

الكهرباء الساكنة

١. الشحنة الكهربائية

يوجد نوعين من الشحنات الكهربائية موجبة ، سالبة .
لقد درسنا انه عند ذلك قضيب من البلاستيك بقطعة من الصوف سوف يشحن أي يتولد عليه شحنة كهربائية .

كيف تتم عملة الشحن ؟

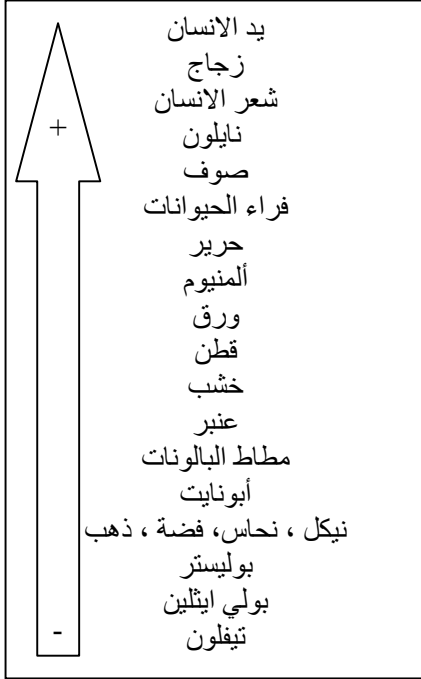
نعلم ان المادة تتكون من ذرات ، حيث تحوي الذرات على بروتونات (داخل النواة) تحمل شحنة موجبة كما تحوي على الكترونات تحمل شحنة سالبة تدور حول النواة في مدارات ، تكون هذه الذرات متعادلة لان عدد الالكترونات يساوي عدد البروتونات .
كما ترتبط الالكترونات بقوة تجاذب مع النواة تقل كلما ابتعدت الالكترونات عن النواة ، فعند تقريب المادتين من بعضهما تصبح الذرات قريبة من بعضها و بالتالي تنتقل الالكترونات من مادة الى اخرى .

نلاحظ انه يوجد مادتين الاولى تفقد الالكترونات و الاخرى تكسب الالكترونات
ان المادة التي تفقد الالكترونات يصبح عدد بروتوناتها اكبر من الكتوناتها
الموجب < السالب $\leftarrow$ تشحن المادة بشحنة موجب .
اما المادة التي اكتسبت الالكترونات يصبح عدد الكتوناتها أكبر من بروتوناتها
السالب < الموجب $\leftarrow$ تشحن المادة بشحنة سالبة .

مبدأ حفظ الشحنة : الشحنة الكهربائية لا تفنى ولا تستحدث

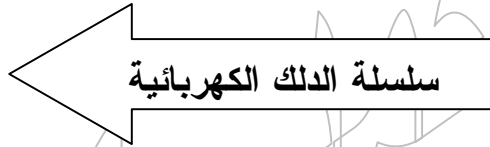
ومن خلال مبدأ حفظ الشحنة الكهربائية يكون مقدار ما تفقده المادة الاولى من الالكترونات مساوي لعدد الالكترونات المكتسبة من المادة الثانية .

كما يعتمد اي من المادتين سوف يكتسب الالكترونات
و أيها سوف يفقدها على قوة ارتباط الالكترونات بنواة المادة .



يمكن ترتيب المواد من حيث قوة ارتباط الكترونها بالنواة.

سلسلة الدلك الكهربائية: هي سلسلة رتبت بها المواد من حيث ميلها لفقد الالكترونات عد دلكها.



ملاحظات حول سلسلة الدلك الكهربائية

- 1- المواد الموجودة في أعلى السلسلة لها قابلية لفقد الالكترونات من المادة الموجودة أسفل منها . (تكون شحنة المادة العليا موجب و السفلى سالب).
- 2- يكون مقدار الشحنة أكبر اذا كانت المادتين أبعد عن بعضهما في السلسلة.

توضيح

- اذا تم دلك الزجاج بشعر الانسان فان الزجاج سوف يشحن بشحنة موجب و الشعر سالب ولكن يكون مقدار هذه الشحنة قليلة يصعب ملاحظتها ، أما اذا دلك الزجاج بالحرير فيكون مقدار الشحنة أكبر. (لاحظ المسافة بين الزجاج والشعر و الزجاج و الحرير).
- 3- تزداد الشحنة المكتسبة بالدلك بزيادة عدد مرات الدلك .

سؤال :

عندما تدلك بالوناً بشعرك ، أيهما يصبح موجب الشحنة شعرك أم البالون، ولماذا؟

الحل :

يصبح الشعر موجب و البالون سالب بسبب ان شعر الانسان له قابلية لفقد الالكترونات (موجب الشحنة) و البالون له ميل لكسب الالكترونات (سالب الشحنة) حسب سلسلة الدلك الكهربائية .

تقسم المواد :

- ١- مواد موصلة: هي مواد تتحرك إلكتروناتها بسهولة مثل الفلزات (الفضة النحاس الحديد) .
- ٢- مواد عازلة: هي مواد لا تتحرك إلكتروناتها بسهولة مثل الزجاج الخشب البلاستيك .
- ٣- مواد شبه موصلة: هي مواد تتحرك إلكتروناتها ولكن تحت ظروف خاصة مثل السيلكون و الجرمانيوم .

سؤال :

- ١- هل تشحن المواد الموصلة بالدلك ؟
- ٢- لماذا عند شحن المواد الموصلة بالدلك لا يظهر أثر لها ؟

الحل :

- ١- نعم، وذلك بسبب ان الشحنات المتولدة على المواد الموصل تنتقل الى جسمك ومن ثم الى الارض .
- اما اذا وضعنا عازل فيمنع انتقال الشحنات عبر جسمك الى الارض .

الكشاف الكهربائي

هو جهاز يستخدم للكشف عن الشحنات الكهربائية .

ويتم استخدامه عن طريق تقريب الجسم المراد معرفة ما اذا كان مشحون أم لا من قرص الكشاف الكهربائي فاذا انفرجت ورقتا الكشاف اذن الجسم مشحون أما اذا لم تنفرج فهذا يعني ان الجسم غير مشحون .

٢. طرق أخرى للشحن

١- الشحن باللمس :

إذا تلامس موصل مشحون مع موصل متعادل معزول، فان الموصل المشحون يفقد جزءاً من شحنته إلى الموصل المتعادل، أي تكون شحنتاهما من النوع نفسه ويتم توزيع الشحنة بينهما بحيث يبقى المجموع الكلي للشحنات ثابتاً.

$$\sum \text{ش قبل} = \sum \text{ش بعد}$$

ملاحظات :

- ١- إذا لامس جسمان متماثلان أحدهما مشحون و الآخر غير مشحون فإن الشحنة تنقسم بينهما بالتساوي .
- ٢- لا يمكن استخدام الشحن باللمس في شحن المواد العازلة بسبب عدم وجود الإلكترونات الحرة .

سؤال :

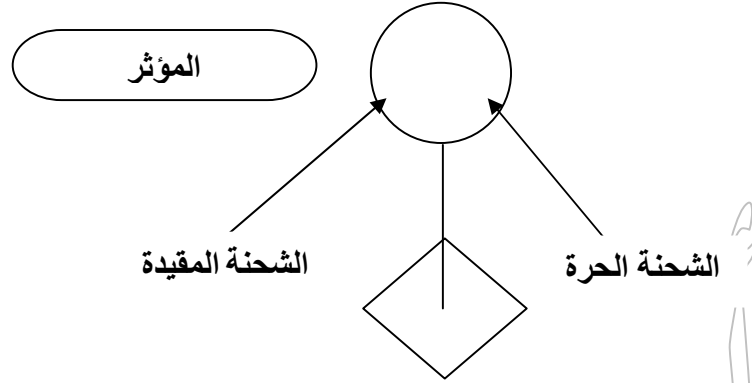
- ١- بين أن الشحن باللمس يتفق و مبدأ حفظ الشحنة ؟
- ٢- إذا كانت الكرة (ب) مشحونة بشحنة موجبة ما الذي يحدث عند تلامس الكرتين ؟
- ٣- إذا كانت الكرتان من البلاستيك ، هل تشحن الكرة (أ) بعد التلامس ؟ فسر اجابتك .

الحل :

- ١- لأن مجموع الشحنات للنظام (الكرتين) قبل التلامس يساوي مجموع الشحنات له بعد التلامس أي أن الشحنة محفوظة .
- ٢- عند التلامس فإن عددا من الإلكترونات تنتقل من الكرة (أ) الى الكرة (ب) ، فتصبح الكرة (أ) مشحونة بشحنة موجبة وتقل الشحنة الموجبة على الكرة (ب) بسبب انتقال شحنات سالبة اليها و يستمر انتقال الإلكترونات الى ان تتساوى الشحنة على كل من الكرتين و تصبح كلتاها مشحونتين بشحنة موجبة .
- ٣- تشحن في موضع اللمس فقط ، و تكون شحنتها صغيرة جدا ، الا انه بتكرار اللمس في مواضع عدة يمكن ان تصبح الشحنة ذات قيمة .

٢- الشحن بالحث :

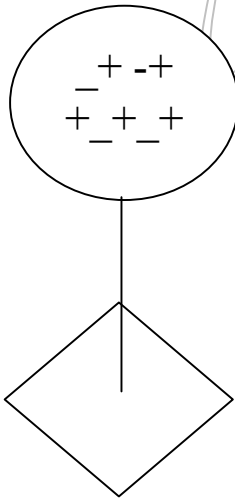
- لقد درسنا انه عند ملامسة جسم مشحون جسم آخر غير مشحون فانه سوف يشحن باللمس . و السؤال هنا هل يمكن لجسم أن يشحن جسما اخر دون ان يلامسه؟؟
- نعم، فان الجسم الموصل يشحن بشحنتين متساويتين مقدارا و مختلفتين نوعا و تعرف هذه الطريقة الشحن بالحث (التأثير) .
- وتكون الشحنة الاولى مخالفة لشحنة المؤثر و من الجهة القريبة منه وتدعى الشحنة المقيدة لانها مقيدة بوجود المؤثر، و يستحيل زوالها ما دام المؤثر موجود، و الاخرى مشابهة لشحنة المؤثر ومن الجهة البعيدة عنه و تدعى الشحنة الحرة حسب الشكل التالي



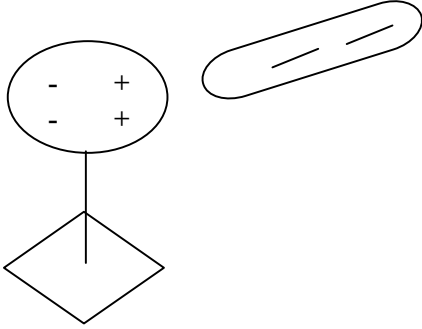
ملاحظات :

- ١- كمية الشحنة المقيدة تساوي كمية الشحنة الحرة ولكنها تختلف عنها في النوع، وكمية كل منها تعتمد على كمية الشحنة المؤثرة وعلى المسافة بين الشحنة المؤثرة والموصل المتأثر.
- ٢- ان تقريب المؤثر المشحون من الموصل المعزول و غير مشحون لا يؤدي الى شحن الموصل و لكن الذي يحدث هنا هو اعادة ترتيب شحنات الموصل ، تكون نتيجته ظهور الشحنة المقيدة و الشحنة الحرة .
- ٣- المواد الموصلة هي التي يتم شحنها بالحث ، بينما المواد العازلة لا تشحن بالحث لعدم وجود الكترولونات حرة كما هو الحال في الموصلات .

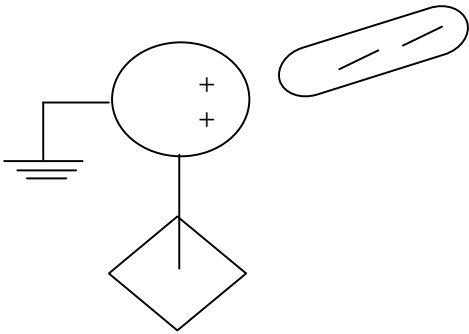
* شحن جسم بالحث (التأثير) بشحنة موجبة :



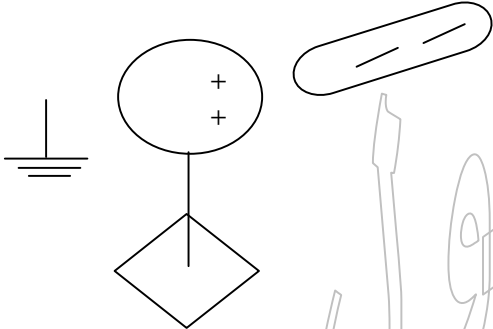
- ١- نضع الجسم الموصل على قاعدة عازلة و هذا يمنع انتقال الشحنة من الجسم الى الارض .



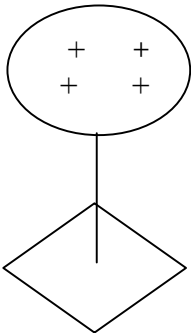
٢- نعمل على تقريب مؤثر (قضيب بلاستيك) الذي يحمل شحنة سالبة من الجسم غير المشحون فيحدث ترتيب للشحنات حيث تكون الشحنة المخالفة لشحنة قضيب البلاستيك وهي الشحنة المقيدة التي تكون قريبة منه و الشحنة المماثلة لشحنة قضيب البلاستيك وهي الشحنة الحرة التي تكون بعيدة عنه.



٣- نعمل على التخلص من الشحنة الحرة السالبة و ذلك بوصل الجسم بالأرض مع بقاء القضيب البلاستيكي (الجسم المؤثر) .



٤- نعمل على فصل الاتصال بالأرض مع بقاء المؤثر.



٥- نبعد الجسم المؤثر ، و يتالي يكون الجسم مشحون بشحنة موجبة .

ملاحظة:

عند شحن جسم بالحث بشحنة سالبة نتبع الخطوات السابقة و لكن تكون شحنة الجسم المؤثر (قضيب البلاستيك) موجبة .

لقياس مقدار الشحنة الكهربائية وتحديد نوعها يستخدم جهاز يسمى إلكتروميتر .

مولد فان دي غراف: هو جهاز يولد الشحنات الكهربائية عن طريق حزام مطاطي يدور على بكرتين، يشحن بالدلك بالاسفل ثم يقوم بنقل الشحنات الكهربائية الى كرة موصلة في أعلى الجهاز .

ومن خلال ما سبق نلاحظ ان مصدر الشحنات الكهربائية تكتسبها المادة يعود الى فقد أو اكتساب المادة عدد من الالكترونات . كما تعد شحنة الإلكترون أصغر شحنة موجودة في الطبيعة و تساوي 1.6×10^{-19} كولوم ومن ذلك نستنتج أن شحنة أي جسم مشحون تساوي مضاعفات عددية صحيحة لشحنة الإلكترون وهو ما يعرف بمبدأ تكميم الشحنة .

ويعبر عنها رياضياً بالعلاقة الآتية :

$$\text{ش الجسم} = n \text{ ش } e$$

n : عدد صحيح موجب , $n = 1, 2, 3, 4, \dots$
ش : شحنة الإلكترون و تساوي 1.6×10^{-19} كولوم . (الشحنة الاساسية)

ملاحظة : أي لا يمكن لأي شحنة حرة في الطبيعة أن تكون ٠.٥ أو ٠.٢٥ أو ٠.٤٥ إلخ... من شحنة الإلكترون .

مثال (١) :

- ١- ما شحنة جسم فقد (١٠٠٠) الكترون ؟
- ٢- هل يمكن لجسم أن يحمل شحنة (3×10^{-19}) كولوم ؟ علل اجابتك .

الحل :

$$(1) \text{ ش الجسم} = n \text{ ش } e \quad \leftarrow \text{ ش الجسم} = (1000) (1.6 \times 10^{-19})$$

ش الجسم = 1.6×10^{-16} كولوم (نوع الشحنة موجب لان الجسم فقد الالكترونات)

$$(2) \text{ ش الجسم} = \text{ن ش}^e \leftarrow 3 \times 10^{-19} = (1.6 \times 10^{-19}) \text{ ن}$$

$\text{ن} = 1.875$ لا يمكن ان يمتلك الجسم هذه الشحنة لانها لا تمثل عدد صحيح من مضاعفات شحنة الالكترون .

مثال (٢) :

جسم متعادل اكتسب (10^{-12}) الكترون ، ما مقدار ونوع شحنة الجسم ؟

الحل :

$$\text{ش الجسم} = \text{ن ش}^e \leftarrow \text{ش الجسم} = (1 \times 10^{-12}) (1.6 \times 10^{-19})$$

$$\text{ش الجسم} = - 1.6 \times 10^{-31} \text{ كولوم (نوع الشحنة سالب لان الجسم اكتسب الالكترونات) .}$$

٣. قانون كولوم

لقد درسنا سابقا أن الشحنات الكهربائية المتشابهة تتنافر والشحنات المختلفة تتجاذب . ويكون سبب التنافر أو التجاذب بفعل قوة تدعى القوة الكهربائية، ويعد شارل كولوم أول من درس القوى الكهربائية باستخدام جهاز ميزان اللي.

ووجد ان القوة الكهربائية تعتمد على ما يلي :

١- مقدار كل من الشحنتين (ش_١ ، ش_٢) حيث تزداد القوة بزيادة مقدار الشحنات (علاقة طردية) عند ثبات المسافة (ف) بين الشحنتين و نوع الوسط الفاصل بينهما .

$$\text{ق } \alpha \text{ ش}_1 \times \text{ش}_2$$

٢- المسافة بين الشحنتين (ف) حيث تقل القوة مع مربع المسافة الفاصلة بين الشحنتين (علاقة عكسية) عند ثبات كل من الشحنتين (ش_١ ، ش_٢) ونوع الوسط الفاصل بينهما .

$$\text{ق } \alpha \frac{1}{\text{ف}^2}$$

٣- نوع الوسط الفاصل بين الشحنتين حيث يتغير مقدار القوة (ق) بتغير نوع الوسط عند ثبات كل من الشحنتين (ش_١ ، ش_٢) والمسافة (ف) . ومن خلال ما سبق نستنتج أن :

هذا هو " قانون كولوم "

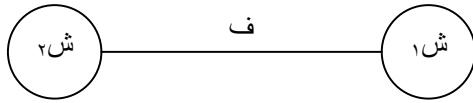
$$\text{ق } \alpha \frac{\text{ش}_1 \times \text{ش}_2}{\text{ف}^2}$$

الذي ينص على أن :

القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين كهربائيتين تتناسب طرديا مع مقدار كل منهما ، و عكسياً مع مربع المسافة بينهما

$$Q = \frac{q_1 \times q_2}{f^2} \times \text{ثابت}$$

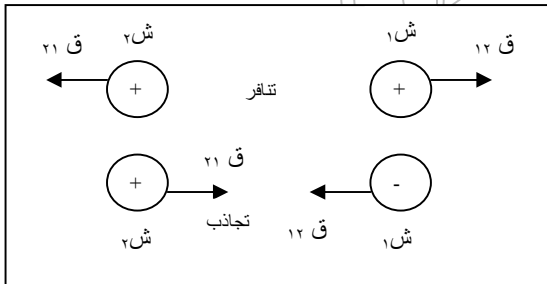
حيث أن :



- ق : القوة المتبادلة بين الشحنتين (نيوتن) .
- ف : المسافة بين الشحنتين (متر) .
- ش : الشحنة الكهربائية (كولوم) .
- ثابت 1×10^9 نيوتن . م² / كولوم² .

قانون كولوم ينطبق في الحالات التي تكون فيها أبعاد الأجسام المشحونة صغيرة مقارنة بالمسافات الفاصلة بين الشحنات " الشحنات النقطية " و ينطبق على الأجسام الكروية لأن كولوم يعتبر الشحنات الكهربائية تتمركز في مركز الجسم الكروي .

وينبغي ملاحظة أن القوة الكهربائية بين شحنتين هي قوة متبادلة، فهي نوع من قوى التدافع الداخلي بين الشحنتين . أي أن كل من الشحنتين تتأثر بنفس مقدار القوة و باتجاه معاكس لاتجاه القوة المؤثرة على الأخرى. فالقوتان أذن هما فعل ورد فعل متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه (حسب القانون الثالث لنيوتن الفعل ورد الفعل)
(ق_{١٢} = - ق_{٢١}) كما في الشكل .



يلاحظ من الشكل أن الشحنات المتشابهة تتنافر، أما الشحنات المختلفة تتجاذب.

ومن قانون كولوم يمكن تعريف وحدة قياس الشحنة " الكولوم " بأنها: مقدار الشحنة الكهربائية التي اذا وضعت في الفراغ على بعد واحد متر من شحنة مساوية لها ، لأثرت عليها بقوة تساوي 9×10^9 نيوتن .

نلاحظ من التعريف السابق ان الكولوم وحدة قياس كبيرة ، و نستخدم عادة أجزاء من الكولوم ومنها :

ملي كولوم = $10^{-3} \times 1$ ، ميكروكولوم = $10^{-6} \times 1$ ، نانوكولوم = $10^{-9} \times 1$ ، بيكوكولوم = $10^{-12} \times 1$.

وتتناسب القوة الكهربائية حسب قانون كولوم ، تناسبا عكسيا مع مربع المسافة وهو ما يعرف بقانون التربيع العكسي .

خطوات إيجاد القوة الكهربائية :

١- نطبق قانون كولوم على الشحنة المراد حساب القوة المؤثرة عليها من الشحنات الأخرى .

٢- نجد اتجاه القوة .

٣- نجد مقدار المحصلة .

٤- نجد اتجاه المحصلة .

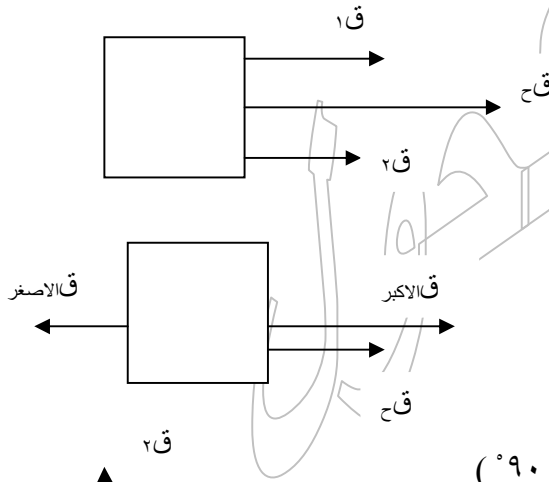
* طرق إيجاد المحصلة (مقدار واتجاه)

١- اذا كانت القوتين في نفس الاتجاه .

$$Q_c = Q_1 + Q_2$$

(المقدار يكون حاصل جمع)

يكون الاتجاه باتجاه احدهما



٢- اذا كانت القوتين متعاكستين .

$$Q_c = Q_{\text{الأكبر}} - Q_{\text{الأصغر}}$$

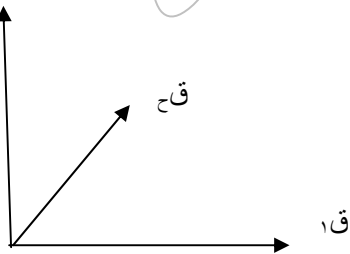
(المقدار يكون طرح)

يكون الاتجاه باتجاه الأكبر

٣- اذا كانت القوتين متعامدتان (اي تكون الزاوية بينهما 90°)

$$Q_c = \sqrt{Q_1^2 + Q_2^2}$$

$$\theta = \frac{Q_2}{Q_1}$$



تذكر أن القوة كمية متجهة تحدد بمقدار واتجاه

مثال (۱) :

شحنتان نقطيتان (أ،ب) ، (٢،٨) ميكروكولوم على الترتيب والبعد بينهما ٤ سم موضوعتان في لهواء، احسب :

أ- القوة المتبادلة بين الشحنتين .

ب- القوة المؤثرة على شحنة تالفة ج مقدارها ٢ ميكروكولوم موضوعة في منتصف المسافة بين الشحنتين .

الحل :

—j^c



$$9. \text{ نیوتن ، تنافر} = \frac{10^{-10} \times 2 \times 10^{-10} \times 8}{(10^{-10} \times 4)} = 9. \times 10^{-10}$$

ب۔

قأ ج = ۹ × ۱۰ ۹ شأ ش ج
ف

$$36. \text{ نیوتن} = \frac{1.0 \times 2 \times 1.0 \times 8}{(1.0 \times 2)} 1.0 \times 9 =$$

$$\frac{\text{ش ب ش ج}}{\text{ف}} \times 9 = \text{ق ب ج}$$

$$9. \text{ نیوتن ، تنافر} = \frac{9.10 \times 9.10 \times 2 \times 2}{(9.10 \times 2)} = 9.10 \times 9$$

$$Q_c = Q_a - Q_b = (360 - 90) = 270 \text{ نيوتن، لليسار}$$

تذکر

$$\begin{array}{l} 1 \text{ م} = 100 \text{ سم} \\ 1 \text{ م}^2 = 100 \times 100 \text{ سم}^2 \end{array}$$

۲ میکروکولوم

۸ میکروولوم

فی اج

ق ب ج

تذکر

القوة الكهربائية
كمية متجه تحدد
بمقدار و اتجاه

مثال (٢) :

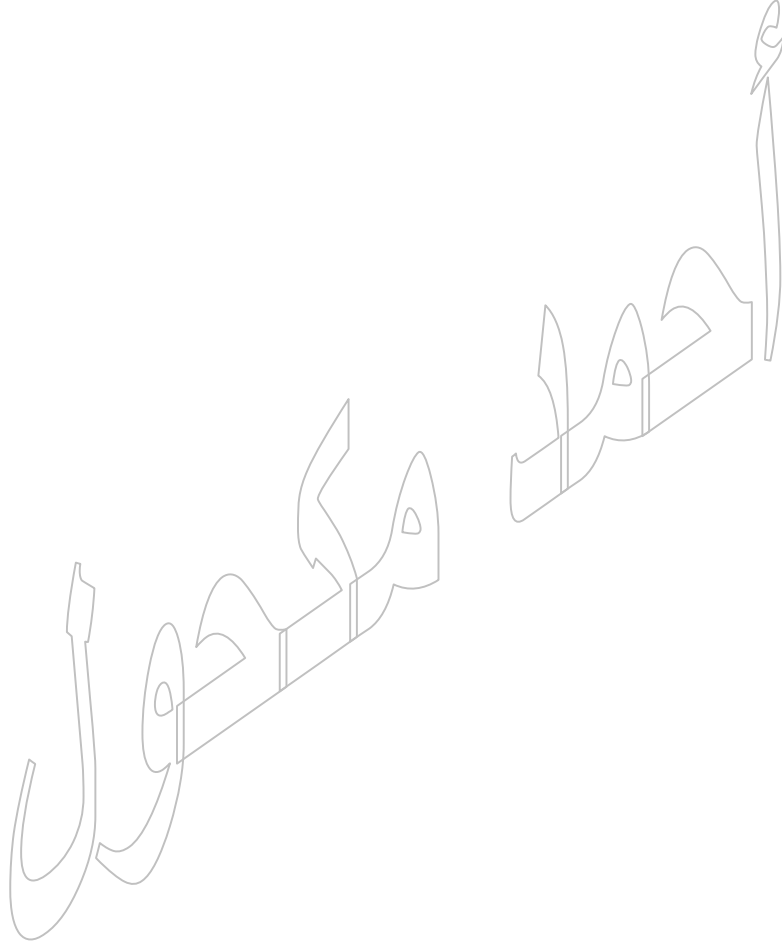
باستخدام قانون كولوم أثبت ان وحدة ثابت كولوم هي نيوتن . م^٢ / كولوم^٢ .

مثال (٣) :

أ ب ج قطعة مستقيمة فيها أ ب = ٣ سم , ب ج = ٣ سم . وضعت في الهواء و عند النقاط أ , ب , ج على الترتيب الشحنات +٤ نانو كولوم , +٥ نانو كولوم , -١٢ نانو كولوم . احسب القوة الكهربائية المؤثرة على كل من الشحنتين عند (أ) , (ب) .

مثال (٤) :

أ ب ج مثلث قائم الزاوية في (ب) وضعت عند رؤوسه (أ ، ب ، ج) على الترتيب الشحنات
الآتية 16×10^{-9} كولوم ، 1×10^{-9} كولوم ، 9×10^{-9} كولوم . احسب القوة الكهربائية المؤثرة على
الشحنة الموضوعه عند (ب) علما بأن أ ب = ٤ م ، ب ج = ٣ م ، و الشحنات موضوعة في
الهواء .



٤. المجال الكهربائي

المقصود بمجال أي شيء هو سيطرة أو تأثير ذلك الشيء . فإذا قلنا بأن شيء ما موجود في مجال شيء آخر فهذا يعني أن الشيء الأول خاضع لسيطرة و تأثير الشيء الثاني (المنتج لهذا المجال) .

وإن الشحنات الكهربائية تنشأ مجالا كهربائيا في الحيز الموجودة فيه بحيث تؤثر على كل شحنة أخرى موجودة في هذا المجال، والمجال الكهربائي هو الحيز الذي تظهر فيه تأثير القوة الكهربائية عند جميع النقاط الواقعة فيه، و يعتمد مقدار تأثير المجال عند نقطة معينة على موضع هذه النقطة في المجال الكهربائي .

المجال الكهربائي في نقطة ما : هي القوة الكهربائية التي يؤثر بها المجال في الشحنة موضوعة في تلك النقطة مقسوما على مقدار الشحنة .

و يعبر عنه رياضيا بالعلاقة التالية :

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

حيث أن :

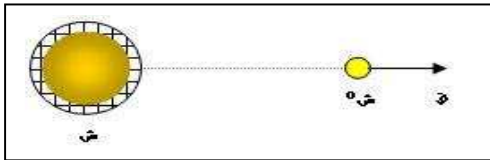
م : المجال الكهربائي ويقاس بوحدة نيوتن / كولوم .

ق: القوة المؤثرة على شحنة الاختبار الموجبة .

ش.: شحنة الاختبار الموجبة موضوعة عند النقطة المراد حساب المجال عندها .

ملاحظة :

المجال الكهربائي كمية متجهه، و يكون اتجاهه في نقطة ما باتجاه القوة المؤثرة في شحنة الاختبار الموجبة الموضوعة في تلك النقطة



حساب المجال الكهربائي لشحنة نقطية (ش)

$$E = \frac{F}{q}$$

بالتعويض في العلاقة السابقة

$$E = \frac{F}{q} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Qq}{r^2}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Q}{r^2}$$

$$m = 9 \times 10^9 \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

حيث أن:

- م : المجال الكهربائي لشحنة كهربائية .
 ش: الشحنة المراد حساب المجال الكهربائي الناشيء عنها .
 ف: بعد النقطة المراد حساب المجال الكهربائي عندها .

خطوات إيجاد المجال الكهربائي :

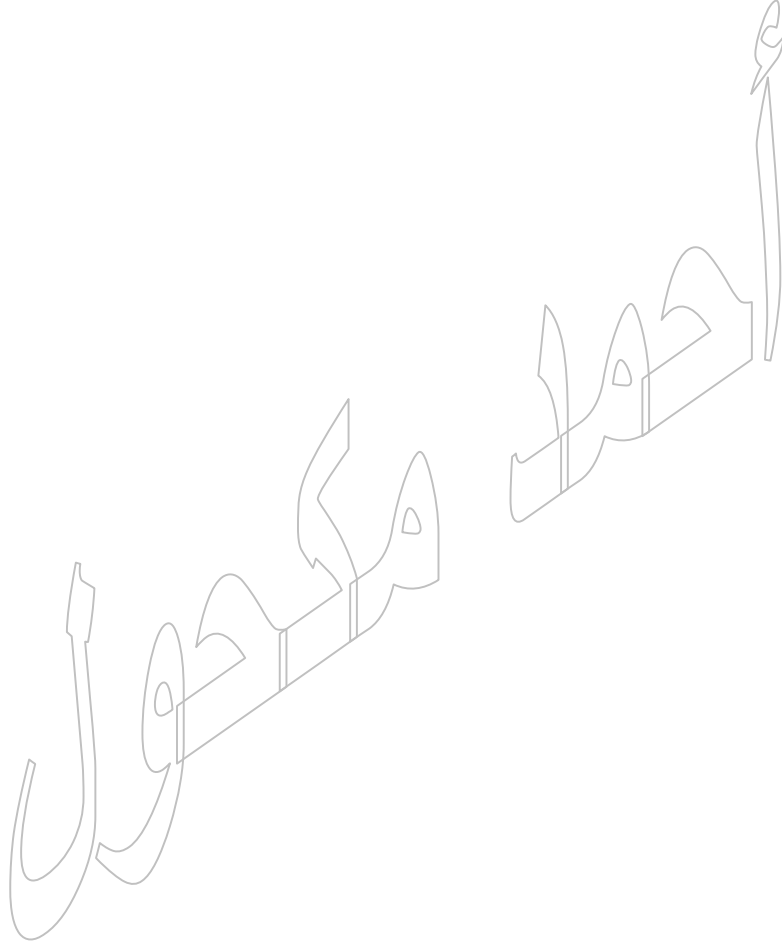
- ١- نطبق القانون السابق لكل شحنة من الشحنات .
 - ٢- نعين اتجاه المجال الكهربائي و ذلك عن طريق فرض شحنة اختبار موجبة موضوعة عند النقطة المراد حساب المجال عندها .
 - ٣- نجد مقدار المحصلة .
 - ٤- نجد اتجاه المحصلة .
- (تذكر ان المجال الكهربائي عبارة عن كمية متجهة تحدد بمقدار و اتجاه)

مثال: شحنتان نقطيتان مقدارهما ش_١ = +١٦ ميكروكولوم و ش_٢ = -٩ ميكروكولوم و تفصلهما في الهواء مسافة ١٠ سم ، احسب شدة المجال الكهربائي عند نقطة تقع في منتصف المسافة بينهما .

الحل :

مثال :

مثلث (أ ب ج) قائم الزاوية في (ب) وضع عند رأسيه (أ) و (ج) شحنتان :
ش_١ = + ٥ ميكروكولوم ، وش_٢ = - ٥ ميكروكولوم . أحسب المجال الكهربائي عند
النقطة (ب) ؟ (أ ب = ١٠ سم ، ب ج = ١٠ سم)



خطوط المجال الكهربائي :

تستخدم خطوط المجال الكهربائي للتعبير عن المجال الكهربائي للشحنة بصورة أبسط .

خط المجال الكهربائي : خط وهمي يمثل المسار الذي تسلكه شحنة اختبار موجبة حرة الحركة عند وضعها في المجال الكهربائي .

خصائص خطوط المجال الكهربائي :

(١) يكون اتجاه المجال خارج من الشحنة الموجبة وداخل في الشحنة السالبة
بحيث يكون :

أ- اتجاه المماس لخط المجال هو اتجاه المجال عند تلك النقطة .
ب- يتناسب كثافة خطوط المجال طردياً مع قيمة المجال الكهربائي .

خطوط متقاربة (مجال كبير) خطوط متباعدة (مجال صغير) .

(٢) يتناسب عدد خطوط المجال طردياً مع مقدار الشحنة .

(٣) خطوط المجال لا تتقاطع . **علل؟**

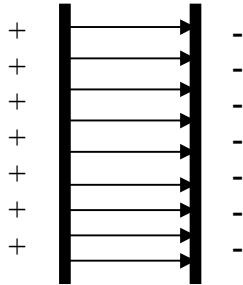
لأنه إذا تقاطع خطان من خطوط المجال فهذا يعني أن للمجال اتجاهين

مختلفين في نقطة واحدة وهذا مستحيل لأنه عند كل نقطة اتجاه واحد فقط .

أنواع المجال الكهربائي :

١- مجال كهربائي غير منتظم و هو مجال متغير المقدار والاتجاه عند كل نقطة ونحصل عليه من الشحنات النقطية.

٢- مجال كهربائي منتظم هو مجال ثابت المقدار والاتجاه عند كل نقطة فيه ونحصل عليه من وضع صفيحتين متوازيتين مشحونتين بشحنتين متساويتين مختلفتان في النوع .

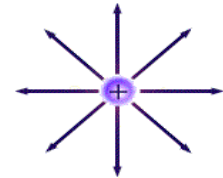
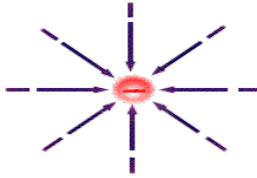
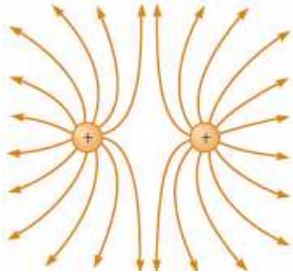


يكون المجال الكهربائي بين الصفيحتين مجالاً كهربائياً منتظماً .

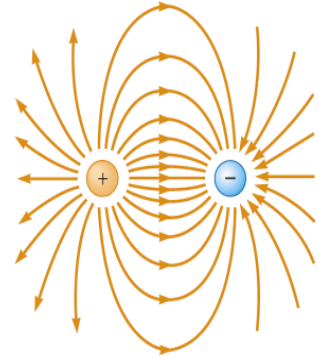
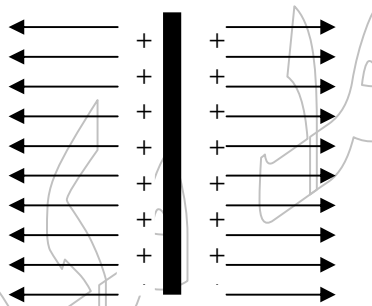
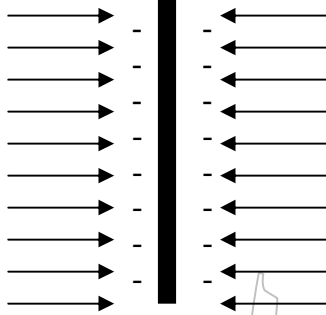
- تكون خطوط المجال الكهربائي عند الأطراف منحنية ، ويدل على أن المجال عند الأطراف غير منتظم .

رسم خطوط المجال الكهربائي :

- ١ - شحنة نقطية موجبة : ٢ - شحنة نقطية سالبة : ٣ - شحنتان متشابهتان



- ٤ - شحنتان مختلفتان : ٥ - لوح مشحون شحنة موجبة : ٦ - لوح مشحون شحنة سالبة :



سؤال ص ١٢٤ :

قام طالب برسم خطوط المجال الكهربائي لشحنة نقطية ، كما في الشكل (٤ - ٢١/أ) ، ولشحنتين كهربائيتين كما الشكل (٤ - ٢١/ب) .
في كل شكل يوجد خطأ، وضح الخطأ؟ فسر اجابتك .

الحل :

الشكل (أ) لأنه يجب أن تكون المسافات بين خطوط المجال الكهربائي لأي مقطع دائري متساوية ، و في الشكل الخطوط على اليمين متقاربة أكثر من الخطوط على اليسار .

الشكل (ب) خطوط المجال تتقاطع، و هذا خطأ لأنه اذا تقاطع خطان من خطوط المجال فهذا يعني أن للمجال اتجاهين مختلفين في نقطة واحدة وهذا مستحيل .

نقطة انعدام المجال الكهربائي :

إذا وضع جسم مشحون عند نقطة ما في مجال كهربائي ولم يتأثر بأي قوة كهربائية فان هذه النقطة تسمى نقطة انعدام المجال الكهربائي .

(اي ان محصلة المجال الكهربائي عندها صفر)

ينعدم المجال الكهربائي عند النقاط الآتية :

١ - نقطة على الخط الواصل بين شحنتين متشابهتين في النوع و مختلفتين في المقدار تكون بينهما و أقرب الى الشحنة الصغرى .

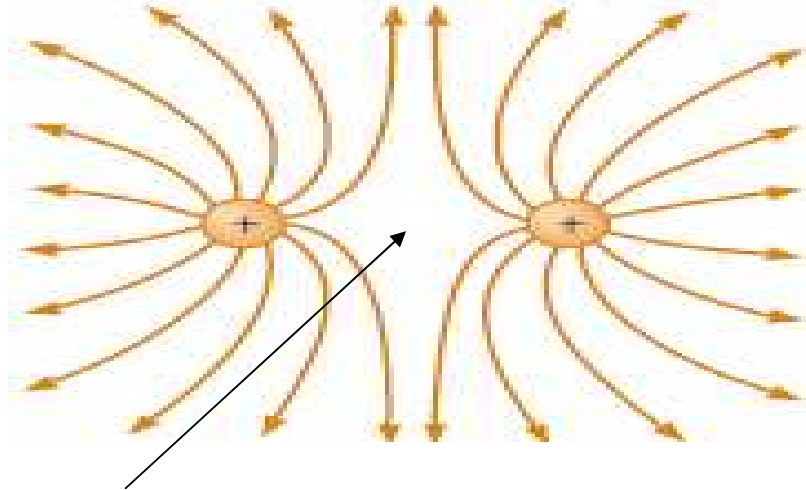
ملاحظة :

إذا كانت الشحنتين متساويتين في المقدار تكون نقطة انعدام المجال في منتصف المسافة بين الشحنتين .

٢ - نقطة على امتداد الخط الواصل بين شحنتين مختلفتين في النوع و مختلفتين في المقدار تكون خارجهما و أقرب الى الشحنة الصغرى .

ملاحظة :

ان نقطة انعدام المجال الكهربائي لا يمر بها خط المجال الكهربائي .



نقطة انعدام المجال الكهربائي

مثال :

شحنتان نقطيتان مقدارهما 4×10^{-6} كولوم ، 16×10^{-6} ، وضعتا في الهواء على بعد 60 سم من بعضهما . أوجد نقطة انعدام المجال الكهربائي في الحالة الآتية :

- ١- اذا كانت الشحنتان موجبتين .
- ٢- اذا كانت الشحنة الاولى موجبة و الثانية سالبة .

أحمد
مكحول

٥. التطبيقات

١- المرشحات الكهرسكونية :

ان المرشح يحتوي على أسلاك رفيعة مشحونة بشحنة سالبة ،تعمل على شحن دقائق الدخان بشحنة سالبة عند مرور الغازات الملوثة عبر المرشح ، تنجذب دقائق الدخان الى ألواح فلزية موجبة الشحنة عبر المرشح و تلتصق بها . و باستخدام مطرقة فلزية ميكانيكية يتم هز هذه الألواح لتجميع الدقائق في الأسفل و التخلص منها .

لذلك يتم استخدام هذه المرشحات في المصانع لحماية الهواء من التلوث، كما تستخدم في بعض المنازل و الاماكن العامة لتنقية الهواء من الغبار والدخان .

٢- آلة تصوير الوثائق:

ان مبدأ عمل آلة تصوير الوثائق يعتمد على الكهرباء السكونية، وهذا واضح من خلال الخطوات الآتية :

- ١- تحوي آلة التصوير على صفيحة تشحن بشحنة موجبة عند سقوط الضوء عليها .
- ٢- يسقط ضوء على الورقة المراد تصويرها فينعكس عن المناطق الفاتحة أو التي لا تحتوي نصا ولا ينعكس عن المناطق الغامقة ، و يسقط الضوء المنعكس عن الورقة على الصفيحة فتفقد الصفيحة شحنتها في المناطق التي يصلها الضوء ، و تبقى المناطق التي لا يصلها ضوء مشحونة ، مما يؤدي الى تكوين خيال كهرسكوني للورقة المراد تصويرها .
- ٣- يرش الحبر المشحون بشحنة سالبة على سطح الصفيحة فتتنجذب دقائق الحبر الى الشحنات الموجبة التي بقيت على الصفيحة التي تشكل النص المراد تصويره .
- ٤- تمرر و تضغط الورقة على الصفيحة ، فتلتصق دقائق الحبر بالورقة .
- ٥- تعرض الورقة للحرارة فتتصهر دقائق الحبر و تلتصق بالورقة ، ونحصل على ورقة طبق الأصل للورقة الاصلية .

حلول أسئلة الفصل

١- اذكر خصائص خطوط المجال الكهربائي ؟

الحل :

- أ- تخرج من الشحنة الموجبة و تدخل في السالبة .
- ب- اتجاه المماس عند أي نقطة على خط المجال يدل على اتجاه المجال عند تلك النقطة .
- ج- يتناسب عدد خطوط المجال الخارجة من الشحنة الموجبة أو الداخلة في الشحنة السالبة تناسب طردي مع مقدار الشحنة .
- د- خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع .

٢- فسر ما يلي :

- أ- سرعان ما يتجمع الغبار على النافذة من الزجاج بعد مسحها بقطعة قماش .
- ب- عند ذلك بالون بالصوف و تقريبه من حائط ، يلتصق البالون بالحائط .
- ج- خطوط المجال الكهربائي ، تكون دائما خارجة من الشحنة الموجبة و داخلة في الشحنة السالبة .

الحل :

- أ - عد مسح الزجاج بقطعة قماش يفقد الزجاج بعض الالكترونات و يصبح مشحونا بشحنة موجبة و يعمل بدوره على شحن دقائق الغبار بالحث بشحنة سالبة ، و بفعل قوى التجاذب و نظرا لخفة دقائق الغبار فانها تنجذب من الزجاج وتعلق به.
- ب- عند ذلك بالون بالصوف ، فان البالون يكسب الالكترونات و يصبح سالب الشحنة، وعند تقريبه من الحائط فان المنطقة المقابلة له تشحن بشحنة موجبة، وبفعل قوى التجاذب، و نظرا لخفة البالون، فانه يلتصق بالجدار .
- ج- لأن خط المجال الكهربائي هو المسار الذي تسلكه شحنة اختبار موجبة حرة الحركة. وبما أن الشحنات المتشابهة تتنافر و الشحنات المختلفة تتجاذب، لذلك تكون دائما خارجة من الشحنة الموجبة و داخلة في الشحنة السالبة .

٣- في آلة تصوير الوثائق ، ما الهدف من كل مما يأتي :

- أ – اسقاط الضوء المنعكس عن الورقة المراد تصويرها على الصفحة المشحونة .
 ب – شحن دقائق الحبر بشحنة مخالفة لشحنة الصفيحة .

الحل :

- أ- لأنه ينعكس عن المنطقة الفاتحة والتي لا تحتوي نصا أو رسما ولا ينعكس عن المناطق المعتمة، ويسقط الضوء المنعكس عن الورقة على الصفيحة، فتفقد الصفيحة شحناتها في المناطق المضيئة ، بينما تبقى المناطق المعتمة مشحونة، مما يسبب تكوين خيال كهرسكوني للورقة المراد تصويرها.
 ب- و ذلك كي تنجذب دقائق الحبر الى الشحنات الموجبة الموجودة على الصفيحة التي تشكل النص المراد تصويره .

٤- وضعت ثلاث قطع ورقية من الألمنيوم (الاولى موجبة والثانية سالبة والثالثة متعادلة) على قاعدة عازلة، لاحظ الشكل (٤ - ٢٦)، ثم وضع فوقها قضيب بلاستيكي مشحون بشحنة سالبة. أي القطع الثلاث ستجذب للقضيب ؟ فسر اجابتك.

الحل :

- ١- القطعة الموجبة تنجذب الى قضيب البلاستيك المشحون بشحنة سالبة، لان الشحنات المختلفة تتجاذب .
- ٢- القطعة السالبة تتنافر مع قضيب البلاستيك ، لان الشحنات المتشابهة تتنافر .
- ٣- القطعة المتعادلة تشحن بالحث ، بحيث يتم شحن السطح المواجه للقضيب البلاستيكي بشحنة موجبة و تنجذب من القضيب .
- ٥- ذلك قضيب من مادة عازلة بمادة ما، ثم قرب من قرص كشاف كهربائي مشحون بشحنة موجبة ، لاحظ الشكل (٤ - ٢٧)، فوحظ زيادة في انفراج ورقتي الكشاف . هل فقد القضيب أم اكتسب الكثرونات خلال عملية ذلك ؟ فسر اجابتك.

لماذا ازداد انفراج ورقتي الكشاف ؟

الحل :

القضيب فقد الكثرونات، وذلك لانه عند ذلك القضيب بمادة عازلة، فانه يفقد الكثرونات و يصبح مشحونا بشحنة موجبة، و دليل ذلك أنه عند تقريب القضيب من قرص الكشاف المشحون بالشحنة الموجبة فانه عمل على شحنه بالحث، وحسب قانون كولوم و بفعل قوى التجاذب اندفعت شحنات سالبة من الورقتين الى القرص فازداد مقدار الشحنة الموجبة على الورقتين ، مما سبب زيادة في انفراج ورقتي الكشاف .

٦- معتمدا على الشكل (٤ - ٢٨) ، الذي يمثل خطوط المجال الكهربائي لشحنتين

نقطيتين أجب عما يلي :

أ - ما نوع كل شحنة ؟

ب - ما نسبة الشحنة الاولى الى الثانية ؟

الحل :

أ- الشحنة الكبرى (ش_١) موجبة ، الشحنة الصغرى (ش_٢) سالبة .

ب- عدد الخطوط الخارجة من الموجبة = ١٨ خط .

عدد الخطوط الداخلة في السالبة = ٦ خط .

$$١ : ٣ = \frac{\text{ش}_١}{\text{ش}_٢} \quad \leftarrow \quad ٣ = \frac{١٨}{٦} = \frac{\text{ش}_١}{\text{ش}_٢}$$

٧- في الشكل (٤ - ٢٩ أ /) شحنتان نقطيتان مقدار كل منهما (ش) كولوم ، و القوة

المتبادلة بينهما (ق) نيوتن . حدد مقدار و اتجاه القوة المؤثرة في كل شحنة في

الاشكال (٤ - ٢٩ ب /) ، (٤ - ٢٩ ج /) ، و ذلك بدلالة القوة (ق) .

الحل :

بالاعتماد على الشكل (٤ - ٢٩ أ /) نجد أن

$$ق = \frac{\text{ش}_١ \times \text{ش}_٢}{ف} = \frac{١٠ \times ٩}{٩} = ١٠ \times ٩ = ق \quad \leftarrow \quad \frac{\text{ش}_٢}{ف} = ١٠$$

الان نجد القوة في الشكل (٤ - ٢٩ ب /)

$$ق = \frac{\text{ش}_١ \times \text{ش}_٢}{ف} = \frac{١٠ \times ٩}{٩} = ١٠ \times ٩ = ق \quad \leftarrow \quad \frac{\text{ش}_٢}{ف} = ١٠$$

$$\leftarrow ق = ٢ ق \quad \text{تنافر .}$$

نجد القوة في الشكل (٤ - ٢٩ ج /) :

$$ق = \frac{\text{ش}_١ \times \text{ش}_٢}{ف} = \frac{١٠ \times ٩}{٩} = ١٠ \times ٩ = ق \quad \leftarrow \quad \frac{\text{ش}_٢}{ف} = ١٠$$

$$\leftarrow ق = \frac{ق}{٢} \quad \text{تنافر .}$$

٨- يبين الشكل (٤ - ٣٠) خطوات شحن كرتين موصلتين متماثلتين بطريقة الحث ، بشحنتين متساويتين في المقدار و مختلفتين في النوع :

أ- معتمدا على الشكل ، و متتبعا الخطوات من (أ الى د) ، بين كيف أصبحت الكرتان مشحونتين ؟
ب- اذا كان لديك كرتان موصلتان متماثلتان و قضيب بلاستيكي و قطعة صوف ، ماذا تفعل لت شحن الكرتين بشحنتين متساويتين في المقدار من النوع نفسه ؟
الحل :

أ- عند تقريب القضيب المشحون بشحنة سالبة من الكرة (أ) الملامسة للكرة (ب) و المتماثلتان ، فان الشحنات السالبة في الكرتين تتنافر مع شحنة المؤثر السالبة فتبتعد الى السطح البعيد للكرة (ب) فيصبح سالبا ، وبالتالي فان السطح القريب للكرة (أ) من المؤثر يصبح موجبا ، أي تشحن الكرتان بالحث و من ثم يتم فصل الكرتين عن بعضهما بواسطة الحامل العازل بوجود المؤثر (القضيب) ، زمن ثم يتم ابعاد المؤثر فتتوزع الشحنات على السطح الخارجي للكرتين و تصبح الكرتان مشحونتين بشحنتين متساويتين مقدارا و مختلفتين نوعا .

ب- لشحن كرتين متماثلتين بشحنتين متساويتين مقدارا و متماثلتين نوعا نتبع الخطوات الاتية :

- ١- نذلك قضيب البلاستيك بقطعة الصوف ، فيصبح مشحونا بالشحنة السالبة .
- ٢- نقرب القضيب من الكرة الاولى فيعمل على شحنها بالحث ، بحيث يشحن الطرف القريب بشحنة موجبة و الطرف البعيد بشحنة سالبة .
- ٣- نصل الكرة بالارض مع بقاء المؤثر (القضيب البلاستيكي) فتتفرغ الشحنة المطلقة السالبة في الارض .
- ٤- نفصل الكرة عن الارض و من ثم نبعد المؤثر و تصبح الكرة الاولى مشحونة بشحنة موجبة دائما .
- ٥- نضع الكرتين على قاعدة عازلة ، زمن ثم نلامس الكرتين الاولى المشحونة بالثانية غير المشحونة .
- ٦- تعمل الكرة الاولى المشحونة على شحن الكرة الثانية باللمس ، بحيث تتوزع الشحنة الموجبة بين الكرتين بالتساوي لأنهما متماثلتين .
- ٧- نفصل الكرتين عن بعضهما ، و تصبح الكرتان مشحونتين بشحنتين متساويتين في المقدار و من نفس النوع .

٩- اذا كانت المسافة بين شحنتين كهربائيتين نقطيتين متماثلتين (٠.١) م ، و القوة المتبادلة بينهما تساوي (٢٧ × ١٠^{-٩}) نيوتن ، ما مقدار شحنة كل منهما ؟
الحل :

$$q = 9 \times 10^{-9}$$

ش_١ ش_٢

ش_١ = ش_٢ = ش (لأن الشحنتين متماثلتين)

$$27 \times 10^{-9} = \frac{q^2}{0.1^2} \quad \leftarrow \quad 3 \times 10^{-16} = q^2$$

$$q = \pm 1.73 \times 10^{-8} \text{ كولوم}$$

١٠- كرتان فلزيتان متماثلتان ، الأولى مشحونة بشحنة (٦ -) ميكروكولوم ، والثانية غير مشحونة تلامست الكرتان ثم فصلتا و وضعتا على بعد (٦٠) سم من بعضهما، احسب القوة المتبادلة بينهما ؟

الحل :

$$\sum \text{ش قبل} = \sum \text{ش بعد}$$

$$٦ - ١٠ \times ٦ = \text{ش}_١ + \text{ش}_٢$$

$$\text{ش}_١ = \text{ش}_٢ = \text{ش} \quad (\text{لان الكرتين متماثلتان})$$

$$٦ - ١٠ \times ٦ = \text{ش}_٢ = \text{ش} \quad \leftarrow \text{ش} = - ٣ \times ١٠^{-٦} \text{ كولوم}$$

$$\text{ق} = \frac{٩ \times ١٠^{-١٢}}{٣٦ \times ١٠^{-١٢}} \quad \leftarrow \text{ق} = ٩ \times ١٠^{-٩} \quad \text{ش}_٢ = \frac{٩ \times ١٠^{-١٢}}{٣٦ \times ١٠^{-١٢}}$$

$$\leftarrow \text{ق} = ٢٢٥ \cdot \text{نيوتن}.$$

١١- يبين الشكل (٤ - ٣١) ترتيب خمس مواد حسب قابليتها لفقد الالكترونات . معتمدا على الشكل ، أجب عن الأسئلة الآتية :

- أ- اذا دلكت المادة (ب) بالمادة (د) ، أيهما ستتشحن بشحنة موجبة ؟
 ب- ما المادتان اللتان تولدان أكبر كمية ممكنة من الشحنات عند دلكهما معا ؟
 ج- اذا دلك قضيب من المادة (ج) بالمادة (أ) ، و ذلك قضيب اخر من المادة (ج) أيضا بالمادة (هـ) ، ثم قرب القضيبان من بعضهما ، فهل يتنافران أم يتجاذبان ؟

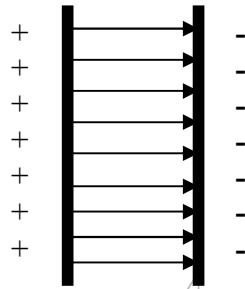
الحل:

- أ - عند ذلك المادة (ب) المادة (د) و حيث ان اتجاه السلسلة من أعلى الى أسفل يشير الى نقصان قابلية فقد الالكترونات ، لذا فان المادة (د) تميل الى كسب الالكترونات و تصبح مشحونة بشحنة سالبة ، و المادة (ب) تميل الى فقد الالكترونات و تصبح مشحونة بشحنة موجبة .
 ب - المادتان اللتان تولدان أكبر كمية ممكنة من الشحنات عند دلكهما معا هما (أ ، هـ)
 ج - عند ذلك القضيب الأول من المادة (ج) بالمادة (أ) فان القضيب يكسب الكترونات و يصبح مشحونا بشحنة موجبة ، و عند تقريب القضيبين من بعضهما فانهما يتجاذبان .

١٢- صفيحتان متوازيتان مشحونتان بشحنتين متساويتين مقداراً و مختلفتين في النوع ، (أ) و (ب) نقطتان في الحيز بين اللوحين ، لاحظ الشكل (٤ - ٣٢) . وضعت شحنة (٥ -) ميكروكولوم عند النقطة (أ) ، فتأثرت بقوة كهربائية مقدارها (١٩ × ١٠^{-٣}) نيوتن لأسفل .

أجب عما يأتي :

- أ- ارسم خطوط المجال الكهربائي في الحيز بين اللوحين .
 ب- أحسب المجال الكهربائي عند النقطة (أ) .
 ج- ما مقدار و اتجاه القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة (٦ -) ميكروكولوم عندما توضع في النقطة (ب) .



الحل :
 أ -

$$\text{ب - م} = \frac{Q}{S} = \frac{19 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-2}} = \frac{3800 \text{ نيوتن / كولوم}}{10 \times 10^{-2}}$$

$$\text{ج - ق} = \text{م} \times \text{ش} \leftarrow \text{ق} = 10^{-6} \times 6 \times 3800$$

$$\leftarrow 228 \times 10^{-4} \text{ نيوتن (باتجاه الصفيحة الموجبة)}$$

١٣- في الشكل (٤ - ٣٣) شحنتان نقطيتان موجبتان ، المسافة بينهما (٦) سم . إذا كانت ش_١ = ش_٢ = ٩ × ١٠^{-٩} كولوم :

أ- احسب المجال الكهربائي عند :

- ١- النقطة (س) التي تبعد عن الشحنة الأولى (٣) وإلى اليمين منها ؟
 ٢- النقطة (ص) التي تقع في منتصف المسافة بين الشحنتين ؟
 ب- ماذا لو كانت الشحنة الأولى موجبة و الثانية سالبة ، ما الذي سيتغير في اجابتك عن الفرعين السابقين ؟

الحل : ١ -

$$\text{مس} = \text{م}_١ + \text{م}_٢ \leftarrow \frac{\text{ش}_١}{\text{ف}_١} \times ٩ \times ١٠ + \frac{\text{ش}_٢}{\text{ف}_٢} \times ٩ \times ١٠ =$$

$$\left(\frac{٩ \times ١٠ \times ٩ \times ٩}{٩ \times ١٠ \times ٨١} \right) + \left(\frac{٩ \times ١٠ \times ٩ \times ٩}{٩ \times ١٠ \times ٩} \right) =$$

$$= ٩ \times ١٠ + ١ \times ١٠ = ١٠ \times ١٠ \text{ نيوتن / كولوم . (باتجاه اليمين)}$$

٢ -

$$\text{مص} = \text{م}_١ - \text{م}_٢ \leftarrow \frac{\text{ش}_١}{\text{ف}_١} \times ٩ \times ١٠ - \frac{\text{ش}_٢}{\text{ف}_٢} \times ٩ \times ١٠ =$$

$$\left(\frac{٩ \times ١٠ \times ٩ \times ٩}{٩ \times ١٠ \times ٩} \right) - \left(\frac{٩ \times ١٠ \times ٩ \times ٩}{٩ \times ١٠ \times ٩} \right) =$$

مص = صفر (اذن ص هي نقطة التعادل) .

ب- اذا كانت الشحنة الاولى موجبة و الشحنة الثانية سالبة ، عندئذ تكون محصلة المجال الكهربائي عند النقطة (س) فرق (طرح) المجالين ، أي أن :

$$\text{مس} = \text{م}_١ - \text{م}_٢ \leftarrow \text{مس} = ٩ \times ١٠ - ١ \times ١٠$$

$$\text{مس} = ٨ \times ١٠ \text{ نيوتن / كولوم . (باتجاه اليمين)}$$

واذا كانت الشحنة الاولى موجبة و الشحنة الثانية سالبة فعندئذ تكون محصلة المجال الكهربائي عند النقطة (ص) مجموع المجالين ، أي أن :

$$\text{مص} = \text{م}_١ + \text{م}_٢ \leftarrow \text{مص} = ٩ \times ١٠ + ٩ \times ١٠$$

$$\text{مص} = ١٨ \times ١٠ \text{ نيوتن / كولوم . (باتجاه اليسار)}$$

١٤- وضعت ثلاث شحنات نقطية (٣ ، ٢ - ، ١) ميكروكولوم عند رؤوس المثلث أ ، ب ، ج ، على الترتيب كما في الشكل (٤ - ٣) . احسب مقدار و اتجاه القوة المؤثرة في الشحنة الموضوعة في النقطة (ب) ؟

الحل :
$$\frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-16} \times 3 \times 10^{-16} \times 2 \times 10^{-16}}{25 \times 10^{-4}} = \text{قأب} \leftarrow \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-16}}{25 \times 10^{-4}} = \text{قأب}$$

قأب = 21.6 نيوتن .

$$\frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-16} \times 1 \times 10^{-16} \times 2 \times 10^{-16}}{4 \times 10^{-4}} = \text{قأب ج} \leftarrow \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-16}}{4 \times 10^{-4}} = \text{قأب ج}$$

قأب ج = 45 نيوتن .

$$\sqrt{20.20 + 466.56} \leftarrow \sqrt{\text{قأب}^2 + \text{قأب ج}^2} = \text{قأب}$$

قأب = 50 نيوتن .

$$\theta = 20.6^\circ \leftarrow \theta = \frac{21.6}{45} = 0.48$$