُعد نقطة التعادل عن الشحنة الأولى ؟



الحل:

مراجعة (١-١)

١) هل يمكن لجسم مشحون أن يحمل شحنة (٣×١٠^{١٩}) كولوم؟ فسر إجابتك.

٢) يعد الكولوم وحدة قياس كبيرة نسبيًّا من الناحية العملية. وضح ذلك من حساب عدد الإلكترونات التي يفقدها جسم أو يكسبها لتصبح شحنته (١) كولوم.

٣) بين كيف يمكن الإفادة من خطوط المجال الكهربائي في معرفة:

أ مقدار المجال الكهربائي في منطقة ما. ب اتجاه المجال الكهربائي عند نقطة.

٤) وضعت شحنة اختبار ($ش_{.}$) عند نقطة في مجال كهربائي فتأثرت بقوة باتجاه المحور الصادي السالب:

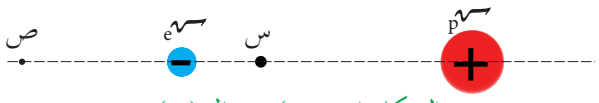
أ ما اتجاه المجال عند تلك النقطة؟

ب إذا وضعت شحنة ($٢ش_{.}$) بدلًا من شحنة الاختبار ($ش_{.}$)، فهل يتغير مقدار المجال الكهربائي عند النقطة؟ فسر إجابتك.

أعداد الأستاذ محمد الغرايبة

مراجعة (١-٢)

١) يبين الشكل (١-١٠) إلكترونًا وبروتونًا موضوعين على المحور السيني.



الشكل (١-١٠): سؤال (١).

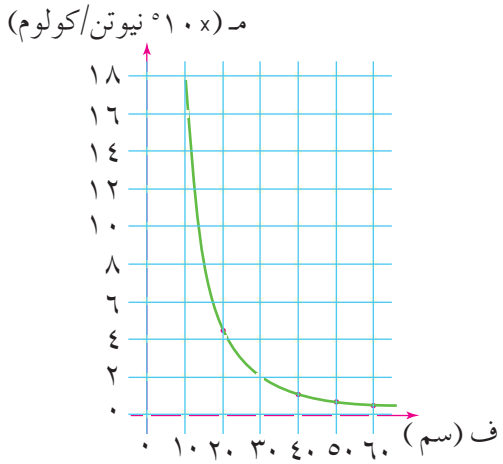
حدد اتجاه المجال الكهربائي المحصل عند النقطتين (س)، (ص).

٢) يبين الشكل (١-١١) العلاقة بين المجال الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية والبعد عنها. معتمدا على الشكل جد مقدار كل مما يأتي:

أ) المجال الكهربائي عند نقطة تبعد عن الشحنة (٣٠) سم.

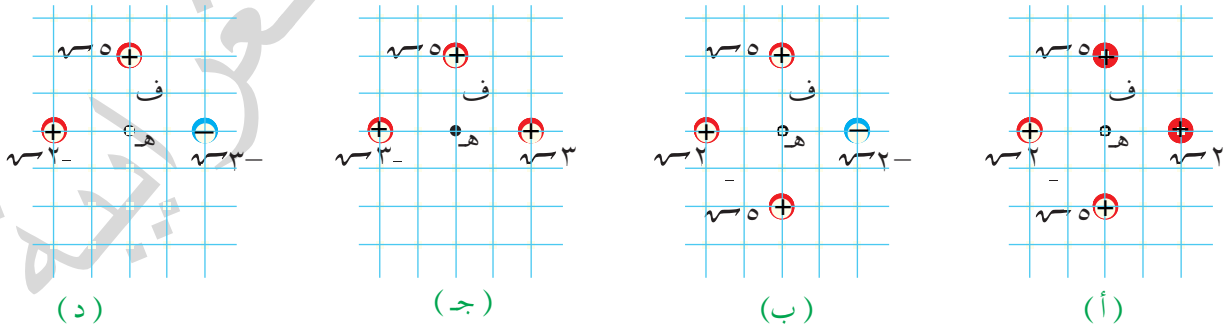
ب) مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة (١×١٠^{٩}) كولوم توضع عند نقطة تبعد (٢٠) سم عن الشحنة.

جـ) الشحنة الكهربائية المولدة للمجال.



الشكل (١-١١): سؤال (٢).

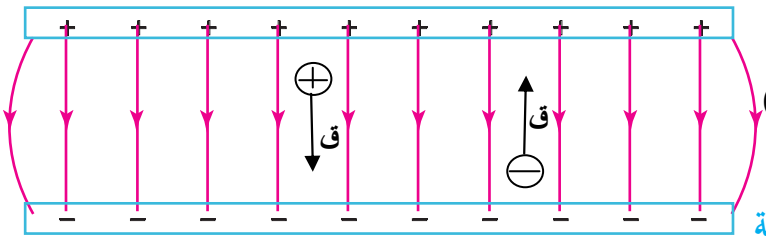
٣) يبين الشكل (١-١٢) توزيعات مختلفة من الشحنات النقطية، إذا كانت (ف) تمثل بعد كل شحنة عن نقطة المركز(هـ)، فجد مقدار المجال الكهربائي المحصل نقطة المركز بدلالة كل من (ﻫ، ف).



الشكل (١-١٢): سؤال (٣).

١ـ٣ المجال الكهربائي المنتظم

عند شحن صفيحتين موصلتين متوازيتين إحداهما بشحنة سالبة والأخرى بشحنة موجبة، وتتوزع **الشحنة** على سطحيهما بانتظام، فينشأ بينهما **مجال كهربائي منتظم ثابت مقداراً واتجاهًا عند النقاط جميعها** في الحيز بين الصفيحتين وبعيدًا عن الأطراف.



فإذا كان مقدار الشحنة على إحدى الصفيحتين (ـــ) ومساحة الصفيحة (أ) فإن كمية الشحنة الكهربائية لكل وحدة مساحة تعرف بالكثافة السطحية للشحنة

ويرمز لها بالرمز (σ) حيث ($\sigma = \frac{ـــ}{أ}$) وتقاس بوحدة (كولوم/ م٢).

حيث

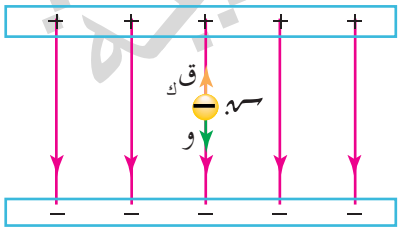
- يتناسب مقدار المجال الكهربائي طرديًا مع الكثافة السطحية للشحنة على الصفيحتين
- **يعتمد** المجال الكهربائي على السماحية الكهربائية للوسط الفاصل بين الصفيحتين

حيث إذا كانت الكثافة السطحية للشحنة على الصفيحتين متساوية

فإن المجال الكهربائي يعطى بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$م = \frac{\sigma}{\varepsilon_{\circ}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٥-١)$$

وعندما يوضع جسيم مشحون في مجال كهربائي منتظم فإنه يتأثر بقوة كهربائية ثابتة مقدارًا واتجاهًا. فإذا تحرك الجسيم تحت تأثير القوة الكهربائية فإنه سيكتسب تسارعًا ثابتًا مقدارًا واتجاهًا، وفقًا للقانون الثاني لنيوتن. وفي حالة الجسيمات الذرية (البروتونات والإلكترونات) فإن وزنها يكون مهملًا مقارنة بالقوة الكهربائية المؤثرة فيها



إن القوة الكهربائية تمثل ق المحصلة

ق محصلة = ك ت

ق ك = ك ت

مـ ـــ = ك ت

وبذلك فإن التسارع :

$$ت = \frac{مـ ســ}{ك} \quad \text{.....} \quad (١-٦)$$

ويكون اتجاه التسارع باتجاه القوة الكهربائية. وبما أن التسارع ثابت، فإن حركة الجسيم يمكن وصفها باستخدام معادلات الحركة بتسارع ثابت:

$$ع = ع. + ت ز \quad \text{.....} \quad (١-٧)$$

$$\Delta س = ع. ز + \frac{١}{٢} ت ز^{٢} \quad \text{.....} \quad (١-٨)$$

$$ع^{٢} = ع.^{٢} + ٢ ت \Delta س \quad \text{.....} \quad (١-٩)$$

مثال (١-٥)

صفيحتان موصلتان متوازيتان مساحة كل منهما (١×١٠^{-٢} م^{٢})، شحنت إحداهما بشحنة موجبة والأخرى بشحنة سالبة، وكانت الشحنة الكهربائية على كل صفيحة ($١,٧٧ \times ١٠^{-٩}$) كولوم.

علمًا أن $\varepsilon. = ٨,٨٥ \times ١٠^{-١٢}$ $\frac{\text{كولوم}^{٢}}{\text{نيوتن.م}^{٢}}$. احسب:

١) مقدار المجال الكهربائي في الحيز بين الصفيحتين.

٢) مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة (١×١٠^{-٩}) كولوم توضع في الحيز بين الصفيحتين.

٣) المجال الكهربائي عندما تصبح الشحنة الكهربائية مثلي ما كانت عليه على كل من الصفيحتين، مع بقاء مساحة كل من الصفيحتين ثابتة.

الحل:

١) $\sigma = \frac{ســ}{أ} = \frac{١٠ \times ١,٧٧^{-٩}}{١٠ \times ١^{-٢}} \Leftarrow \sigma = ١٠ \times ١,٧٧^{٧}$ كولوم/م^{٢}.

$$مـ = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{١٠ \times ١,٧٧^{٧}}{١٠ \times ٨,٨٥^{-١٢}}$$

$مـ = ٢ \times ١٠^{٤}$ نيوتن/ كولوم.

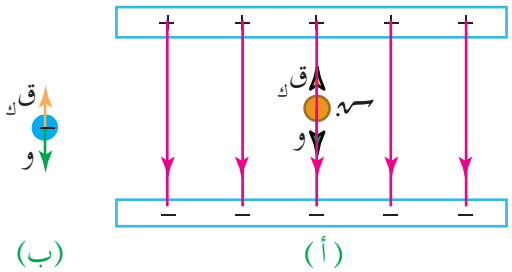
٢) ق $= مـ ســ$.

$= ٢ \times ١٠^{٤} \times ١ \times ١٠^{-٩} = ٢ \times ١٠^{-٥}$ نيوتن.

٣) عندما تصبح الشحنة الكهربائية مثلي ما كانت عليه مع بقاء مساحة الصفيحتين ثابتة تصبح (σ) مثلي قيمتها، وبما أن المجال الكهربائي (مـ) يتناسب طرديًّا مع كثافة الشحنة السطحية (σ) فإن المجال الكهربائي يصبح مثلي مقدارة أي أن مـ = ٤ × ١٠^٤ نيوتن/ كولوم.

مثال (١-٦)

يبين الشكل مجالاً كهربائيًّا منتظمًا اتجاهه نحو المحور الصادي السالب، وضع فيه جسيم شحنته (٣) نانوكولوم وكتلته (٣ × ١٠^-٥) كغ، فاتزن. أجب عما يأتي:



١) ما نوع شحنة الجسيم؟

٢) احسب مقدار المجال الكهربائي في الحيز بين الصفيحتين.

٣) إذا استخدمنا صفيحتين لهما نصف المساحة، فكيف يجب أن نُغير الشحنة الكهربائية على الصفيحتين كي يبقى الجسيم متزنًا؟

١) بما أن القوة الكهربائية بعكس اتجاه المجال الكهربائي فإن شحنة الجسيم سالبة.

٢) الجسيم متزن ⟵ ق_ك = و

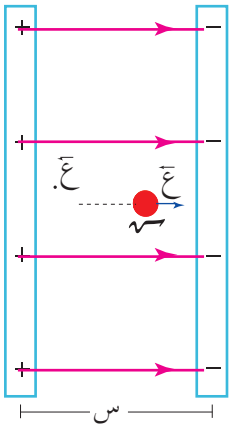
مـ ـــ = ك جـ

مـ = ك جـ / ـــ = (٣ × ١٠^-٥ × ١٠) / (٣ × ١٠^-٩) ⟵ مـ = ١ × ١٠^٥ نيوتن/كولوم.

٣) لبقاء الجسيم متزنًا يجب الحفاظ على المجال الكهربائي مقدارًا واتجاهًا (مـ = σ / ε.) وبما أن (σ = ـــ / أ)، لذا عندما تقل مساحة الصفيحتين إلى النصف يجب أن تقل الشحنة الكهربائية إلى النصف.

مثال (ا-٧)

تحرك بروتون من السكون في مجال كهربائي منتظم مقداره (٥٠١) نيوتن/ كولوم من نقطة عند الصفيحة الموجبة إلى نقطة عند الصفيحة السالبة، كما يبين الشكل. إذا كانت سرعة البروتون بعد قطعه هذه الإزاحة ($١,٢ \times ١٠^{٥}$) م/ث، وكتلته $١,٦٧ \times ١٠^{-٢٧}$ كغ فاحسب:



١ تسارع البروتون.

٢ الزمن الذي يحتاجه البروتون كي يصل إلى الصفيحة السالبة.

٣ الإزاحة التي قطعها.

الحل:

١ يحسب التسارع من العلاقة:

$$ت = \frac{م_{ب}}{ك} = \frac{٦٠٠ \times ١,٦ \times ١٠^{١٩}}{١,٦٧ \times ١٠^{-٢٧}}$$

$= ٤,٨ \times ١٠^{١٠}$ م/ث^{٢}، باتجاه المحور السيني الموجب.

٢ يحسب الزمن من العلاقة:

$$ع = ع. + ت ز$$

$$١,٢ \times ١٠^{٥} = ٠ + ٤,٨ \times ١٠^{١٠} ز$$

$$ز = ٢,٥ \times ١٠^{-٦} \text{ ث}.$$

٣ تحسب الإزاحة من العلاقة:

$$\Delta س = \frac{ع. ز + \frac{١}{٢} ت ز^{٢}}{}$$

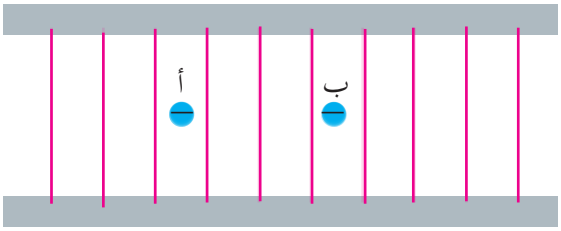
$$= \frac{٠ + \frac{١}{٢} \times ٤,٨ \times ١٠^{١٠} \times (٢,٥ \times ١٠^{-٦})^{٢}}{}$$

$\Delta س = ١٥$ م، باتجاه المحور السيني الموجب.

أعداد الأستاذ محمد الغرايبة

مراجعة (١-٣)

١) اتزن جسيم (أ) شحنته (ـــ٨.) وكتلته (ك) في مجال كهربائي منتظم رأسيّ كما هو مبين في الشكل (١-١٦)، ادرس الشكل ثم أجب عن الأسئلة الآتية:



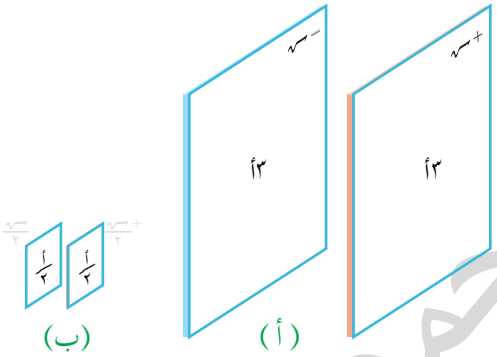
الشكل (١-١٦): سؤال (١).

أ) حدد نوع الشحنة الكهربائية على الصفيحتين.

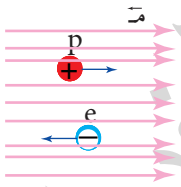
ب) إذا أُدخل جسيم (ب) شحنته (ـــ٨.) وكتلته (٢ك) في المجال الكهربائي نفسه، فهل يتزن؟ فسر إجابتك.

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

٢) معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل حدد في أي الحالتين يكون مقدار المجال الكهربائي في الحيز بين الصفيحتين أكبر؟ فسر إجابتك.



٣) يبين الشكل مجالا كهربائيًّا منتظمًا يتحرك فيه إلكترون وبروتون، إذا كانت كتلة الإلكترون تعادل $\frac{١}{١٨٤٠}$ من كتلة البروتون، فأجب عن الأسئلة الآتية:



أ) أيهما أكبر مقدارًا القوة الكهربائية المؤثرة في البروتون أم المؤثرة في الإلكترون؟

ب) أيهما أكبر مقدارًا تسارع البروتون أم تسارع الإلكترون؟

٤) تحرك إلكترون من السكون بالاتجاه الأفقي في مجال كهربائي منتظم مقداره (٥٠٠) نيوتن/ كولوم. إذا علمت أن كتلة الإلكترون ٩,١١×١٠$^{-٣١}$ كغ، فاحسب سرعة الإلكترون بعد قطعه إزاحة أفقية مقدارها (١٠)مم.

١ ــ ٤ حماية الأجهزة الإلكترونية من المجالات الكهربائية الخارجية

أعداد: الأستاذ محمد الغرايبة

مراجعة (١-٤)

١) قام طالب بإجراء النشاط المبين في الشكل

فلاحظ أنه لا يمكن الاتصال مع الهاتف في هذه الحالة.

كيف تفسر ذلك؟ (يمكنك أن تجرب بنفسك)

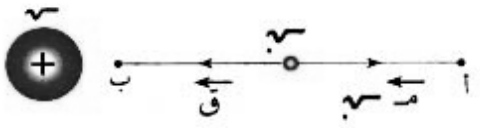
٢) أيهما أكثر أمانًا البقاء داخل سيارة خلال العاصفة المصحوبة بالبرق، أم الخروج منها؟ فسر إجابتك.

أعداد الأستاذ محمد الغرايبة

٢ــ١ الجهد الكهربائي

فرق الجهد الكهربائي :

في الشكل المقابل عند محاولة قوة خارجية نقل الشحنة الكهربائية من الموقع (أ) الى الموقع (ب) فاننا نبذل شغلا يخزن على شكل طاقة وضع :



$(\Delta\ ط_و)_{كهربائية} = (ط_و)_ب - (ط_و)_أ = ش_{ب \leftarrow أ}$

حيث ($ط_و$: طاقة الوضع) و (ش : الشغل)

ويعرف فرق الجهد الكهربائي على انه :

" التغير في طاقة الوضع الكهربائية لكل وحدة شحنة " ، أي أن :

$$جـ = \frac{ط_و}{ش} \quad \ldots\ldots (٢-١)$$

$$\Delta جـ = \frac{\Delta ط_و}{ش} \quad \ldots\ldots (٢-١)$$

$$جـ_{ب\,أ} = جـ_ب - جـ_أ = \frac{\Delta ط_و}{ش} = \frac{ط_{وب} - ط_{وأ}}{ش}$$

$جـ_{\infty}$ = صفر ، $(ط_و)_{\infty}$ = صفر ، $جـ_{الأرض}$ = صفر .

او فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين بأنه التغير في طاقة الوضع الكهربائية لكل وحدة شحنة عند انتقالها بين نقطتين في مجال كهربائي،هو **كمية قياسية** وحدته (جول / كولوم) وتدعى هذه الوحدة (الفولت)

سؤال : ماذا نعني بقولنا: إن الجهد الكهربائي في نقطة ما ٦ فولت؟

هذا يعني : اننا نحتاج الى شغل مقداره ٦ جول لنقل وحدة الشحنات الموجبة من المالانهاية الى تلك النقطة.

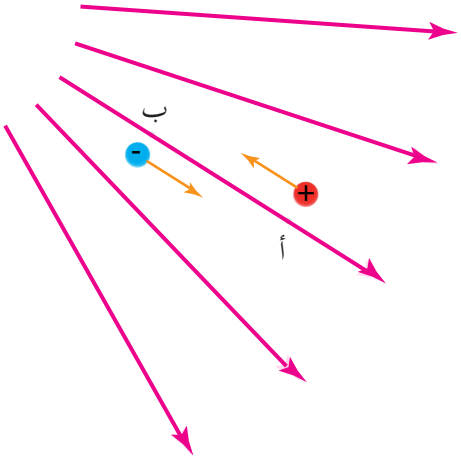
سؤال : ماذا يحدث لطاقة وضع شحنة الاختبار عند اقترابها من الشحنة الموجبة؟

يزداد التنافر وبالتالي تزداد طاقة وضعها .

سؤال : ماذا يحدث لطاقة وضع شحنة الاختبار عند اقترابها من الشحنة السالبة؟

يقل التنافر وبالتالي تقل طاقة وضعها .

مثال (٢-١)



الشكل (٢-٣): مثال (٢-١).

شحنة نقطية ($+٢\times١٠^{-٩}$) كولوم نقلت من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) في مجال كهربائي بسرعة ثابتة كما يبين الشكل (٢-٣)، فإذا بذلت القوة الخارجية شغلًا (١٤×١٠^{-٩} جول) فاحسب:

١) فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين أ، وب ($جـ_ب - جـ_أ$)

٢) الشغل الذي تبذله قوة خارجية لنقل شحنة (-٢×١٠^{٩}) كولوم من (ب) إلى (أ) بسرعة ثابتة.

الحل:

١) لحساب فرق الجهد الكهربائي ($جـ_ب - جـ_أ$) نطبق العلاقة (٢-٣)، وبما أن الشحنة انتقلت من النقطة (أ) إلى النقطة (ب)، فإن:

$ش_{أ\leftarrow ب} = ـــ_{ـ}.(جـ_ب - جـ_أ)$

$١٤\times١٠^{-٩} = ٢\times١٠^{-٩}\times(جـ_ب - جـ_أ)$

$جـ_ب - جـ_أ = ٧$ فولت.

ويمكن التعبير عن فرق الجهد الكهربائي بالرمز ($جـ_{أب}$)، أي أن $جـ_{أب} = ٧$ فولت.

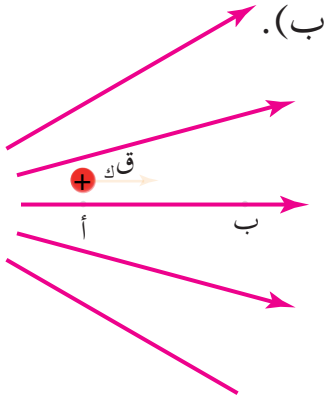
٢) لحساب الشغل اللازم لنقل شحنة كهربائية من النقطة (ب) إلى النقطة (أ):

$ش_{ب\leftarrow أ} = ـــ_{ـ}.(جـ_{أب}) = -٢\times١٠^{٩}\times-٧ = ١٤\times١٠^{٩}$ جول

حيث ($جـ_{أب} = -جـ_{أب}$).

أعداد الأستاذ محمد الغرايبة

افترض أن شحنة موجبة (ـــهـ.) وضعت عند النقطة (أ) في مجال كهربائي كما في الشكل (٢-٤)، وتركت حرة لتتحرك تحت تأثير القوة الكهربائية فقط، فإنها ستنتقل إلى النقطة (ب).



الشكل (٢-٤): حركة شحنة في مجال كهربائي بتأثير القوة كهربائية فقط.

إن نظام (الشحنة الكهربائية – المجال الكهربائي) نظام محافظ، أي أن الطاقة الكلية الميكانيكية للنظام محفوظة:

$$\Delta ط_م = \Delta ط_و + \Delta ط_ح = \text{صفرًا}$$

$$\Delta ط_ح = \Delta ط_و$$

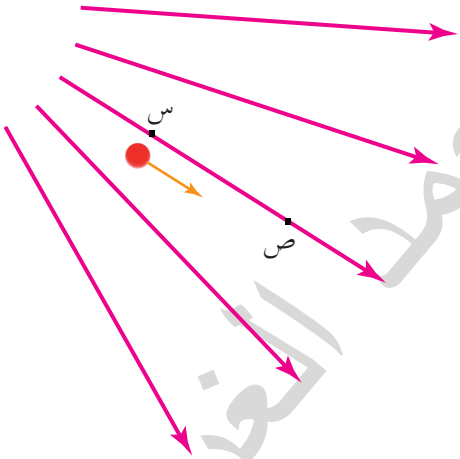
$$ش_ك = -\Delta ط_و = \Delta ط_ح$$

ويمكننا أن نعبر عن شغل القوة الكهربائية بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$ش_ك = -ـــهـ.(جـ_{نهائية} - جـ_{ابتدائية}) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (٢-٤)$$

مثال (٢-٢)

يبين الشكل (٢-٥) بروتونًا تحرك في مجال كهربائي تحت تأثير القوة الكهربائية من النقطة (س) إلى النقطة (ص)، فإذا بذلت القوة الكهربائية شغلًا (٨×١٠^{-١٩} جول) فاحسب فرق الجهد ($جـ_{صس}$).



الشكل (٢-٥): مثال (٢-٢).

الحل:

١ لحساب فرق الجهد نطبق العلاقة (٢-٤):

$$ش_ك = -ـــهـ.(جـ_{نهائية} - جـ_{ابتدائية})$$

وبما أن البروتون انتقل من النقطة (س) إلى النقطة (ص)، فإن:

$$ش_{س \leftarrow ص} = -ـــهـ.(جـ_ص - جـ_س)$$

$$٨ \times ١٠^{-١٩} = -١,٦ \times ١٠^{-١٩} \times (جـ_{صس})$$

$$(جـ_{صس}) = \frac{-٨ \times ١٠^{١٩}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}}$$

$$(جـ_{صس}) = -٥ \text{ فولت}$$

والإشارة السالبة تعني أن جهد النقطة ص أقل من جهد النقطة س.

مثال : شحنة مقدارها٣ × ١٠$^{-٦}$ كولوم ، موضوعة في نقطة جهدها (٨) فولت ، احسب :

١-طاقة الوضع الكهربائية للشحنة.

٢-الشغل اللازم لنقلها الى نقطة جهدها ١٢ فولت .

٣-التغير في طاقة وضع الشحنة لنقلها الى نقطة جهدها ١٢ فولت .

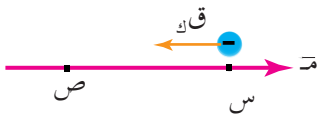
٤-الشغل اللازم لنقل الشحنة الى مالانهاية .

مراجعة (١-٢)

١) ماذا نعني بقولنا إن فرق الجهد بين نقطتين يساوي (٥) فولت.

٢) نقطتان (س)،(ص) ضمن مجال كهربائي. انظر الشكل (٢-٦)،

إذا كان (جـ$_{س ص}$ = -٥) فولت و(جـ$_{ص}$ = ٨) فولت فاحسب:



الشكل (٢-٦): سؤال (٢).

أ) شغل القوة الخارجية لنقل بروتون من اللانهاية إلى النقطة (س) بسرعة ثابتة.

ب) شغل القوة الكهربائية لنقل إلكترون من النقطة (س) إلى النقطة (ص).

جـ) مقدار التغير في طاقة وضع الإلكترون والبروتون الكهربائية في الفرعين السابقين.

أعداد الاستاذ محمد الغرايبة

٢-٢ الجهد الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية

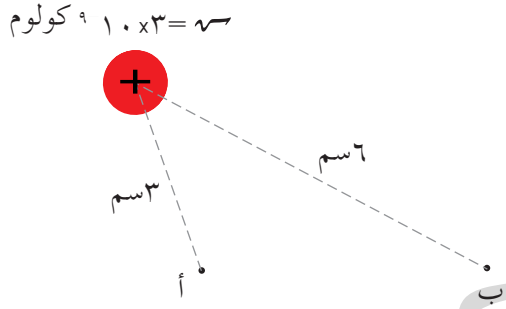
يكون للجهد الكهربائي عند نقطة ما في مجال كهربائي قيمة محددة

$$\text{جـ} = \text{م.ف} = ٩\times١٠^{٩} \times \frac{\text{ش}}{\text{ف}^{٢}} \text{ .ف}$$

$$\text{جـ} = \text{أ}\frac{\text{ش}}{\text{ف}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٢-٥)$$

مثال (٢-٣)

يبين الشكل شحنة نقطية (ش) = +٣ نانوكولوم، ونقطتان (أ)، (ب) تبعدان عن الشحنة مسافة (٣)سم و (٦)سم على الترتيب:



١) جد فرق الجهد (جـ$_{ب}$)

٢) جد فرق الجهد (جـ$_{ب}$) إذا كانت (ش) = −٣ نانوكولوم؟

الحل:

١) لحساب الجهد عند نقطة نستخدم العلاقة:

$$\text{جـ} = \text{أ}\frac{\text{ش}}{\text{ف}}$$

$$\text{جـ}_{\text{أ}} = ٩\times١٠^{٩} \times \frac{٣\times١٠^{-٩}}{٣\times١٠^{-٢}}$$

$$\text{جـ}_{\text{أ}} = ٩٠٠ \text{ فولت}$$

$$\text{جـ}_{\text{ب}} = ٩\times١٠^{٩} \times \frac{٣\times١٠^{-٩}}{٦\times١٠^{-٢}}$$

$$= ٤٥٠ \text{ فولت}$$

$$\text{جـ}_{\text{أب}} = ٩٠٠ - ٤٥٠ = +٤٥٠ \text{ فولت. (أي أن جـ}_{\text{أ}} > \text{جـ}_{\text{ب}})$$

٢) إذا كانت الشحنة المولدة للمجال سالبة فإن الجهد الكهربائي عند كل من النقطتين سالب:

$$\text{جـ}_{\text{أ}} = -٩٠٠ \text{ فولت، جـ}_{\text{ب}} = -٤٥٠ \text{ فولت.}$$

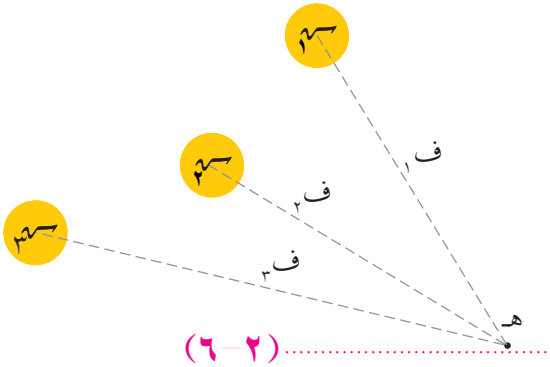
$$\text{جـ}_{\text{أب}} = -٩٠٠ - (-٤٥٠) = -٤٥٠ \text{ فولت (أي أن جـ}_{\text{أ}} < \text{جـ}_{\text{ب}}).$$

أعداد الأستاذ محمد الغرايبة

- كما أن **اتجاه المجال الكهربائي يكون دائمًا باتجاه تناقص الجهد الكهربائي.**

اي اننا نقوم بحساب الجهد من الجهد الاعلى الى الاقل ومن الموجب الى السالب

- الجهد كمية قياسية لذا نعوض إشارة الشحنة (موجبة أو سالبة) عند حساب الجهد ، **فنلاحظ أن جهد نقطة من شحنة موجبة هو موجب وجهد نقطة من شحنة سالبة هو سالب .**
- لحساب جهد نقطة تقع بين عدة شحنات فإننا نجد المجموع الجبري للجهود الناجم عن كل هذه الشحنات

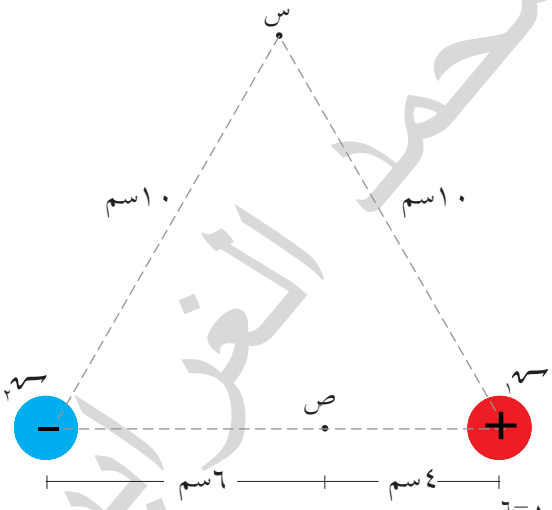


أي أن:

$$جـ = جـ_{١} + جـ_{٢} + جـ_{٣} + \dots$$

$$جـ = أ\left(\frac{ش_{١}}{ف_{١}} + \frac{ش_{٢}}{ف_{٢}} + \frac{ش_{٣}}{ف_{٣}} + \dots\right) \quad (٢-٦)$$

مثال (٢-٤)



يبين الشكل شحنتين نقطيتين موضوعتين في الهواء ($ش_{١}$=٤، $ش_{٢}$=−٤) ميكروكولوم. معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل احسب جهد كل من النقطتين (س)، (ص).

الحل:

$$جـ_{س} = جـ_{١} + جـ_{٢}$$

$$جـ_{س} = ٩\times١٠^{٩}\left(\frac{٤\times١٠^{-٦}}{١٠\times١٠^{-٢}} + \frac{-٤\times١٠^{-٦}}{١٠\times١٠^{-٢}}\right) = \text{صفرًا}$$

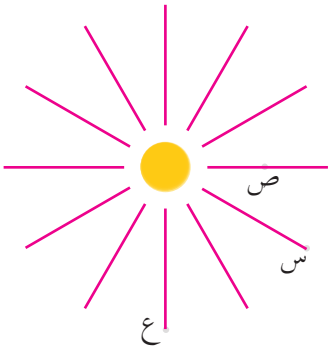
وهذا يعني أن طاقة الوضع الكهربائية لوحدة الشحنات عند النقطة (س) تساوي صفرًا؛ فلا يلزم بذل شغل لنقل الشحنة من اللانهاية (جـ ∞) إلى النقطة س.

$$جـ_{ص} = جـ_{١} + جـ_{٢} \qquad جـ_{ص} = أ\left(\frac{ش_{١}}{ف_{١}} + \frac{ش_{٢}}{ف_{٢}}\right)$$

$$= ٩\times١٠^{٩}\left(\frac{٤\times١٠^{-٦}}{٤\times١٠^{-٢}} + \frac{-٤\times١٠^{-٦}}{٦\times١٠^{-٢}}\right) = ٣\times١٠^{٥} \text{ فولت.}$$

مراجعة (٢-٢)

١ يبين الشكل (٢-١١) ثلاث نقاط (س، ص، ع) تقع ضمن المجال الكهربائي لشحنة نقطية، بُعد النقطة (س) عن الشحنة يساوي بُعد النقطة (ع). و(جـ$_{س ص}$ = ٣ فولت). أجب عما يأتي:



الشكل (٢-١١): سؤال (١).

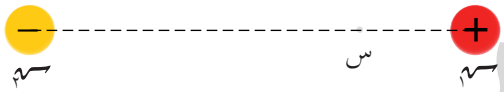
أ) أي النقطتين(س، ص) الجهد عندها أعلى؟

ب) ما نوع الشحنة المولدة للمجال الكهربائي؟

جـ) حدد اتجاه خطوط المجال الكهربائي؟

د) قارن بين (جـ$_{س ص}$) و(جـ$_{ص ع}$).

٢) يبين الشكل (٢-١٢) نقطة (س) تقع بين شحنتين نقطيتين وعلى الخط الواصل بينهما، إذا كانت (ـــ١٨) موجبة و(جـ$_{س}$ = صفر). فأجب عما يأتي:



الشكل (٢-١٢): سؤال (٢).

أ) ما نوع الشحنة (ـــ٢٨)؟

ب) أيهما أكبر مقدارًا (ـــ١٨) أم (ـــ٢٨)؟

أعداد الأستاذ محمد الغرايبة

(٢ ــ ٣) طاقة الوضع الكهربائية لنظام يتألف من شحنتين نقطيتين

$ش_{خ} = ـــ . (جـ_{نهائية} - جـ_{ابتدائية})$

$ش_{خ} \underset{النقطة}{\infty \leftarrow} = ـــ_{٢} (جـ_{النقطة} - جـ_{\infty}) = ـــ_{٢} جـ$

أن الشحنة ($ـــ_{٢}$) نقلت من اللانهاية حيث ($جـ_{\infty} = ٠$) إلى نقطة في المجال الكهربائي للشحنة ($ـــ_{١}$)

$جـ = أ \frac{ـــ_{١}}{ف}$

لذا فإن:

$ش_{خ} = أ \frac{ـــ_{١}}{ف} ـــ_{٢} .$

ويمثل الشغل في هذه الحالة طاقة الوضع الكهربائية المنقولة إلى النظام، ويمكننا القول إن طاقة الوضع الكهربائية لنظام يتألف من شحنتين موضوعتين في الهواء وتفصل بينهما مسافة (ف)

$ط_{و} = أ \frac{ـــ_{١}}{ف} ـــ_{٢}$ ..... (٢-٧)

إذا كانت الشحنتان متشابهتين في النوع فإن طاقة الوضع للنظام تكون موجبة؛ فالشحنتان كانتا بعيدتين جدًّا، وتقريبهما على بعد (ف) بسرعة ثابتة يتطلب التأثير بقوة خارجية في إحداهما فتبذل شغلًا للتغلب على قوة التنافر الكهربائية، وهذا الشغل ظهر على شكل زيادة في طاقة الوضع الكهربائية المختزنة في النظام.

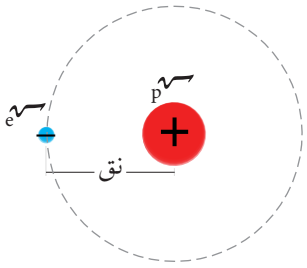
أما إذا كانت الشحنتان مختلفتين في النوع فإن طاقة الوضع الكهربائية للنظام تكون سالبة؛ فالشحنتان كانتا بعيدتين جدًّا، وتقريبهما على بعد (ف) بسرعة ثابتة يتطلّب قوة خارجية تؤثر في إحداهما بعكس اتجاه قوة التجاذب الكهربائية، فتبذل القوة الخارجية شغلًا سالبًا يسحب طاقة من النظام.

أعداد الأستاذ محمد الغرايبة

مثال (٢-٥)

يفصل بين الإلكترون والبروتون في ذرة الهيدروجين مسافة ($٥,٢٩ \times ١٠^{-١١}$) م تقريبًا. انظر الشكل (٢-١٤).

احسب طاقة الوضع الكهربائية لذرة الهيدروجين.



الشكل (٢-١٤): مثال (٢-٥).

الحل:

باستخدام العلاقة: $ط = أ \frac{ش_١ ش_٢}{ف}$

بما أن شحنة الإلكترون تساوي شحنة البروتون، فإنه يمكن التعبير عن طاقة الوضع بما يأتي:

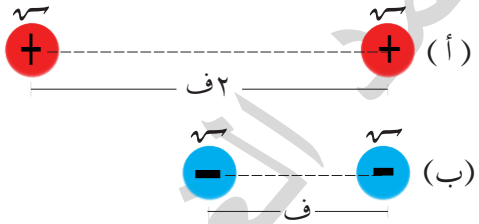
$$ط_و = -أ \frac{ش_e^٢}{ف} = \frac{-٩ \times ١٠^{٩} \times (١,٦ \times ١٠^{-١٩})^٢}{٥,٢٩ \times ١٠^{-١١}}$$

$ط_و = -٤,٣٦ \times ١٠^{-١٨}$ جول.

مراجعة (٢-٣)

١) نظام يتألف من شحنتين نقطيتين سالبتين طاقة وضعه الكهربائية موجبة، فما تفسير ذلك؟

٢) معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل (٢-١٥) والذي يبين نظامين للشحنات (أ، ب)، قارن بين مقدار طاقة الوضع الكهربائية المختزنة في كل نظام.

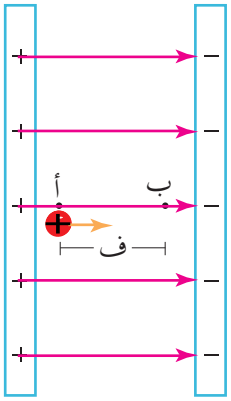


الشكل (٢-١٥): سؤال (٢).

أعداد الاستاذ محمد الغرايبة

(٢ــ٤) فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم

يبين الشكل(٢-١٦) شحنة موجبة وضعت ضمن مجال كهربائي منتظم (مـ)، فتحركت بفعل القوة الكهربائية ($\overleftarrow{ق}_ك$)، وقطعت إزاحة (ف) من النقطة (أ) إلى النقطة (ب). تبذل القوة الكهربائية شغلًا يمكن أن نعبر عنه بالعلاقة:



$$ش^{ك}_{أ\leftarrow ب} = \overleftarrow{ق}_ك . \overleftarrow{ف}_{أ\leftarrow ب}$$

وبتعويض ($\overleftarrow{ق}_ك = مـ \overleftarrow{حـ}$) فإن:

$$ش^{ك}_{أ\leftarrow ب} = حـ . (مـ \overleftarrow{ف}_{أ\leftarrow ب})$$

$$= حـ . مـ ف_{أ\leftarrow ب} جتا\theta$$

ومن العلاقة (٢-٤) فإن:

$$ش^{ك}_{أ\leftarrow ب} = -حـ . (جـ_ب - جـ_أ)$$

أي أن:

$$-حـ . (جـ_ب - جـ_أ) = حـ . مـ ف_{أ\leftarrow ب} جتا\theta$$

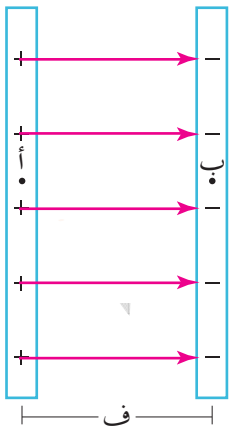
وباختصار(حـ) من الطرفين: $-(جـ_ب - جـ_أ) = مـ ف_{أ\leftarrow ب} جتا\theta$

أي أن:

$$جـ_{أب} = مـ ف_{أ\leftarrow ب} جتا\theta \quad \text{.....(٢-٨)}$$

حيث (مـ): مقدار المجال الكهربائي المنتظم، و($ف_{أ\leftarrow ب}$): الإزاحة من (أ) إلى (ب)، و(θ): الزاوية المحصورة بين اتجاهي المجال الكهربائي والإزاحة؛ ($٠ \le \theta \le ١٨٠$).

و يمكننا حساب فرق الجهد بين صفيحتين مشحونتين



$$جـ_{أب} = مـ ف_{أ\leftarrow ب} جتا\theta$$

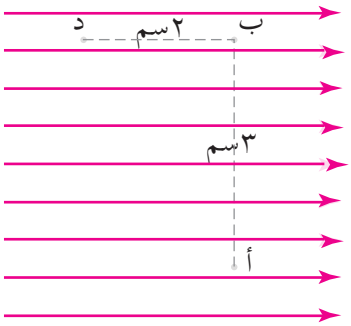
$$جـ = مـ ف جتا٠$$

$$جـ = مـ ف \quad \text{.....(٢-٩)}$$

أعداد الأستاذ محمد الغرايبة

مثال (٢-٦)

يبين الشكل (٢-١٨) ثلاث نقاط (أ، ب، د) ضمن مجال كهربائي منتظم مقداره (٣١٠) نيوتن/ كولوم. معتمدًا على الشكل، احسب: ($جـ_{ب د}$)، ($جـ_{أ ب}$).



الحل:

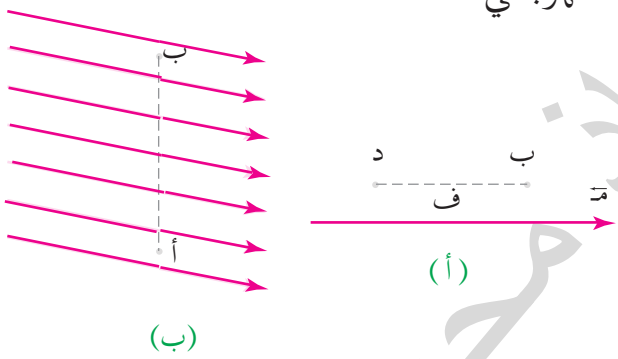
١ لحساب ($جـ_{ب د}$) نطبق العلاقة:

$جـ_{ب د} = -مـ ف_{ب \leftarrow د}$ جتاθ

ويبين الشكل (٢-١٩/أ)، أن اتجاه الإزاحة من(ب) إلى(د)، وأن الزاوية بين اتجاهي الإزاحة والمجال الكهربائي المنتظم (θ) = ١٨٠.

$جـ_{ب د} = -٣١٠ \times ٢ \times ١٠^{-٢} \times$ جتا ١٨٠

= ٢٠ فولت.



الشكل (٢-١٩): مثال (٢-٦).

٢ $جـ_{أ ب} = -مـ ف_{أ \leftarrow ب}$ جتاθ .

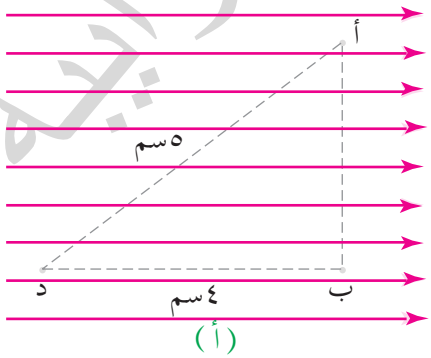
$جـ_{أ ب} = -٣١٠ \times ٣ \times ١٠^{-٢} \times$ جتا ٩٠ = ٠

$جـ_{أ} - جـ_{ب} =$ صفر . أي أن $جـ_{أ} = جـ_{ب}$.

والنقاط جميعها الواقعة على الخط الواصل بين النقطتين (أ) و(ب) متساوية في الجهد، ويسمى السطح الذي تقع عليه هذه النقاط سطح تساوي جهد. لاحظ الشكل (٢-١٩/ب)،

مثال (٢-٧)

يبين الشكل (٢-٢٠/أ) ثلاث نقاط (أ، ب، د) في مجال كهربائي منتظم مقداره (٢×١٠^{٢}) نيوتن/ كولوم. معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل احسب ($جـ$ أ د):



١) عبر المسار (أ ⟸ د).

٢) عبر المسار (أ ⟸ ب ⟸ د).

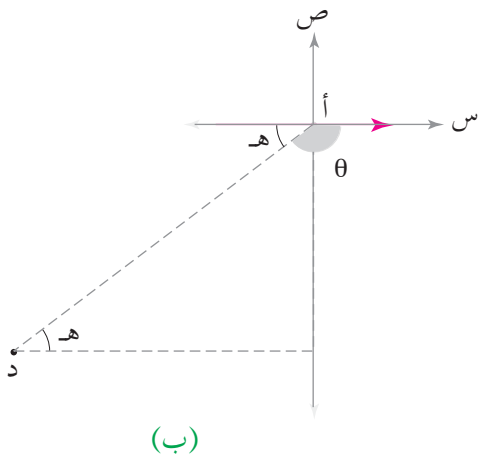
الحل:

١) لحساب فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين (أ، د) عبر المسار أ ⇐ د:

جـ$_{أد}$ = مـ ف$_{أ←د}$ جتاθ، حيث جتا θ = − جتا هـ = − $\frac{٤}{٥}$ لاحظ الشكل (٢− ٢٠/ب).

= − ٢×١٠^{٢} × ٥ × ١٠^{٢} × $\frac{٤}{٥}$

جـ$_{أد}$ = −٨ فولت.



(ب)

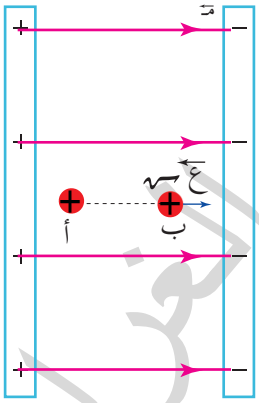
٢) لحساب فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين (أ، د) عبر المسار أ ⇐ ب ⇐ د:

جـ$_{أد}$ = جـ$_{أب}$ + جـ$_{ب د}$

جـ$_{أد}$ = مـ ف$_{أب}$ جتا٩٠ + مـ ف$_{ب د}$ جتا١٨٠

= ٠ + ٢ × ١٠^{٢} × ٤ × ١٠$^{-٢}$ × −١

جـ$_{أد}$ = −٨ فولت.



تحرك بروتون شحنته (ـــ.) وكتلته (ك) من السكون من النقطة (أ) عند الصفيحة الموجبة إلى النقطة (ب) عند الصفيحة السالبة في الحيز بين صفيحتين كما في الشكل (٢−٢١). إذا كان فرق الجهد بين الصفيحتين (جـ)، فأثبت أن سرعة البروتون بعد قطعه الإزاحة بين الصفيحتين تعطى بالعلاقة الآتية: ع = $\sqrt{\frac{٢\ ـــ.\ جـ}{ك}}$

تتحرك الشحنة تحت تأثير القوة الكهربائية، ويحسب شغل (ق$_{ك}$) من العلاقة:

ش$_{ك\ أ←ب}$ = − ـــ. (جـ$_{ب}$ − جـ$_{أ}$)

وبما أن النظام محافظ فإن: ش$_{ك}$ = Δ ط$_{ح}$ = ط$_{ح ب}$ − ط$_{ح أ}$

ولأن الشحنة تحركت من السكون فإن: − ـــ. (جـ$_{ب}$ − جـ$_{أ}$) = ط$_{ح ب}$ − ٠

وبتعويض ط$_{ح}$ = $\frac{١}{٢}$ ك ع^{٢} وبإعادة ترتيب الحدود:

ـــ. (جـ$_{أ}$ − جـ$_{ب}$) = $\frac{١}{٢}$ ك ع$_{ب}^{٢}$

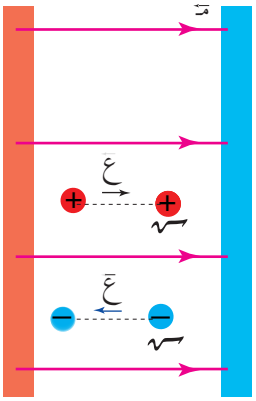
$$ع^{٢} = \frac{٢ \text{ شـ} . \text{ جـ}_{أ ب}}{ك}$$

$$ع = \sqrt{\frac{٢ \text{ شـ} . \text{ جـ}}{ك}}$$

بتطبيق هذه العلاقة يمكننا أن نحسب سرعة الجسيمات الذرية المتحركة عبر فرق جهد كهربائي عالٍ، حيث تتحرك هذه الجسيمات بسرعة كبيرة يصعب قياسها عمليًا.

مراجعة (٢ــ٤)

١) يقاس المجال الكهربائي بوحدة (نيوتن/ كولوم) وتبين المعادلة ($م = \frac{جـ}{ف}$) أن وحدة قياس المجال الكهربائي (فولت/م). أثبت أن الوحدتين متكافئتان.



٢) تحرك إلكترون وبروتون من السكون داخل مجال كهربائي منتظم باتجاهين متعاكسين كما هو مبين في الشكل (٢-٢٢)، فقطع كل منهما الإزاحة نفسها، إذا علمت أن كتلة الإلكترون تعادل $\frac{١}{١٨٤٠}$ من كتلة البروتون تقريبًا، فقارن بين:

أ) سرعة الإلكترون وسرعة البروتون.

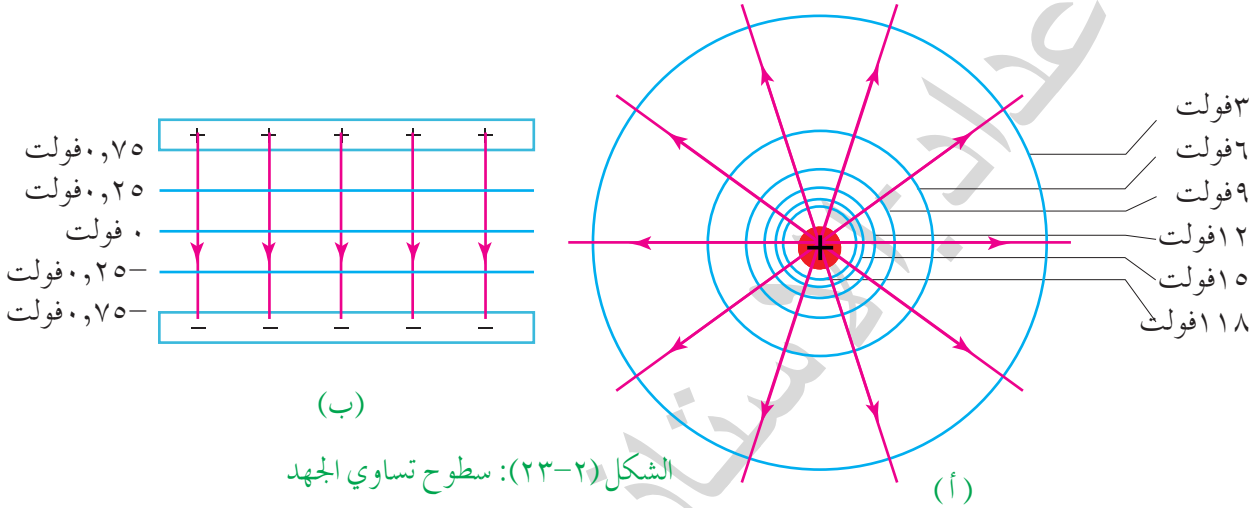
ب) الطاقة الحركية لكل منهما.

أعداد الأستاذ محمد الغرايبة

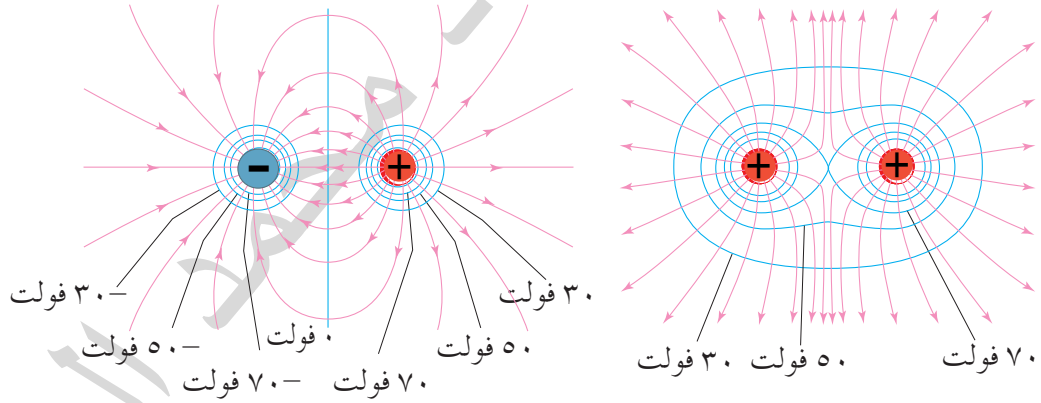
٢–٥ سطوح تساوي الجهد

يسمى السطح الذي يكون الجهد عند نقاطه جميعها متساويًا ويساوي قيمة ثابتة سطح تساوي الجهد.

وسطوح تساوي الجهد تسهم في فهم توزيع قيم الجهد وتصورها حول شحنة أو توزيع من الشحنات.



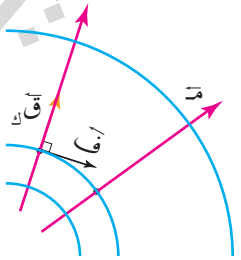
الشكل (٢–٢٣): سطوح تساوي الجهد



الشكل (٢–٢٤): سطوح تساوي الجهد لتوزيع من الشحنات الكهربائية.

وبما أنه لا يوجد فرق في الجهد الكهربائي بين أي نقطتين واقعتين على سطح تساوي الجهد فإنه لا يلزم بذل شغل لنقل شحنة على سطح تساوي الجهد. وعليه تكون سطوح تساوي الجهد دائمًا عمودية على خطوط المجال الكهربائي، انظر الشكل (٢–٢٥)؛ ويمكن إثبات ذلك من العلاقة: ش = ق ف جتاθ

بما أن ش$_{ك}$ = صفر، فإن جتاθ = صفر، ويكون ذلك صحيحًا عندما (θ = ٩٠°)؛ أي عندما يتعامد اتجاه الإزاحة مع اتجاه القوة الكهربائية التي تكون باتجاه المجال الكهربائي.



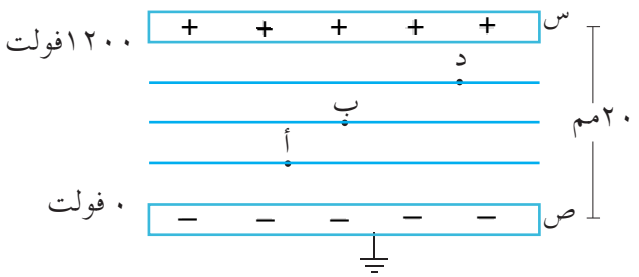
الشكل (٢–٢٥): خطوط المجال عمودية على سطوح تساوي الجهد.

مثال (٢-٩)

صفيحتان موصلتان متوازيتان شحنت الصفيحة (س) بشحنة موجبة، ووصلت الصفيحة (ص) بالأرض فشحنت بالحث بشحنة سالبة، والشكل(٢-٢٦) يبين سطوح تساوي الجهد في الحيز بين الصفيحتين. احسب:

١) المجال الكهربائي بين الصفيحتين مقدارًا واتجاهًا.

٢) الجهد الكهربائي عند النقاط (أ، ب، د).



الشكل (٢-٢٧): مثال (٢-٩).

الحل:

١) لحساب المجال الكهربائي نطبق العلاقة (٢-٩): جـ = مـ ف.

وبما أن الصفيحة (ب) تتصل بالأرض، فإن جهدها يساوي صفرًا. ويكون فرق الجهد بين الصفيحتين

جـ = ١٢٠٠ − ٠ = ١٢٠٠ فولت .

$$مـ = \frac{جـ}{ف} = \frac{١٢٠٠}{٢٠ \times ١٠^{-٣}} = ٦ \times ١٠^{٤} \text{ فولت/م}$$

ويكون اتجاه المجال الكهربائي نحو المحور الصادي السالب؛ أي من الصفيحة الموجبة إلى الصفيحة السالبة.

٢) بما أن المجال الكهربائي بين الصفيحتين منتظم فالمسافات بين سطوح تساوي الجهد متساوية؛ وعليه فإن:

- $ف_{أ} = \frac{ف}{٤} \Leftarrow ف_{أ} = \frac{٢٠}{٤} \Leftarrow ف_{أ} = ٥$مم

$جـ_{أص} = مـ \times ف_{أص}$

$جـ_{أ} - ٠ = مـ \times ف_{أص} \Leftarrow جـ_{أ} = ٦ \times ١٠^{٤} \times (٠ - ٥) \times ١٠^{-٣} \Leftarrow جـ_{أ} = ٣٠٠$ فولت.

- $ف_{ب} = ف_{أ} + ٥ \Leftarrow ف_{ب} = ١٠$مم

جـ$_{ب ص}$ = مـ× ف$_{ب ص}$

جـ$_{ب}$ − ٠ = مـ× ف$_{ب ص}$ ⇐ جـ$_{ب}$ = ٦ × ١٠^{٤} × (١٠ − ٠) × ١٠$^{-٣}$ ⇐ جـ$_{ب}$ = ٦٠٠ فولت.

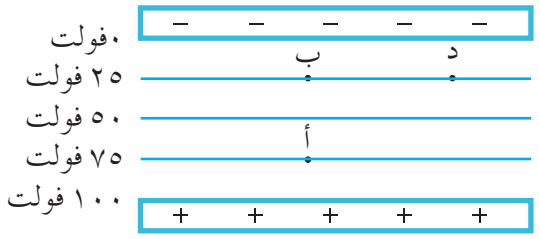
■ ف$_{د}$ = ف$_{أ}$ + ١٠ ⇐ ف$_{د}$ = ١٥ مم

جـ$_{د ص}$ = مـ × ف$_{د ص}$

جـ$_{د}$ − ٠ = مـ× ف$_{د ص}$ ⇐ جـ$_{د}$ = ٦ × ١٠^{٤} × (١٥ − ٠) × ١٠^{٣} ⇐ جـ$_{د}$ = ٩٠٠ فولت.

مراجعة (٢−٥)

١) يبين الشكل (٢−٢٧) سطوح تساوي الجهد في الحيز بين صفيحتين موصلتين متوازيتين. احسب:

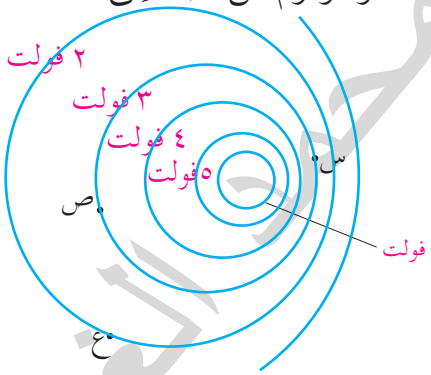


الشكل (٢−٢٨): سؤال (١).

أ) فرق الجهد (جـ$_{أ ب}$).

ب) شغل القوة الكهربائية المبذول عند نقل شحنة (٢) نانوكولوم من (ب) إلى (د).

٢) يبين الشكل (٢−٢٨) سطوح تساوي الجهد لتوزيع من الشحنات الكهربائية. معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل أجب عما يأتي:



الشكل (٢−٢٩): سؤال (٢).

أ) هل الجهد عند النقطة (س) يساوي الجهد عند النقطة (ص) ؟ فسر إجابتك.

ب) قارن بين مقدار المجال الكهربائي عند النقطتين (س) و(ص) مفسرًا إجابتك.

جـ) احسب الشغل اللازم لنقل بروتون من النقطة (ع) إلى النقطة (ص) بسرعة ثابتة.

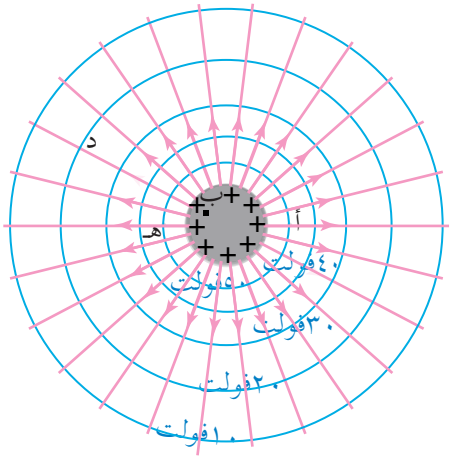
أعداد الاستاذ محمد الغرايبة

(٢-٦) الجهد الكهربائي لموصل مشحون

أعداد: الأستاذ محمد الغرايبة

مراجعة (٢–٦)

١) معتمدًا على الشكل (٢–٣٣) الذي يبين سطوح تساوي الجهد وخطوط المجال الكهربائي لموصل كروي مشحون أجب عما يأتي:



الشكل (٢–٣٣): سؤال (١).

أ) رتب قيم المجال الكهربائي عند النقاط (أ، ب، ه، د) تصاعديًّا.

ب) رتب قيم الجهد عند النقاط (أ، ب، ه، د) تصاعديًّا.

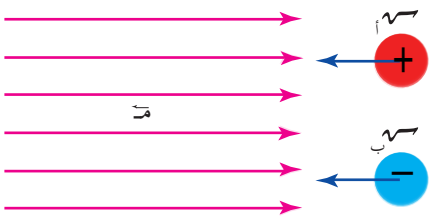
جـ) هل تتغير طاقة الوضع الكهربائية لإلكترون عند انتقاله من النقطة (ب) إلى سطح الموصل؟ فسر إجابتك.

٢) لماذا يجب الحذر من الرؤوس المدببة عند التعامل مع أجسام فلزية ذات جهد كهربائي عالٍ؟

أعداد الاستاذ محمد الغرايبة

أسئلة الفصل
الاول

٢) عند دخول الجسيمات المشحونة إلى مجال كهربائي فإنها تتأثر بقوة كهربائية، ويبين الشكل (١-٢٦) اتجاه الحركة لجسيمين (أ) موجب الشحنة و(ب) سالب الشحنة قبل دخولهما إلى مجال كهربائي منتظم. وضح لكل جسيم:

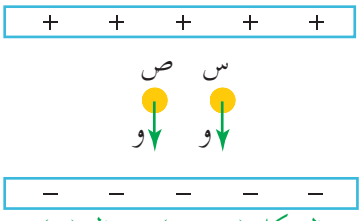


الشكل (١-٢٦): سؤال (٢).

أ) اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة فيه في أثناء حركته في المجال الكهربائي.

ب) أثر القوة الكهربائية في مقدار سرعة الجسيم.

٣) جسيمان (س)، و(ص) مشحونان متساويان في الوزن وضعا ساكنين في مجال كهربائي منتظم كما يبين الشكل (١-٢٧)، فلوحظ أن الجسيم (س) بقي ساكنًا، بينما تحرك الجسيم (ص) إلى الأعلى. أجب عما يأتي:

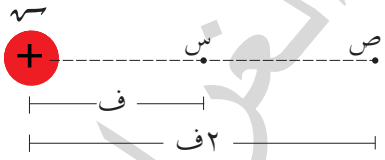


الشكل (١-٢٧): سؤال (٣).

أ) ما نوع شحنة كل من الجسيمين؟

ب) كيف تفسر اتزان الجسيم (س) وتحرك الجسيم (ص) إلى الأعلى بالرغم من أن الجسيمين متساويان في الوزن؟

٤) نقطتان (س، ص) تقعان في المجال الكهربائي لشحنة نقطية موجبة. كما يبين الشكل (١-٢٨)، وضعت شحنة مقدارها (١×١٠^{-٦}) كولوم عند النقطة (س) فتأثرت بقوة كهربائية مقدارها (٨×١٠^{-٣}) نيوتن. جد:

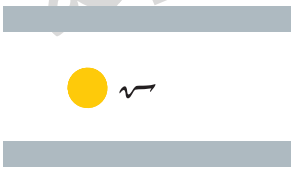


الشكل (١-٢٨): سؤال (٤).

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.

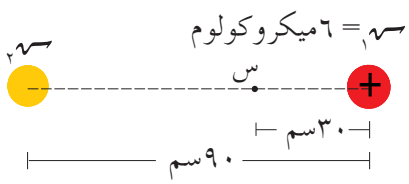
٥) جسيم مشحون كتلته (٤×١٠^{-٩}) كغ وشحنته ($+٣,٢ \times ١٠^{-١٢}$) كولوم، اتزن في الحيز بين صفيحتين متوازيتين مشحونتين بشحنتين متساويتين في المقدار، إحداهما موجبة والأخرى سالبة كما يبين الشكل (١-٢٩).


الشكل (١-٢٩): سؤال (٥).

أ) ما نوع الشحنة الكهربائية على كل صفيحة ؟

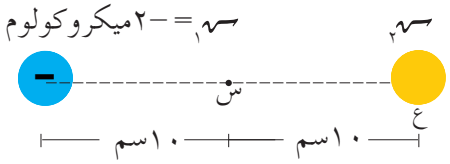
ب) احسب الكثافة السطحية للشحنة على كل صفيحة.

٦) شحنتان نقطيتان موضوعتان في الهواء، والبعد بينهما(٩٠) سم، إذا علمت أن المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (س) يساوي صفرًا، ومعتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل (١-٣٠)، فجد مقدار الشحنة (ـــ٢) ونوعها.



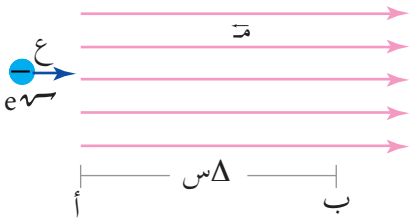
الشكل (١-٣٠): سؤال (٦).

٧) وضعت شحنة (-٢×١٠^٦) كولوم على بعد (١٠) سم من النقطة (س) كما في الشكل (١-٣١). احسب مقدار الشحنة الكهربائية الواجب وضعها عند النقطة (ع)، وحدد نوعها، ليكون مقدار المجال الكهربائي المحصل عند النقطة (س) مساويًا (٤٥×١٠^٥) نيوتن/ كولوم واتجاهه نحو النقطة (ع).



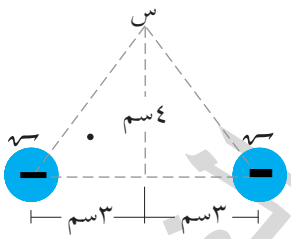
الشكل (١-٣١): سؤال (٧).

٨) إلكترون يتحرك باتجاه المحور السيني الموجب بسرعة ($\frac{٨}{٣}$ ×١٠^٦) م/ث دخل مجالًا كهربائيًا منتظمًا مقداره (١×١٠^٣١) نيوتن/كولوم، وبالاتجاه المبين في الشكل(١-٣٢). إذا بدأ الإلكترون الحركة من النقطة (أ) وتوقف عند النقطة (ب) فاحسب الإزاحة التي قطعها.



الشكل (١-٣٢): سؤال (٨).

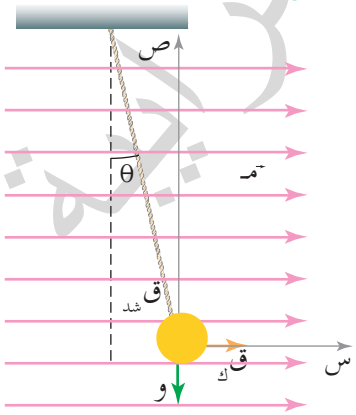
٩) شحنتان نقطيتان متماثلتان (ـــ = -٥×١٠^٦) كولوم، وموضوعتان في الهواء. معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل (١-٣٣)، احسب المجال الكهربائي عند النقطة (س) مقدارًا واتجاهًا.



الشكل (١-٣٣): سؤال (٩).

١٠) كرة صغيرة مشحونة شحنتها (ـــ)، ووزنها (و) علقت بخيط داخل مجال كهربائي منتظم، فاتزنت كما هو مبين في الشكل (١-٣٤)، أثبت أن مقدار المجال الكهربائي يعطى بالعلاقة:

$$مـ = \frac{و \ ظا \ \theta}{ـــ}$$



الشكل (١-٣٣): سؤال (٩).

أسئلة الفصل

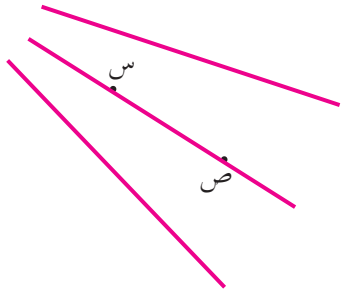
الثاني

٢) يبين الشكل (٢–٣٨) نقطتين (س، ص) في مجال كهربائي، وضعت شحنة سالبة عند النقطة (س) فتحركت بتأثير القوة الكهربائية نحو النقطة (ص).

أ) حدد اتجاه خطوط المجال الكهربائي.

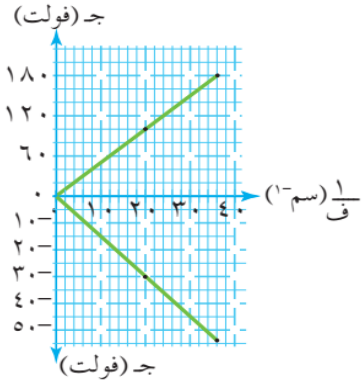
ب) هل تزداد طاقة الوضع الكهربائية للشحنة أم تقل؟

ج) هل ($جـ_{س ص}$) موجب أم سالب؟



الشكل (٢–٣٨): سؤال (٢).

٣ يبين الشكل (٢–٣٩) تمثيلًا بيانيًّا للعلاقة بين الجهد الناشئ عن شحنتين نقطيتين ومقلوب البعد عن كل منهما، اعتمادًا على البيانات جد مقدار كل من الشحنتين ونوعهما.



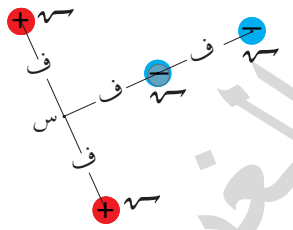
الشكل (٢–٣٩): سؤال (٣).

٤ في الشكل(٢–٤٠) احسب الجهد الكهربائي عند النقطة (س)، علمًا بأن ($ش$ = ٥) ميكروكولوم، وف = ٤سم

٥ شحنتان نقطيتان موضوعتان في الهواء، والمسافة بينهما (١٠) سم، كما في الشكل (٢–٤١). إذا كانت طاقة الوضع الكهربائية المختزنة في النظام (٧٢×١٠^{٢}) جول:

أ احسب مقدار كل من الشحنتين.

ب ما مقدار الشغل الذي تبذله القوة الكهربائية لنقل الشحنة ($ش$) من موقعها إلى اللانهاية؟



الشكل (٢–٤٠): سؤال (٤).

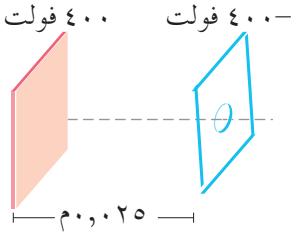
الشكل (٢–٤٠): سؤال (٤).

٦ يبين الشكل (٢–٤٢) بروتونًا أطلق من السكون في الحيز بين صفيحتين مشحونتين متوازيتين. معتمدًا على البيانات المثبتة في الشكل احسب:

أ المجال الكهربائي في الحيز بين الصفيحتين مقدارًا واتجاهًا.

ب القوة الكهربائية المؤثرة في البروتون مقدارًا واتجاهًا.

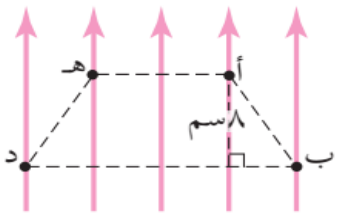
جـ سرعة البروتون عندما يصل إلى الصفيحة السالبة.



الشكل (٢–٤٠): سؤال (٤).

أعداد الأستاذ محمد الغرايبة

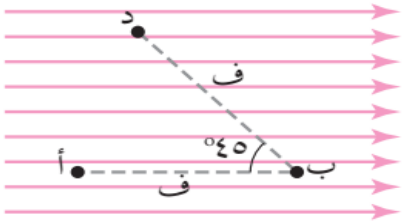
٧) يبين الشكل (٢-٤٣) أربع نقاط (أ، ب، د، ه) تقع في مجال منتظم مقداره (٣١٠) فولت/ م. احسب:



أ) فرق الجهد (جـ هـ د).

ب) شغل القوة الكهربائية عند نقل شحنة (١×١٠ ٦) كولوم من (ب) إلى (هـ) عبر المسار (ب ⇐ أ ⇐ هـ).

٨) يبين الشكل (٢- ٤٤) ثلاث نقاط (أ، ب، د) في مجال كهربائي منتظم مقداره (٦٠٠) فولت/م. إذا كانت (ف= ٥سم). احسب:



أ) جـ أب . ب) جـ ب د .

جـ) (جـ أ د) باستخدام إجابتك في الفرعين السابقين.

أعداد الاستاذ محمد الغرايبة

حلول اسئلة المراجعة

وحلول اسئلة الفصل الاول والثاني

مراجعة(1-1) صفحة 10

1) شـ = ن شـe

3×10^{-19} = ن × 1.6×10^{-19} ن = $\frac{3}{1.6}$ = 1.875

بما أن (ن) عدد غير صحيح، فإن هذه الشحنة ليست من مضاعفات شحنة الإلكترون وبالتالي لا يمكن أن نجد جسمًا شحنته 3×10^{-19} كولوم.

2) شـ = ن شـe $1 = ن\times1.6\times10^{-19}$

ن = 0.625×10^{19}

ن = 0.625×10^{19} إلكترون ← وهذا عدد كبير جدًا على الجسم أن يفقده أو يكسبه حتى تصبح شحنته (1) كولوم.

3) أ) من كثافة الخطوط حيث يكون مقدار المجال كبيرًا في المنطقة التي تتقارب فيها الخطوط حيث تكون كثافتها أكبر، بينما يكون مقداره صغيرًا في المنطقة التي تتباعد فيها الخطوط حيث تكون كثافتها أقل.

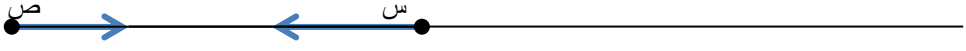
ب)نحدد اتجاه المجال برسم مماس على خط المجال عند تلك النقطة.

4) أ) بما أن شحنة الاختبار موجبة فإن اتجاه المجال يكون باتجاه القوة أي أن اتجاه المجال عند تلك النقطة يكون باتجاه محور الصادات السالب.

ب) مقدار المجال عند نقطة يعتمد على الشحنة مصدر المجال (المسببة للمجال) ولا يعتمد على مقدار الشحنة الموضوعة عند النقطة، اتجاه المجال يحدد باتجاه القوة المؤثرة في شحنة الاختبار الموجبة ولا تعتمد على نوع (إشارة) الشحنة الموضوعة عند النقطة لذلك لن يتغير مقدار المجال أو اتجاهه.

مراجعة (1-2) صفحة 18

1)



2) أ) من الشكل مقدار المجال الكهربائي عند نقطة تبعد عن الشحنة 30سم يساوي 2×10^{5} نيوتن / كولوم.

إعداد الأستاذ محمد الغرايبة

ب) على بعد 20سم يكون المجال من الشكل مـ $=4.5\times10^{5}$ نيوتن/كولوم وبتطبيق

العلاقة: مـ $=\frac{ق}{شـ}$ ← $4.5\times10^{5}=\frac{ق}{1\times10^{-9}}$ ← ق $=4.5\times10^{5}\times1\times10^{-9}$

ق $=4.5\times10^{-4}$ نيوتن

جـ) نختار بُعدًا معينًا من الشكل ونستخرج مقدار المجال عنده مثل البعد30سم يكون

مـ $=2\times10^{5}$ نيوتن / كولوم وبتطبيق العلاقة: مـ $=\frac{9\times10^{9}\times شـ}{ف^2}$

$2\times10^{5}=\frac{9\times10^{9}\times شـ}{(30\times10^{-2})^2}$

شـ $=\frac{2\times10^{5}\times30\times30\times10}{9\times10^{9}}$ شـ $=2\times10^{-6}$ كولوم

3) (أ) مـ المحصلة = صفر

(ب) مـ المحصلة = مـ 1 + مـ 2

= أ$(\frac{2\times شـ}{ف^2}+\frac{2\times شـ}{ف^2})=\frac{4\times أ\times شـ}{ف^2}$ باتجاه محور السينات الموجب

(جـ) مـ المحصلة $=\frac{5\times أ\times شـ}{ف^2}$

$=\frac{5\times أ\times شـ}{ف^2}$ باتجاه محور الصادات السالب

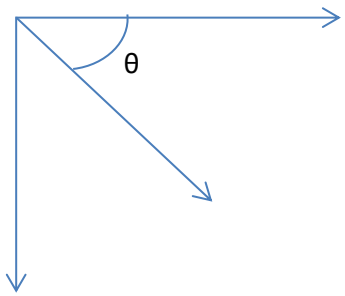
(د) مـ1 $=\frac{3\times أ\times شـ}{ف^2}$ محور السينات الموجب

مـ2 $=\frac{2\times أ\times شـ}{ف^2}$ محور السينات الموجب

مـ3 $=\frac{5\times أ\times شـ}{ف^2}$ محور الصادات السالب

مـ المحصلة $=\sqrt{(\frac{5\times أ\times شـ}{ف^2})^2+(\frac{5\times أ\times شـ}{ف^2})^2}$

مـ المحصلة $=\frac{5\times أ\times شـ}{ف^2}\times\sqrt{2}$ $\theta=45°$



إعداد الأستاذ محمد الغرايبة

مراجعة (1-3) صفحة 24

1) بما أن الجسيم (أ) متزن:

أ) بما أن اتجاه الوزن نحو الصادات السالب فإن اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في الجسيم (أ) يكون نحو الصادات الموجب، وبما أن شحنة الجسيم سالبة فإن القوة الكهربائية المؤثرة فيه تكون بعكس اتجاه المجال وعليه يكون اتجاه المجال نحو الصادات السالب، فتكون الصفيحة العلوية موجبة الشحنة والصفيحة السفلية سالبة الشحنة.

ب) الجسيم (ب) كتلته (2ك)، سيكون وزنه ضعفي وزن الجسيم (أ) ويتأثر الجسيم (ب) بالقوة الكهربائية نفسها المؤثرة في الجسيم (أ) لأن شحنتهما متساوية (ق$_{ك}$= مـ شـ.)

وعليه يكون (و$_{ب}$> ق$_{ك}$) لذلك لن يتزن.

جـ) زيادة الشحنة على الصفيحتين تعني زيادة المجال الكهربائي (مـ = $\frac{\text{شـ}}{\varepsilon_{.أ}}$)، وبما أن (ق$_{ك}$=مـ شـ) فإن القوة الكهربائية المؤثرة في الجسيم (أ) تزداد وتصبح أكبر من وزنه فيصبح الجسيم (أ) غير متزن.

2) مـ = $\frac{\sigma}{\varepsilon_{.}}$ = $\frac{\text{شـ}}{\varepsilon_{.أ}}$ مـ$_{(أ)}$ = $\frac{\text{شـ}}{3\times\varepsilon_{.أ}}$ = $\frac{1}{3}\frac{\text{شـ}}{\varepsilon_{.أ}}$

مـ$_{(ب)}$ = $\frac{\frac{\text{شـ}}{2}}{\varepsilon_{.أ}\times\frac{أ}{2}}$ = $\frac{\text{شـ}}{\varepsilon_{.أ}}$ ، في الحالة (ب) يكون المجال الكهربائي أكبر من المجال في الحالة (أ).

3) أ) تعتمد القوة الكهربائية للشحنات الموضوعة في نفس المجال الكهربائي على الشحنة وفق العلاقة (ق = مـ شـ .)، فالإلكترون والبروتون لهما الشحنة نفسها، لذا سيتأثران بالقوة الكهربائية نفسها.

ب) يعتمد التسارع على الكتلة وفق العلاقة (ت = $\frac{\text{مـ شـ}}{ك}$)، وبما أن كتلة الإلكترون أقل من كتلة البروتون فإن تسارع الإلكترون أكبر من تسارع البروتون.

مراجعة (1-4) صفحة 26

1) لأن الهاتف محاط بموصل والموصلات تشكل درعًا واقيًا لحماية الأجهزة من المجالات الكهربائية الخارجية.

2) هيكل السيارة موصل فهو يشكل درعًا واقيًا من المجال الكهربائي القوي الناتج عن التفريغ الكهربائي في ظاهرة البرق، لذلك البقاء في السيارة أكثر أمانًا من الخروج منها في اللحظة التي يحدث فيها البرق.

أعداد الأستاذ محمد الغرايبة

أسئلة الفصل الأول صفحة 27

السؤال الأول:

الفقرة	1	2	3	4	5
رمز الإجابة	جـ	د	ب	د	جـ

السؤال الثاني:

أ) الجسيم الموجب: تأثير القوة الكهربائية على الجسيم باتجاه المجال الكهربائي أي نحو محور السينات الموجب.

الجسيم السالب: تأثير القوة الكهربائية على الجسيم بعكس اتجاه المجال الكهربائي أي نحو محور السينات السالب.

ب)الجسيم الموجب: ستتناقص سرعته لأن اتجاه القوة الكهربائية عكس اتجاه حركته عند دخول منطقة المجال الكهربائي.

الجسيم السالب: ستتزايد سرعته لأن اتجاه القوة الكهربائية مع اتجاه حركته عند دخول منطقة المجال الكهربائي.

السؤال الثالث:

أ) شحنة الجسيم (س) سالبة، لأن الجسيم اتزن، وبما أن الوزن عمودي باتجاه (-ص)، فلا بد من وجود قوة باتجاه (+ص) تساوي الوزن وتعاكس اتجاهه، وهذه القوة هي القوة الكهربائية وبما أنها بعكس اتجاه المجال فهذا يعني أن الشحنة سالبة.

شحنة الجسيم (ص) سالبة لأنه تحرك باتجاه (+ص) وهذا يعني وجود قوة تؤثر فيه بهذا الاتجاه، وهذه القوة هي القوة الكهربائية وبما أنها بعكس اتجاه المجال فهذا يعني أن الشحنة سالبة.

أعداد الأستاذ محمد الغرايبة

ب) العامل الذي يحدد اتزان الجسيم س أو ص في منطقة المجال علاقة القوة الكهربائية بالوزن، ويعتمد مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في جسيم مشحون على مقدار المجال الكهربائي (وهو نفسه للجسيمين)، وعلى مقدار الشحنة، وفق العلاقة (ق = مـ شـ)،

وبما أن الجسيم (ص) تحرك نحو الصادات الموجب، فهذا يعني أن القوة الكهربائية أكبر من الوزن، وهذا يعني أن شحنة (ص) أكبر من شحنة (س).

السؤال الرابع

أ) مـس = $\frac{ق}{شـ}$ = $\frac{10^{-3}\times 8}{10^{-6}\times 1}$ = 8×10 ^{3} نيوتن/كولوم باتجاه محور السنيات الموجب

ب) إما أن يتم إيجاد قيم المسافات أو أن نشكل معادلات وبالحذف (القسمة) نتخلص من المسافات :

النقطة س : مـس = $\frac{10\times 9^{9}\times شـ}{ف_{س}^{2}}$ 1

النقطة ص : مـص = $\frac{10\times 9^{9}\times شـ}{ف_{ص}^{2}}$ 2

فـص = 2 فـس ، شـ = شـ

بقسمة المعادلتين 1 و2 نحصل على : $\frac{مـس}{مـص}$ = $\frac{10\times 9^{9}\times شـ}{ف_{س}^{2}}$ × $\frac{ف_{ص}^{2}}{10\times 9^{9}\times شـ}$

مـص = $\frac{مـس}{4}$ = $\frac{10\times 8^{3}}{4}$ =2× 10 ^{3} نيوتن / كولوم باتجاه المحور السيني الموجب

ق= مـص× شـ

= 2× 10 ^{3} ×1 ×10 $^{-6}$

= 2× 10 $^{-3}$ نيوتن باتجاه المحور السيني السالب

مـ $_1$ = مـ $_2$

$$\frac{\text{شـ}_1}{^2(10\times30)^{-2}} \times 10\times9^9 \times \text{شـ} = \frac{\text{شـ}_2}{^2(10\times60)^{-2}} \times 10\times9^9 \times \text{شـ} = \frac{10\times6^{-6}}{10\times900^{-4}} = \frac{\text{شـ}_2}{10\times3600^{-4}}$$

$$\text{شـ}_2 = \frac{10\times36\times6^{-6}}{9}$$ ← شـ$_2$ =24×10 $^{-6}$ كولوم وهي موجبة.

السؤال السادس

وبما أن المجال الكهربائي المحصل عند النقطة س يكون اتجاهه نحو النقطة ع فهذا يتطلب أن يكون أحد المجالين المتولدين في النقطة س باتجاه المحور السيني الموجب، وبما أن شـ$_1$ سالبة فإن اتجاه المجال المتولد عنها عند النقطة س يكون باتجاه المحور السيني السالب.

$$\text{مـ} = \frac{10\times9^9 \times \text{شـ}}{\text{ف}^2}$$

$$\text{مـ}_1 = \frac{10\times2\times9^9\times10\times9^{-6}}{^2(,1)} = 10\times18^{\ 5}$$ نيوتن / كولوم باتجاه المحور السيني السالب

مـس = مـ$_2$ – مـ$_1$

$$10\times54^{\ 5} = \text{مـ}_2 - 10\times18^{\ 5}$$

مـ$_2$ = 10×72 ^{5} نيوتن / كولوم

$$\text{مـ}_2 = \frac{10\times9^9\times\text{شـ}}{\text{ف}^2} \qquad 10\times72^{\ 5} = \frac{10\times9^9\times\text{شـ}_2}{^2(,1)}$$

شـ$_2$= 8×10^{-6} كولوم

يجب أن يكون اتجاه المجال المتولد عن الشحنة شـ$_2$ نحو المحور السيني الموجب مما يدل على أن شـ$_2$ سالبة.

السؤال السابع

$$\text{ت} = \frac{\text{مـ}\times\text{شـ}}{\text{ك}} = \frac{10\times1,6\times^3 10\times1^{-19}}{10\times9^{-31}} = \frac{16}{9}\times10^{\ 14}$$ م/ت ^{2}

ملاحظة: يمكن تقريب (ك $_e$) لتصبح (9× 10^{-31}كغ) لتسهيل الحل.

أعداد الأستاذ محمد الغرايبة

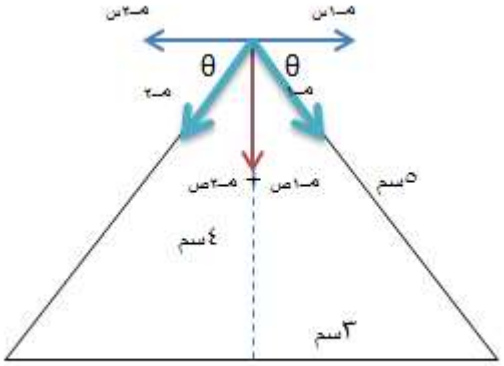
$ع^2 = ع_0^2 + 2$ ت Δس

$0 = (\frac{8}{3} \times 10^{6})^2 + 2 \times \frac{16-}{9} \times 10^{14} \times \Delta$س

Δس $\times 10^{14} \times \frac{32}{9} = 10^{12} \times \frac{64}{9}$

Δس $= 2 \times 10^{-2}$ م $= \Delta$س $\leftarrow 10^{-2} \times \frac{64}{32}$ م 0.02

السؤال الثامن



مـ $= \frac{\text{شـ}^9 10 \times 9}{\text{ف}^2}$

مـ$_1$ = مـ$_2$ $= \frac{10^{-6} \times 5 \times 10^{9} \times 9}{10^{-4} \times 25}$

$= \frac{9}{5} \times 10^{7}$ نيوتن / كولوم

نحلل مـ$_1$= مـ $_{1س}$= مـ $_1$جتا θ= $\frac{9}{5} \times 10^{7} \times \frac{3}{5}$ باتجاه المحور السيني الموجب

مـ $_{1ص}$= مـ $_1$جا θ= $\frac{9}{5} \times 10^{7} \times \frac{4}{5}$ باتجاه المحور الصادي السالب

نحلل مـ$_2$= مـ $_{2س}$= مـ $_2$جتا θ= $\frac{9}{5} \times 10^{7} \times \frac{3}{5}$ باتجاه المحور السيني السالب

مـ $_{2ص}$= مـ $_2$جا θ= $\frac{9}{5} \times 10^{7} \times \frac{4}{5}$ باتجاه المحور الصادي السالب

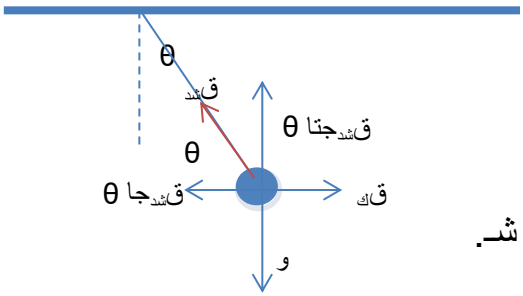
مـس= مـ $_{1س}$ - مـ $_{2س}$ = صفر

مـح=مـص= مـ$_{1ص}$ + مـ$_{2ص}$

$= 2 \times \frac{36}{25} \times 10^{7}$ $= \frac{72}{25} \times 10^{7}$ نيوتن / كولوم باتجاه المحور الصادي السالب

السؤال التاسع

بما أن الكرة متزنة فإن:



ق س= صفر ← قك = قشد جا θ

ق ص= صفر ← و= قشد جتا θ

بقسمة المعادلتين $\frac{\text{ق}_{\text{ك}}}{\text{و}} = \frac{\text{ق}_{\text{شد}}\ \text{جا}\theta}{\text{ق}_{\text{شد}}\ \text{جتا}\theta}$

قك= و ظا θ

لكن قك = مـ شـ.

و ظا θ= مـ شـ.

$\text{مـ} = \frac{\text{و ظا}\theta}{\text{شـ}}$

مراجعة (2-1) صفحة 36

1)أي أن التغير في طاقة الوضع الكهربائية لوحدة الشحنات عند انتقالها بين النقطتين يساوي (12) جول.

2) أ) شك=- شe(جـهـ-جـد)؛ حيث جـ هـ= - جـهـ د

= - (- 1.6 × 10 $^{-19}$ ×4)

= 6.4×10 $^{-19}$ جول

ب)شخ=شp(جـد-جـ∞)؛ حيث جـ هـ= جـد-جـهـ ← جـ د= -4 + 8=4فولت

= 1.6 × 10 $^{-19}$ (4 - 0) = 4 6×10 $^{-19}$ جول

.

جـ) التغير في طاقة وضع الإلكترون الكهربائية: Δ طو= - شك=- 6.4×10 $^{-19}$جول

التغير في طاقة وضع البروتون الكهربائية: Δ طو= شخ=6.4×10 $^{-19}$ جول

مراجعة (2-2) صفحة 40

1) أ)جـس – جـص = 3 فولت أي أن جـس > جـص.

ب) الشحنة المولدة للمجال سالبة.

جـ) باتجاه الشحنة.

د) جـس = جـع لأن لهما البعد نفسه عن الشحنة.

(جـس- جـص) =- (جـص- جـع)

أعداد الاستاذ محمد الغرايبة

2)أ) شـ2: سالبة

ب) كي يكون جـس=صفر ← جـ1=- جـ2

$$\frac{\text{شـ}_1}{\text{ف}_1} = - \frac{\text{شـ}_2}{\text{ف}_2}$$

بما أن النقطة أقرب إلى(شـ1) ف1 < ف2 ، فإن شـ1 < شـ2

مراجعة (2-3) صفحة 42

1) لوضع شحنتان متشابهتان في الإشارة على بعد (ف) من بعضهما فإن ذلك يتطلب التأثير بقوة خارجية للتغلب على قوة التنافر الكهربائية وستبذل القوة الخارجية شغلًا يظهر على شكل زيادة في طاقة الوضع الكهربائية للنظام لذلك تكون إشارة طاقة الوضع الكهربائية موجبة.

$$\text{2)طو} = \frac{\text{أشـ}_1 \times \text{شـ}_2}{\text{ف}}$$

$$\text{طوأ} = \frac{\text{أشـ}^2}{\text{ف2}} \qquad \text{طوب} = \frac{\text{أشـ}^2}{\text{ف}}$$

$$\text{طوأ} = \frac{1}{2}\ \text{طوب}$$

مراجعة (2-4) صفحة 47

$$\text{1)فولت} = \frac{\text{جول}}{\text{كولوم.م}} = \frac{\text{نيوتن.م}}{\text{كولوم.م}} = \text{نيوتن / كولوم}$$

$$\text{2) ع} = \sqrt{\frac{\text{2جـ شـ}}{\text{ك}}}$$

أ) كe < كp ← سرعة الإلكترون أكبر

ب) بما أنهما تحركا عبر فرق الجهد نفسه ولهما الشحنة نفسها فإن الطاقة الحركية لهما متساوية: Δطـ = Δجـ شـ

مراجعة (2-5) صفحة 51

1) أ) جـأب = جـأ- جـب = 75-25=50 فولت

ب) شـبـد=- شـ0 (جـ-جـب) = صفر

2) أ) (س، ص) نقطتان تقعان على سطح تساوي الجهد نفسه لذلك جـس=جـص=3 فولت.

أعداد الأستاذ محمد الغرايبة

ب) المجال عند (س) أكبر بدليل تقارب سطوح تساوي الجهد في المنطقة التي توجد فيها النقطة س.

جـ) شـ$_{ع\leftarrow ص}$ = شـ$_{ص}$ (جـ$_{ص}$ – جـ$_{ع}$) = شـ$_{م}$ (3 – 2) = 1.6×10^{-19}جول.

مراجعة (2-6) صفحة 54

1) أ) مـ$_{ب}$ = صفر < مـ$_{ر}$ < مـ$_{أ}$ = مـ$_{هـ}$

ب) جـ$_{ر}$ < جـ$_{هـ}$ = جـ$_{أ}$ < جـ$_{ب}$

جـ) لا، لأن الجهد داخل الموصل يساوي الجهد على سطحه

Δطـ$_{و}$ =Δجـ شـ$_{ص}$ ←Δجـ = 0 ←Δطـ$_{و}$=0

2) لأن كثافة الشحنة تكون كبيرة عند الرؤوس المدببة فيتولد حولها مجالٌ كهربائي قويٌّ يعمل على تأيين جزيئات الهواء فيصبح الهواء موصلًا ويحدث تفريغ كهربائي للشحنات في الهواء فينشأ تيار كهربائي فتظهر شرارة.

أسئلة الفصل صفحة 55

السؤال الأول

(1)	(2)	(3)	(4)
ب	أ	جـ	د
مـ ف جتا120	النقطة (د) إلى النقطة (هـ)	موجبًا، فتقل طاقة الوضع الكهربائية للنظام	أ $\frac{\text{شـ}}{\text{ف}\sqrt{2}}$

السؤال الثاني

أ) من ص إلى س

ب) تقل

جـ) جـ$_{ص}$<جـ$_{س}$ ←جـ$_{س}$-جـ$_{ص}$: سالب

السؤال الثالث

الرسم البياني الأول: جـ = أ $\frac{\text{شـ}}{\text{ف}}$

100 =9 ×10 ^{9} × 20 × 10^{-2}× شـ$_{أ}$ شـ$_{أ}$ = $\frac{5}{9}$× 10 $^{-7}$كولوم

الرسم البياني الثاني: جـ = أ $\frac{\text{شـ}}{\text{ف}}$

-30 =9 ×10 ^{9} × 20 × 10^{-2}× شـ$_{ب}$

شـ$_{ب}$= $\frac{-3}{18}$× 10 $^{-7}$كولوم

السؤال الرابع

جـ س= جـ1+ جـ2+ جـ3 + جـ4 $= 9 \times 10^{9}(\frac{-6^{10\times5}}{-2^{10\times8}} + \frac{-6^{10\times5}}{-2^{10\times4}} + \frac{-6^{10\times5}}{-2^{10\times4}} + \frac{-6^{10\times5}}{-2^{10\times4}})$

جـكلي= $(\frac{90}{8}+\frac{-45}{8})\times10^{5} = \frac{45}{8}\times10^{5}$ فولت

السؤال الخامس

أ) طو= $\frac{9\times10^{9}\times شـ_1\times شـ_2}{ف}$ طو = $\frac{9\times10^{9}\times2\times شـ^2}{10\times10^{-2}} = 72\times10^{-2}$

$شـ^2 = \frac{72\times10^{-3}}{9\times10^{9}\times2\times9} = 4\times10^{-12}$

شـ=2×10^{-6} كولوم، بما أن طاقة وضع النظام موجبة فإن الشحنتين لهما النوع نفسه.

وتكون الشحنة الثانية 2شـ = 4×10^{-6} كولوم.

ب) شنقطه←∞= - شـ0(جـ∞-جـنقطه)، حيث جـنقطه= $\frac{9\times10^{9}\times4\times10^{-6}}{10\times10^{-2}} = 36\times10^{4}$ فولت

ش=- $2\times10^{-6}\times(0-36\times10^{4})$

$=72\times10^{-2}$ جول

السؤال السادس

أ) مـ = $\frac{\Delta جـ}{ف} = \frac{400-(-400)}{25\times10^{-3}} = \frac{800}{25}\times10^{3}$

مـ=32×10^{3} فولت /م، باتجاه المحور السيني الموجب.

ب)قك=مـ شـ =$32\times10^{3}\times1.6\times10^{-19}$

ق=51.2×10^{-16} نيوتن، باتجاه محور السينات الموجب.

ج)ع =$\sqrt{\frac{2جـ شـ}{ك}}$ ع=$\sqrt{\frac{2\times800\times1,6\times10^{-19}}{1,67\times10^{-27}}}$

ع≅54×10^{4} م/ث

السؤال السابع

أ) نفرض نقطة نسميها (س) بعدها عن هـ (8)سم

جـهـ د = جـهـ س + جـس د

=مـ فهـ س جتا 180+ مـ ف س د جتا 90

$=10^{3}\times8\times10^{-2}\times-1 + 0$

=-80 فولت

ب)ش ب هـ =- شـ (جـ هـ –جـ ب)

ش = -1×10 $^{-6}$ (-80)

= 8×10 $^{-5}$ جول

جـ هـ ب = جـ هـ أ +جـ أ ب

جـ هـ ب= مـ ف هـ أ جتا 90+ مـ ف أ ب جتا θ

= 0+ 10 ^{3} × ف أ ب × $\frac{-8\times10^{-2}}{\text{ف أ ب}}$

= -80 فولت

السؤال الثامن

أ) جـ أ ب = مـ ف أ ب جتا θ

=600×5×10 $^{-2}$ ×1 =3000×10 $^{-2}$

=30 فولت

ب) جـ ب د = مـ ف ب د جتا θ

=600×5×10 $^{-2}$ ×جتا 135

= 30×-0.7

=-21 فولت

جـ) جـ أ د = جـ أ ب +جـ ب د

=30+-21 =9 فولت

أعداد الاستاذ محمد الغرايبة

أعداد: الأستاذ محمد الغرايبة

أعداد: الأستاذ محمد الغرايبة

أعداد: الأستاذ محمد الغرايبة

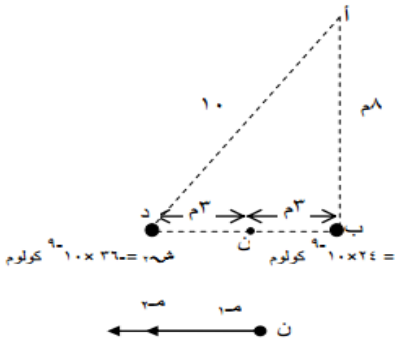
أعداد الأستاذ محمد الغرايبة

أسئلة متنوعة على نمط

اسئلة الوزارة

أعداد الأستاذ محمد الغرايبة

ب - (أ ب د) مثلث ، (ن) تنصف الضلع (ب د) ، وضعت عند الرأس (ب) شحنة (شـ ١) وعند الرأس (د) شحنة (شـ٢)، معتمداً على البيانات المثبتة على الشكل المجاور، احسب:(١٤ علامة)



١- المجال الكهربائي في النقطة (ن).

٢- طاقة الوضع الكهربائية المختزنة في الشحنة (شـ ٢).

٣- الشغل المبذول عند نقل الشحنة (شـ ١) من الرأس (ب) إلى الرأس (أ).

١ - لحساب المجال الكهربائي عند النقطة (ن) ،

م١ = ٩×١٠^٩ × شـ١ / ف١^٢ = ٩×١٠^٩ × ٢٤×١٠^-٩ / ٣^٢ = ٢٤ نيوتن/كولوم ، لليسار

م٢ = ٩×١٠^٩ × شـ٢ / ف٢^٢ = ٩×١٠^٩ × ٣٦×١٠^-٩ / ٣^٢ = ٣٦ نيوتن/كولوم، لليسار

م = م١ + م٢ = ٢٤ + ٣٦ = ٦٠ نيوتن/كولوم باتجاه اليسار

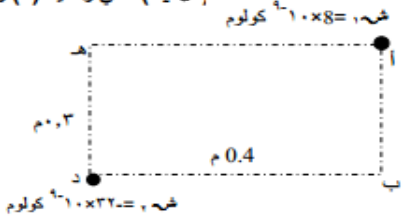
٢ - ط (شـ ٢) = جـ × شـ٢ = ٩×١٠^٩ × شـ١ شـ٢ / ف = ٩×١٠^٩ × ٢٤×١٠^-٩ × -٣٦×١٠^-٩ / ٦ = -١٢٩٦ × ١٠^-٩ جول

٣ – جـ١ = ٩×١٠^٩ × -٣٦×١٠^-٩ / ١٠ = -٣٢,٤ فولت

جـ٢ = ٩×١٠^٩ × -٣٦×١٠^-٩ / ٦ = -٥٤ فولت

ش أ ← ب = (جـ١ – جـ٢) × شـ١ = (-٣٢,٤ - -٥٤) × ٢٤×١٠^-٩ = ٥١٨,٤×١٠^-٨ جول

ج) (أ ب د هـ) مستطيل أطوال لأضلاعه (٠,٣) م و (٠,٤) م ، وضعت الشحنتان (شـ١ ، شـ٢) في رأسيه (أ) و (د) على الترتيب احسب



١)القوة المؤثرة على الشحنة السالبة (شـ٢)

٢)المجال الكهربائي عند النقطة (ب)

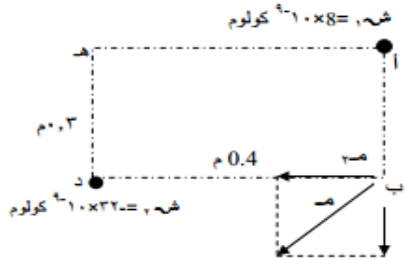
٣)الجهد الكهربائي عند النقطة (هـ)

١ - ق = ٩×١٠^٩ × شـ١ شـ٢ / ف^٢ ، ف = √(٠,٤^٢ + ٠,٣^٢) = ٠,١٢ م

ق = ٩×١٠^٩ × ٣٢×١٠^-٩ × ٨×١٠^-٩ / ٠,١٢^٢ = ٩,٢١٦×١٠^-٦ نيوتن

٢- المجال الكهربائي عند النقطة ب ناتج عن مجال (شـ ١) و(شـ ٢)

لذلك نحسب المجالين ثم نقوم بحساب محصلة المجالين



م١ = ٩×١٠^٩ × شـ١ / ف١^٢

= ٩×١٠^٩ × ٨×١٠^-٩ / ٠,٣^٢ = ٨٠٠ نيوتن/كولوم باتجاه الأسفل

م٢ = ٩×١٠^٩ × شـ٢ / ف٢^٢ = ٩×١٠^٩ × ٣٢×١٠^-٩ / ٠,٤^٢ = ١٨٠٠ نيوتن/كولوم ، باتجاه اليسار

م = √(م١^٢ + م٢^٢) = √(٨٠٠^٢ + ١٨٠٠^٢) = ١٩٦٩,٧ نيوتن/كولوم

لإيجاد اتجاه المجال ظاهـ = م١ / م٢ = ٨٠٠ / ١٨٠٠

٣) جـ م = جـ ١م + جـ ٢م = ٩×١٠^٩ × (شـ١ / ف١ + شـ٢ / ف٢) = ٩×١٠^٩ × (٨×١٠^-٩ / ٠,٤ + -٣٢×١٠^-٩ / ٠,٣) = -٧٨٠ فولت

ب) جسيم نقطي موضوع في الهواء شحن بإعطائه (مليون إلكترون) احسب :

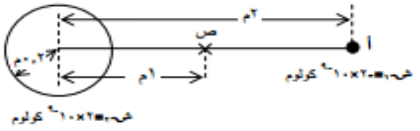
١- شحنة الجسيم

٢- طاقة الوضع الكهربائية لشحنة مقدارها (١٢-١٠×٠,٥^١٢-١٠) كولوم عند وضعها في نقطة تبعد (١٦)سم عن الجسيم المشحون.

١ شـ = ن شـ = ١٠^٦ × ١,٦×١٠^-١٩ = ١,٦×١٠^-١٣ كولوم وهي سالبة

٢- ط = جـ ش١ = ٩×١٠^٩ × شـ١ شـ٢ / ف١ = ٩×١٠^٩ × ١,٦×١٠^-١٣ × -٠,٥×١٠^-١٢ / ٠,١٦ = ٤,٥-×١٠^-١٥ جول

ب) وضعت شحنة نقطية شـ١ = (-٢×١٠^-٩) كولوم عند النقطة (أ) وعلى بعد (٢) م من مركز موصل كروي أجوف معزول يحمل شحنة شـ٢ = (٢×١٠^-٩) كولوم ، كما هو مبين في الشكل جانباً. اعتماداً على المعلومات المبينة على الشكل احسب ما يأتي :



١ – الجهد الكهربائي على سطح الموصل الكروي

٢ – الشغل اللازم لنقل إلكترون من اللانهاية إلى سطح الموصل الكروي.

٣ – المجال الكهربائي عند النقطة (ص) التي تنصف المسافة بين الشحنتين.

جهد الموصل = جـ سطح + جـ شـ = أ شـ٢ / نق + أ شـ١ / ف = ٩×١٠×٢×١٠^-٩ (١/٠,٢ - ١/٢) = ٨١ فولت

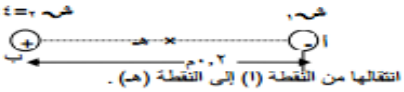
ش(سـ) سطح الموصل = جـ موصل ∞ شـ ع

= (جـ موصل - جـ∞) × شـ ع = (٨١ – ٠) × (-١٠×١,٦^-١٩)

٣ – مـ محصلة = مـ١ + مـ٢ (حيث أن المجالين بنفس الاتجاه عند النقطة (ص) و كلاهما باتجاه اليمين (محور س+)

= أ شـ٢ / ف٢^٢ + أ شـ١ / ف١^٢ = ٩×١٠×٢×١٠^-٩ (٢/١)^٢ = ٣٦ نيوتن/كولوم

ب- شحنتان نقطيتان (شـ١ ، شـ٢) موضوعتان في الهواء عند النقطتين (أ،ب)، فإذا كان الجهد الكهربائي عند النقطة (هـ) الواقعة في منتصف المسافة بينهما يساوي صفراً، بالاعتماد على البيانات المثبتة على الشكل. احسب ما يأتي:



١- الشحنة (شـ١).

٢- المجال الكهربائي عند النقطة (هـ).

٣- التغير في طاقة الوضع الكهربائية للشحنة (شـ١) عند انتقالها من النقطة (أ) إلى النقطة (هـ) .

١- جـ هـ = صفر = ٩×١٠^٩ شـ٢ / ف + ٩×١٠^٩ شـ١ / ف

صفر = ٩×١٠^٩ × شـ١ / ٠,١ + ٩×١٠^٩ × ٤×١٠^-٦ / ٠,١ ومنه شـ١ = -٤×١٠^-٦ كولوم

٢- مـ هـ = مـ١ + مـ٢ = ٩×١٠^٩ × شـ١ / ف١^٢ + ٩×١٠^٩ × شـ٢ / ف٢^٢

= ٩×١٠^٩ × ٤×١٠^-٦ × ٩ / (٠,١)^٢ + ٩×١٠^٩ × ٤×١٠^-٦ × ٩ / (٠,١)^٢ = ٧٢×١٠^٥ نيوتن/كولوم من هـ إلى أ (باتجاه (س+))

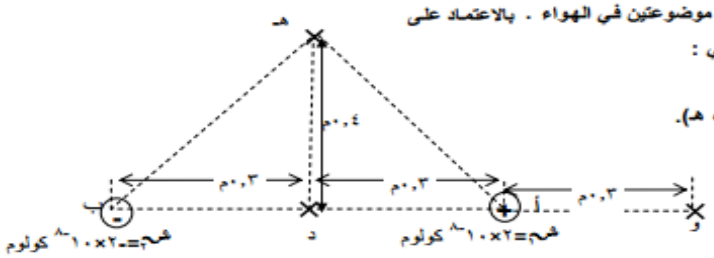
٣- Δ طـ و = طـ و - طـ ا = شـ١ (جـ هـ – جـ ا) جـ هـ = ٩×١٠^٩ × ٤×١٠^-٦ × ٩ / ٠,١ = ٣٦×١٠^٤ فولت

ش(أ،هـ) = -٤×١٠^-٦ (٣٦×١٠^٤ - ١٨×١٠^٤) جـ ا = ٩×١٠^٩ × ٤×١٠^-٦ × ٩ / ٠,٢ = ١٨×١٠^٤ فولت

ب- يبين الشكل شحنتين نقطيتين (أ،ب) موضوعتين في الهواء . بالاعتماد على البيانات المثبتة على الشكل أوجد ما يأتي :

١- المجال الكهربائي عند النقطة (د).

٢- جـ و د (فرق الجهد بين النقطتين و ، هـ).



١- مـ١ = ٩×١٠^٩ شـ١ / ف١^٢ = ٩×١٠^٩ × ٢×١٠^-٨ / ٠,٣^٢ = ٢٠٠٠ نيوتن/كولوم باتجاه اليسار (محور س-)

مـ٢ = ٩×١٠^٩ شـ٢ / ف٢^٢ = ٩×١٠^٩ × ٢×١٠^-٨ / ٠,٣^٢ = ٢٠٠٠ نيوتن/كولوم باتجاه اليسار (محور س-)

مـ١ ← د → مـ٢

مـ = مـ١ + مـ٢ = ٢٠٠٠ + ٢٠٠٠ = ٤٠٠٠ نيوتن/كولوم باتجاه اليسار (محور س-)

٢- جـ و = ٩×١٠^٩ شـ١ / ف أ و + ٩×١٠^٩ شـ٢ / ف ب و = ٩×١٠^٩ (٢×١٠^-٨ / ٠,٣ + -٢×١٠^-٨ / ٠,٩) = ٤٠٠ فولت

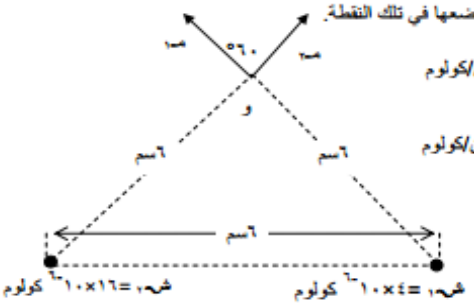
جـ هـ = ٩×١٠^٩ (٢×١٠^-٨ / ٠,٥ + -٢×١٠^-٨ / ٠,٥) = صفر فولت

جـ و هـ = جـ و – جـ هـ = ٤٠٠ – ٠ = ٤٠٠ فولت

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

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

٢- القوة الكهربائية المؤثرة في شحنة ثالثة مقدارها (١×١٠^-٦) عند وضعها في تلك النقطة.



م١ = ٩×١٠^٩ × شـ١ / ف١^٢ = ٩×١٠^٩ = ٤×١٠^-٦ / (٦×١٠^-٢)^٢ = ١×١٠^٧ نيوتن/كولوم

م٢ = ٩×١٠^٩ × شـ٢ / ف٢^٢ = ٩×١٠^٩ = ١٦×١٠^-٦ / (٦×١٠^-٢)^٢ = ٤×١٠^٧ نيوتن/كولوم

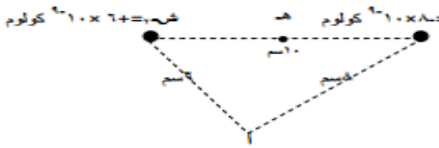
وبما أن المثلث متساوي الأضلاع فالزاوية بين المجالين
تساوي (٦٠°)

م = √(م١^٢ + م٢^٢ + ٢م١م٢ جتا٦٠)

م = √(٣٢٠^٢ + ٢٤٠^٢ + ٢×٣٢٠×٢٤٠ جتا٦٠) = ٣,٦×١٠^٧ نيوتن/كولوم

٢- ق = م شـ = ٣,٦×١٠^٧ × ١×١٠^-٦ = ٣٦ نيوتن

ب) يمثل الشكل التالي شحنتان نقطيتان موضوعتان في الهواء البعد بينهما (١٠)سم، اعتماداً على المعلومات المثبتة على الشكل احسب :



١- القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين النقطيتين.
٢- المجال الكهربائي في النقطة (هـ) منتصف المسافة بين الشحنتين.
٣- طاقة الوضع الكهروستاتيكية لشحنة سالبة مقدارها (٣×١٠^-٩) كولوم عند وضعها في النقطة (أ).

١- ق = ٩×١٠^٩ × شـ١ شـ٢ / ف^٢ = ٩×١٠^٩ × ٨×١٠^-٩ × ٦×١٠^-٩ / ٠,١^٢ = ٤٣,٢×١٠^-٦ نيوتن (تجاذب)

٢- لحساب المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) ، نحسب مجال (شـ١) ومجال (شـ٢) ثم نحسب محصلتهما،

م١ = ٩×١٠^٩ × شـ١ / ف١^٢ = ٩×١٠^٩ = ٨×١٠^-٩ / (٥×١٠^-٢)^٢ = ٧٢/٢٥ ×١٠^٩ نيوتن/كولوم ، لليمين

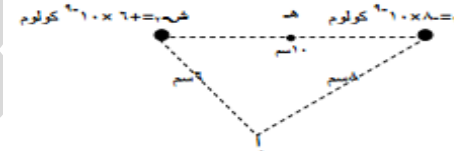
م٢ = ٩×١٠^٩ × شـ٢ / ف٢^٢ = ٩×١٠^٩ = ٦×١٠^-٩ / (٥×١٠^-٢)^٢ = ٥٤/٢٥ ×١٠^٩ نيوتن/كولوم ، لليمين

م = م١ + م٢ = ٧٢/٢٥ ×١٠^٩ + ٥٤/٢٥ ×١٠^٩ = ١٢٦/٢٥ ×١٠^٩ نيوتن/كولوم ، لليمين

٣- جـ = ٩×١٠^٩ × شـ١ / ف + ٩×١٠^٩ × شـ٢ / ف = ٩×١٠^٩ (٨×١٠^-٩ / ٠,٠٨ + ٦×١٠^-٩ / ٠,٠٦) = ٠ فولت

طـو = جـ ـور شـ = (٠) شـ = ٠ جول

ب) يمثل الشكل التالي شحنتان نقطيتان موضوعتان في الهواء البعد بينهما (١٠)سم، اعتماداً على المعلومات المثبتة على الشكل احسب :



١- القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين النقطيتين.
٢- المجال الكهربائي في النقطة (هـ) منتصف المسافة بين الشحنتين.
٣- طاقة الوضع الكهروستاتيكية لشحنة سالبة مقدارها (٣×١٠^-٩) كولوم عند وضعها في النقطة (أ).

١- ق = ٩×١٠^٩ × شـ١ شـ٢ / ف^٢ = ٩×١٠^٩ × ٨×١٠^-٩ × ٦×١٠^-٩ / ٠,١^٢ = ٤٣,٢×١٠^-٦ نيوتن (تجاذب)

٢- لحساب المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) ، نحسب مجال (شـ١) ومجال (شـ٢) ثم نحسب محصلتهما،

م١ = ٩×١٠^٩ × شـ١ / ف١^٢ = ٩×١٠^٩ = ٨×١٠^-٩ / (٥×١٠^-٢)^٢ = ٧٢/٢٥ ×١٠^٩ نيوتن/كولوم ، لليمين

م٢ = ٩×١٠^٩ × شـ٢ / ف٢^٢ = ٩×١٠^٩ = ٦×١٠^-٩ / (٥×١٠^-٢)^٢ = ٥٤/٢٥ ×١٠^٩ نيوتن/كولوم ، لليمين

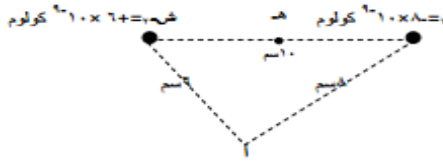
م = م١ + م٢ = ٧٢/٢٥ ×١٠^٩ + ٥٤/٢٥ ×١٠^٩ = ١٢٦/٢٥ ×١٠^٩ نيوتن/كولوم ، لليمين

٣- جـ = ٩×١٠^٩ × شـ١ / ف + ٩×١٠^٩ × شـ٢ / ف = ٩×١٠^٩ (٨×١٠^-٩ / ٠,٠٨ + ٦×١٠^-٩ / ٠,٠٦) = ٠ فولت

طـو = جـ ـور شـ = (٠) شـ = ٠ جول

غرايبة

ب) يمثل الشكل التالي شحنتان نقطيتان موضوعتان في الهواء شـ١=-٨×١٠^-٩ كولوم، شـ٢=+٦×١٠^-٩ كولوم البعد بينهما (١٠)سم، اعتماداً على المعلومات المثبتة على الشكل احسب :



١- القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين النقطيتين.

٢- المجال الكهربائي في النقطة (هـ) منتصف المسافة بين الشحنتين.

٣- طاقة الوضع الكهروستاتيكية لشحنة سالبة مقدارها (٣×١٠^-٩) كولوم عند وضعها في النقطة (أ).

١- ق = ٩×١٠^٩ × (شـ١ شـ٢)/ف^٢ = ٩×١٠^٩ × (٨×١٠^-٩ × ٦×١٠^-٩)/(٠,١)^٢ = ٤٣,٢×١٠^-٣ نيوتن (تجاذب)

٢- لحساب المجال الكهربائي عند النقطة (هـ) ، نحسب مجال (شـ١) ومجال (شـ٢) ثم نحسب محصلتهما،

م١ = ٩×١٠^٩ × شـ١/ف١^٢ = ٩×١٠^٩ × ٨×١٠^-٩/(٥×١٠^-٢)^٢ = ٧٢/٢٥ ×١٠^٤ نيوتن/كولوم ، لليمين

م٢ = ٩×١٠^٩ × شـ٢/ف٢^٢ = ٩×١٠^٩ × ٦×١٠^-٩/(٥×١٠^-٢)^٢ = ٥٤/٢٥ ×١٠^٤ نيوتن/كولوم ، لليمين

م = م١ + م٢ = ٧٢/٢٥ ×١٠^٤ + ٥٤/٢٥ ×١٠^٤ = ١٢٦/٢٥ ×١٠^٤ نيوتن/كولوم ، لليمين

٣- جـ = ٩×١٠^٩ × شـ١/ف + ٩×١٠^٩ × شـ٢/ف = ٩×١٠^٩ (-٨×١٠^-٩/٠,٠٨ + ٦×١٠^-٩/٠,٠٦) = ٠ فولت

طـ و = جـ بينما شـ = (٠) شـ = ٠ جول

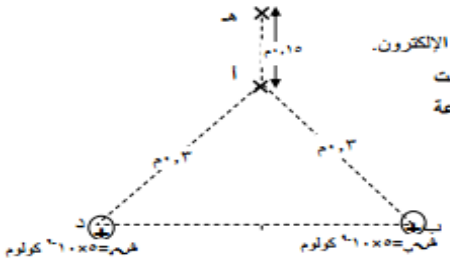
أ- وضح المقصود بكل من : تكمية الشحنة:

تكمية الشحنة: شحنة أي جسم يجب أن تساوي عدداً صحيحاً من شحنة الإلكترون.

ب- بالاعتماد على المعلومات المثبتة على الشكل المجاور، وإذا علمت أن (س ب = س ر = + ٥×١٠^-٩ كولوم) والشحنات نقطية وموضوعة في الهواء، فاحسب ما يأتي:

١ - المجال الكهربائي في النقطة (أ) مقداراً واتجاهاً.

٢ - مقدار ونوع الشحنة النقطية الواجب وضعها في النقطة (هـ) ليصبح الجهد الكهربائي الكلي في النقطة (أ) يساوي صفراً.



١- لحساب المجال الكهربائي عند النقطة (أ) ، نحسب مجال (شـ١) ومجال (شـ٢) ثم نحسب محصلتهما،

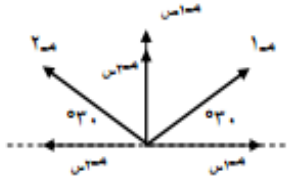
م١ = ٩×١٠^٩ × شـ١/ف١^٢ = ٩×١٠^٩ × ٥×١٠^-٩/(٠,٣)^٢ = ٥٠٠ نيوتن/كولوم ، كما في الشكل

م٢ = ٩×١٠^٩ × شـ٢/ف٢^٢ = ٩×١٠^٩ × ٥×١٠^-٩/(٠,٣)^٢ = ٥٠٠ نيوتن/كولوم ، كما في الشكل

مجس = مجس١ + مجس٢ = م١ جتا٣٠ + م٢ جتا٣٠ = ٥٠٠×٠,٨٧ - ٥٠٠×٠,٨٧ = ٠

مجص = مجص١ + مجص٢ = ٥٠٠×٠,٥ + ٥٠٠×٠,٥ = ٢٥٠+٢٥٠ = ٥٠٠ نيوتن/كولوم

م محصلة = ٥٠٠ نيوتن/كولوم نحو محور الصادات الموجب

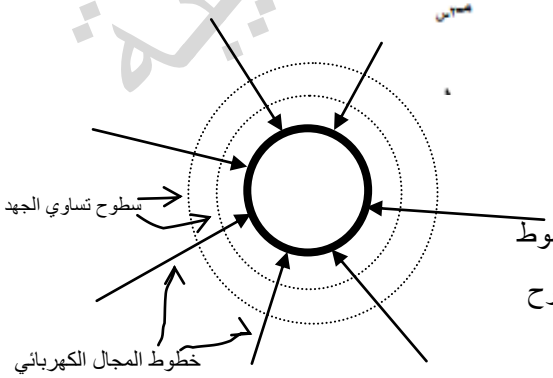


٢- جـ = ٩×١٠^٩ × شـ١/ف + ٩×١٠^٩ × شـ٢/ف + ٩×١٠^٩ × شـ/ف = ٠

٠ = ٩×١٠^٩ × ٥×١٠^-٩/٠,٣ + ٩×١٠^٩ × ٥×١٠^-٩/٠,٣ + ٩×١٠^٩ × شـ/٠,١٥

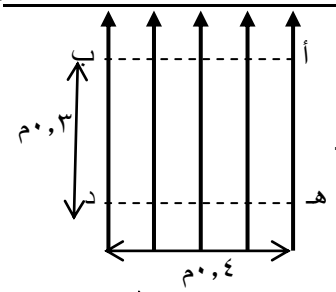
ومنه شـ = ٥٠×١٠^-٩ كولوم

أ - أرسم خطوط المجال الكهربائي وخطوط تساوي الجهد لموصل كروي معزول ومشحون بشحنة سالبة .



خطوط المجال هي الخطوط المستقيمة المتصلة والتي تتجه لسطح الكرة خطوط تساوي الجهد هي الدوائر التي تحيط بالكرة في الفراغ تكون عبارة عن سطوح كروية مركزها مركز الموصل

ج- يمثل الشكل المجاور مجالاً كهربائياً منتظماً مقداره (١٠^{٣}) فولت/م، اعتماداً على القيم المثبتة عليه احسب:

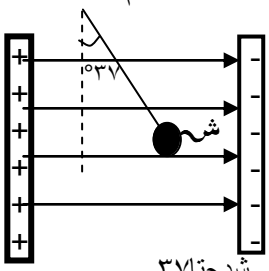


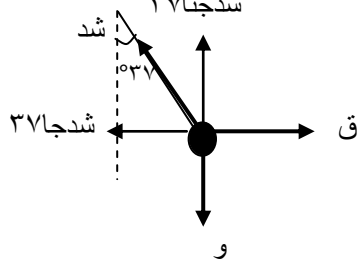
١- جـ أ هـ ٢- الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها (+١)ميكروكولوم من النقطة (هـ) إلى النقطة(ب).

١- جـ أ هـ = مـ ف جتاθ = ١٠^{٣} ×٠,٣×جتا١٨٠ = -٣٠٠ فولت

٢- ش$_{هـ}$ ـ ب = جـ ب هـ شـ لكن جـ ب هـ =جـ ب أ +جـ أ هـ = مـ ف جتا٩٠ + -٣٠٠=-٣٠٠فولت

ج- كرة فلزية مشحونة بشحنة (+٦×١٠$^{-٩}$ كولوم)، وزنها (٢×١٠$^{-٣}$ نيوتن)، معلقة بخيط بين صفيحتين متوازيتين رأسيتين البعد بينهما (٤×١٠$^{-٣}$ م)/ وعندما وصلت الصفيحتان بمصدر كهربائي اتزنت الكرة في وضع يميل فيه الخيط عن الرأسي بزاوية (٣٧)° كما في الشكل، احسب فرق الجهد للمصدر الكهربائي.





و = شد جتا٣٧ ومنه ٢×١٠$^{-٣}$ = شد ×٠,٨ ومنه شد= ٢,٥×١٠$^{-٣}$ نيوتن

ق = شد جا٣٧ ق= ٢,٥×١٠$^{-٣}$×٠,٦ = ١,٥×١٠$^{-٣}$ نيوتن

ق= مـ شـ ⇐ ١,٥×١٠$^{-٣}$ = مـ ×٦×١٠$^{-٩}$ ومنه مـ = ٢٥×١٠^{٤} نيوتن/كولوم

لكن جـ = مـ ف ⇐ جـ = ٢٥×١٠^{٤} × ٤×١٠$^{-٣}$ = ١٠٠٠ فولت

ب- يستخدم قانون كولوم الذي تمثل العلاقة (ق = $\frac{١}{٤\pi\varepsilon}$ × $\frac{شـ_{١} شـ_{٢}}{ف}$) لحساب القوة المتبادلة بين الشحنات الكهربائية النقطية الساكنة. أجب عما يأتي:

١) ما الكمية الفيزيائية التي يدل عليها الرمز (ε) ؟ وما وحدة قياسها؟

٢) لماذا تكون القوة بين الشحنات متبادلة؟

١- السماحية الكهربائية ووحدة قياسها (كولوم^{٢}/ نيوتن م^{٢})

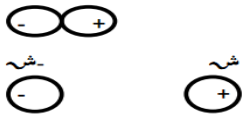
٢- القوة الكهربائية بين الشحنات عبارة عن فعل ورد فعل حسب قانون نيوتن الثالث.

ج) قربت ساق مشحونة من كرتين صغيرتين فلزيتين متلامستين غير مشحونتين، فشحنت بالحث، ثم فصلت الكرتان عن بعضهما بواسطة عازل حتى أصبحت المسافة بين مركزيهما (٠,١)م، ثم أبعدت الساق نهائياً فوجد أن الكرتين تتجاذبان بقوة مقدارها (٩×١٠$^{-٥}$) نيوتن، احسب عدد الإلكترونات التي انتقلت من أحد الكرتين إلى الأخرى خلال عملية الشحن .

١- ق= ٩×١٠^{٩} × $\frac{شـ شـ}{ف^{٢}}$ (عند فصل الكرتين تشحن الكرتان بشحنتين متساويتين مقداراً ومختلفتان)

٩×١٠$^{-٥}$= ٩×١٠^{٩} × $\frac{شـ^{٢}}{٠,١^{٢}}$

ومنه شـ^{٢} = ١×١٠$^{-١٦}$ و شـ = ١×١٠$^{-٨}$ كولوم



ن= $\frac{شـ}{شـ_{e}}$ = $\frac{١×١٠^{-٨}}{١,٦×١٠^{-١٩}}$ = ٦٢٥×١٠^{٨} إلكترون

ب) جسيم نقطي موضوع في الهواء شحن بإعطائه (مليون إلكترون) احسب :

١- شحنة الجسيم

٢- طاقة الوضع الكهربائية لشحنة مقدارها (٠,٥×١٠$^{-١٢}$) كولوم عند وضعها في نقطة تبعد (١٦)سم عن الجسيم المشحون.

١ شـ = ن شـ$_{e}$ = ١٠^{٦}×١,٦×١٠$^{-١٩}$ = ١,٦×١٠$^{-١٣}$ كولوم وهي سالبة

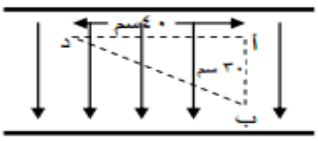
٢- طـ$_{و}$ = جـ$_{و}$ ش$_{١}$= ٩×١٠^{٩} $\frac{شـ_{٢} شـ_{١}}{ف_{١}}$ =٩×١٠^{٩} $\frac{١٠×١,٦-^{١٣}×١٠×٠,٥^{-١٢}}{٠,١٦}$ = -٤,٥×١٠$^{-١٥}$ جول

ج) يمثل الشكل المجاور ، لوحان معدنيان متوازيان، فرق الجهد بينهما (١٠ ^{٣}) فولت ، والمسافة بينهما (٠,٥) متر في الهواء، وضعت شحنة كهربائية سالبة مقدارها (١ × ١٠ $^{-٦}$) كولوم في النقطة د،

(١) احسب : أ ــ القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة عند النقطة د،

ب- الشغل اللازم لنقل الشحنة من النقطة د إلى النقطة ب

(٢) مستعيناً بالشكل : ما النقطتان اللتان يكون عندهما الجهد الكهربائي متساوياً



١ - ق= مـ × شـ لكن مـ = $\frac{جـ}{ف}$ = $\frac{١٠^{٣}}{٠,٥}$ = ٢×١٠^{٣} نيوتن/كولوم

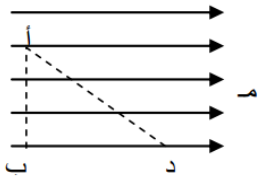
= ٢×١٠^{٣} × ١ × ١٠$^{-٦}$ = ٢ × ١٠$^{-٣}$ نيوتن

ش د ـــــ ب = جـ ب د × شـ لكن جـ ب د = جـ ب أ + جـ أ د

= ـ٦٠٠ × (-١ × ١٠$^{-٦}$) = مـ × ف ب أ × جتا١٨٠ + مـ × ف أ د × جتا٩٠

= ٦ × ١٠$^{-٤}$ جول = ٢×١٠^{٣}×٠,٣-×١ = ٠+ = ـ٦٠٠ فولت

ب. يوضح الشكل المجاور مجالاً كهربائياً منتظماً (مـ) مقداره ١٠ ^{٤} فولت/م ، والنقاط (أ) ، (ب) ، (د) واقعة في المجال ، بحيث تقع النقطتان (ب) ، (د) على خط مجال واحد والزاوية (أ ب د) قائمة، وطول (ب د) يساوي ٤سم، احسب الشغل المبذول في نقل شحنة كهربائية موجبة مقدارها ٦×١٠$^{-٩}$كولوم من (د) إلى (أ) (



ش د ـــــ أ = جـ أ د شـ= (جـ ب + جـ ب د) شـ

= (مـ × ف أ ب ×جتا٩٠ + مـ ف ب د × جتا٠) شـ

=(٠+ ١٠^{٤} × ٠,٠٤ ×جتا٠) ×٦ ×١٠$^{-٩}$ = ٢٤ ×١٠$^{-٧}$ جول

أحمد الغرايبة