إهداء هذا العمل المتواضع الى طلابي الغاليين على قلبي جداً في مدارس تقارب

www.awa2el.net

الوحدة الثانية : المجال الكهربائي

الدرس الأول قانون كولوم

أولاً: معلومات اساسية

A النموذج الذري الحديث :

مكونات الذرة :

- مكونات النواة ، تحتوي على بروتونات (p) موجبة الشحنة (+) ونيوترونات (n) متعادلة كهربائياً (±)
- مكونات الهدارات ، حول النواة تدور بها الالكترونات (e) سالبة الشحنة (−)

ملاحظة :- وُجد ان شحنة الالكترون تساوي شحنة البروتون

$$Q_p = Q_e$$

$$+1.6\times10^{-19}\,C = -1.6\times10^{-19}\,C$$

اصغر شحنة في الطبيعة (الشحنة الاساسية) شحنة الالكترون

الشحنة في احدى خصائص المادة وتقاس بوحدة الكولوم (C) .

الذرة المتعادلة كهربائياً في الذرة التي يكون فيها:

{ عدد e = عدد p }

* تنتج عملية الشحن الكهربائي للأجسام عن إحداث عدم توازن في توزيع الشحنات الكهربائية عليها .

الجسم المتعادل اذا

- فقد الالكترونات ← سالبة
- كسب الالكترونات ← موجبة
- تصبح متعادلة

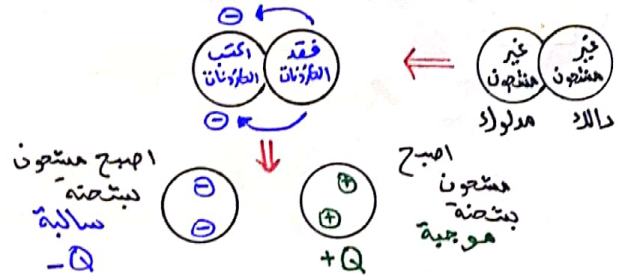
B طريقة الشحن الكهربائي :

- الشحن بالدلك ← تستخدم في شحن الأجسام العازلة
- الشحن بالتوصيل ← تستخدم في شحن الاجسام الموصلة
- الشحن بالحث ← تستخدم في شحن الاجسام الموصلة باستخدام جسم مشحون موصل او عازل

---

1 الشحن بالدلك Charging by rubbing :

عملية دلك جسم مع جسم آخر ، ينتج عن هذه العملية انتقال الإلكترونات من سطح أحد الجسمين الى سطح الجسم الآخر .



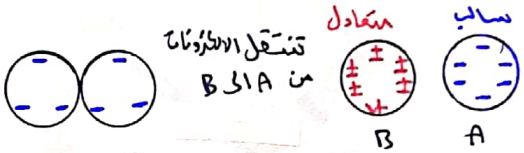
ومن الامثلة على ذلك :
دلك العنبر المطاطي بقطعة من الفرو
دلك مسطرة بلاستيكية بقطعة من الصوف او الفرو

معلومة :- ان فقدان الالكترونات او اكتسابها يعتمد على طبيعة المادة وتحديداً على قوة الربط (التجاذب) بين الالكترونات السالبة في المستويات البعيدة و نواة الذرة الموجبة حيث تختلف قوة الربط في الذرة من ذرة الى اخرى لذلك تعتبر صفة مميزة للذرات .

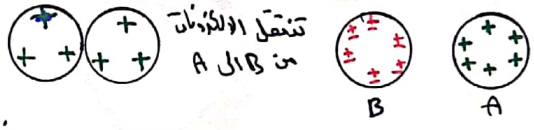
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

2 الشحن بالتوصيل Charging by conduction

عملية ملامسة جسم مشحون مع آخر متعادل فيحدث انتقال للشحنات الكهربائية بين الجسمين



www.awa2el.net

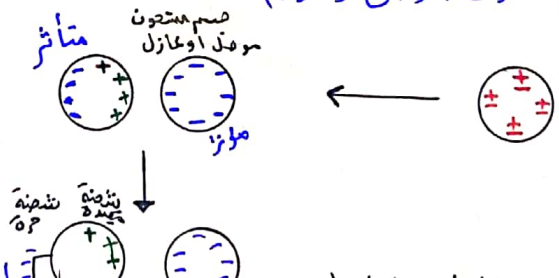


ومن الأمثلة : ملامسة موصل كروي لمولد فان دي غراف

ملاحظة : بعد عملية التوصيل شحنة الجسمين متشابهتان

3 الشحن بالحث Charging by induction

عملية تشحن جسم موصل متعادل ، عن طريق تقريب جسم مشحون (موصل أو عازل) منه من دون ملامسته .



بعد عملية التعويض تفصل الموصل عن الارض ثم نبعد المؤثر

ملاحظة دائماً بعد عملية الشحن بالحث شحنة المؤثرة والمتأثر مختلفتان

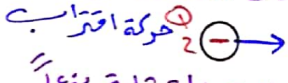
الملاحظة : الشحنات الكهربائية توجد على شكل كمات محددة من مضاعفات متحنة الالكترون

توضيح رياضي فقط: شحنة الجسم = ن × شحنة الالكترون

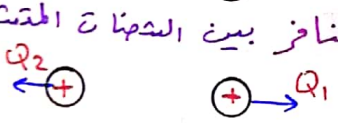
ن عدد صحيح موجب ويمثل (ن) عدد الالكترونات المفقودة او المكتسبة

ثانياً : القوة الكهربائية وقانون كولوم

عند وضع جسمين مشحونين على مسافة (r) من بعضها تنشأ بينهم قوة كهربائية حيث تنشأ قوة تجاذب بين الشحنات المختلفة نوعاً



تنافر بين الشحنات المتشابهة نوعاً



ملاحظة :- وجد بالتجربة ان القوتين المؤثرتين في كلا الشحنتين هما قوتان متساويتان مقداراً ومتعاكستان اتجاها فهما قوتا فعل ورد فعل حسب القانون الثالث لنيوتن ويمكن وصفهما بالقوة المتبادلة بين الشحنتين .

نص قانون كولوم :

مقدار القوة الناشئة بين شحنتين نقطيتين يتناسب طردياً مع حاصل ضرب الشحنتين ، وعكسياً مع مربع المسافة بينهما .

ويعبر عنه رياضياً بالعلاقة :

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

www.awa2el.net

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

سؤال :- ما العوامل التي تعتمد عليها القوة الكهربائية الناشئة بين شحنتين ؟

١. مقدار كل من الشحنتين Q_1 و Q_2 "طرديا"
٢. مربع المسافة الفاصلة بين الشحنتين (r^2) "عكسيا"
٣. السماحية الكهربائية للوسط (ϵ) "عكسيا"

يمثل الرمز ϵ_0 : السماحية الكهربائية للفراغ
ومقداره : $\epsilon = 8.85 \times 10^{-12} \ C^2/Nm^2$

السماحية الكهربائية للوسط : خصيصة للمادة العازلة للكهرباء تعبر عن قابلية ذراتها للاستقطاب عند تعرضها لمجال كهربائي .

يعبر عن الثوابت جميعها في قانون كولوم بثابت واحد يرمز له بالرمز K

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \ Nm^2/C^2$$

وعليه تصبح العلاقة

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

يقتصر تطبيق قانون كولوم عندما تكون الشحنات الكهربائية نقطية .

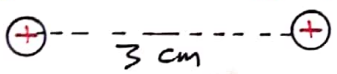
الشحنة النقطية : - هي شحنة كهربائية موجودة في نقطة .
يمكن التعامل مع الشحنات التي تحملها أجسام ابعادها صغيرة جداً ومهملة بالنسبة إلى المسافات بين الأجسام نفسها على انها شحنات نقطية .

امثلة على الشحنات النقطية :
* الالكترون والبروتون .
* الايونات الموجبة و الايونات السالبة .
* الاجسام الكروية المشحونة التي تتوزع الشحنات عليها بشكل منتظم تعد شحنات نقطية بالنسبة الى المناطق الواقعة خارج هذه الجسيمات الكروية .

امثلة وتمارين على قانون كولوم

مثال 1 شحنتان نقطيتان موجبتان تقعان على محور (X) في الهواء ، بحيث تفصلهما مسافة (3 cm) كما في الشكل .
بالاعتماد على المعلومات المثبتة على الشكل جد ما يلي :

1) مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة الأولى و اتجاهها .
2) مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة الثانية و اتجاهها .
3) مقدار القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين وعدد نوعها .



الاجابة

1) $F_{21} = \frac{K Q_2 Q_1}{r^2} = \frac{9\times10^9 (2\times10^{-6})(4\times10^{-6})}{(3\times10^{-2})^2}$

$= 80 \ N$ ، $+X$

2) $F_{12} = \frac{K Q_1 Q_2}{r^2} = 80 \ N$ ، $-X$

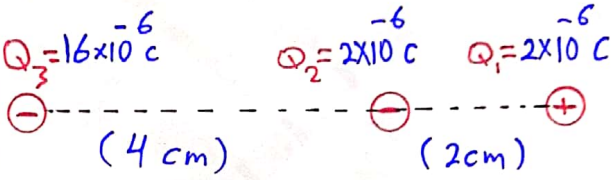
3) $F = 80 \ N$ ، تناحر

لاحظ : $\vec{F_{21}} = -\vec{F_{12}}$

www.awa2el.net

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مثال 2 (3) شحنات تقع جميعها على محور (X) في الهواء، يُبيّن الشكل مقاديرها وأنواعها والمسافات الفاصلة بينها. أوجد مقدار القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة (Q_2) وحدد اتجاهها.



www.awa2el.net

الاجابة

خطوات الحل على 3 شحنات

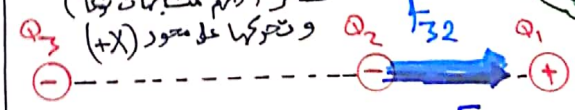
وجود (3) شحنات أو أكثر في الشكل وطلب القوة المؤثرة على احدهم هذا يعني وجود أكثر من قوة وهنا ربطا مع علم المتجهات

الحل على المتجهات مفتاحه 3 خطوات

1. نخطط: نخطط القوى فقط على الشحنة المطلوبة على فرض انها متحركة والأخرى ساكنات
2. نشعب: F_2 ← F_{12} = ، F_{32} = (نقوم بالحساب)
3. نستبدل: من خلال علم المحصلة كما تعلمنا

الطبقة الأولى: نخطط

الشحنة الثالثة ستؤثر على الثانية بقوة تنافر (لانهم متشابهات نوعاً) وتتحركها على محور (+X)



F_{12}

الشحنة الأولى ستؤثر على الثانية بقوة تجاذب وتتحركها على محور (+X)

من الأنر

F_{32} →

F_{12} →

F_2 ← $F_{12} = K\frac{Q_1Q_2}{r_{12}^2} = \frac{9\times10^9(2\times10^{-6})(2\times10^{-6})}{(2\times10^{-2})^2}$

$= 9\times10^1 = 90\ N.(+X)$

$F_{32} = \frac{KQ_3Q_2}{r_{32}^2} = \frac{9\times10^9(16\times10^{-6})(2\times10^{-6})}{(4\times10^{-2})^2}$

الطبقة الثانية: التشعب

$= 180\ N.(+X)$

لأن القوتان في نفس الاتجاه

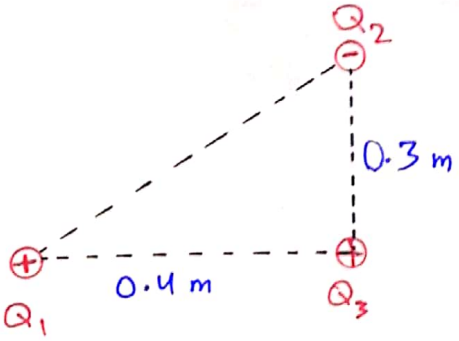
الطبقة الثالثة: نستبدل

$F_2 = F_{12} + F_{32} = 90 + 180$

$= 270\ N.(+X)$

مع خالص امنياتي لكم أحبائي بالتوفيق

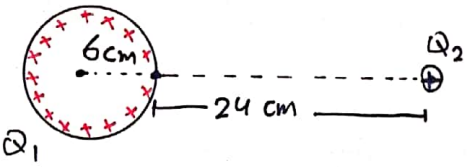
مثال 3 (3) شحنات موجبة في الهواء، بحيث تشكل معاً مثلثاً قائم الزاوية، كما في الشكل اذا علمت ان الشحنة الأولى (16×10^{-9} C) والشحنة الثانية (9×10^{-9} C) والشحنة الثالثة (1×10^{-9} C) احسب مقدار القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة الثالثة وحدد اتجاهها.



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الموصلات المشحونة
Charged Conductors

مثال 4 كرة نحاسية مفرغة نصف قطرها 6 cm شحنت بشحنة مقدارها 6 μC وضعت بالقرب منها وعلى بعد (24 cm) من سطحها شحنة نقطية مقدارها (2×10^{-12} C) كما في الشكل. جد مقدار القوة التي تؤثر بها الكرة في الشحنة النقطية.



الاجابة في حالات الموصلات الكروية فإن المسافة تؤخذ من مركز الموصل الكروي. لانه يوجد وهمية هامة

اذا اعطانا المسافة بين الشحنة النقطية ومركز الموصل الكروي " يبحي ستركز " " اي تعتمد ✓

اذا اعطانا المسافة بين الشحنة النقطية وسطح الموصل الكروي " مش عليها " " نجمعها مع نصف القطر R+

$$F_{12}=\frac{KQ_1Q_2}{r_{12}^2}=\frac{9\times10^9(6\times10^{-6})(2\times10^{-12})}{(24\times10^{-2}+6\times10^{-2})}$$

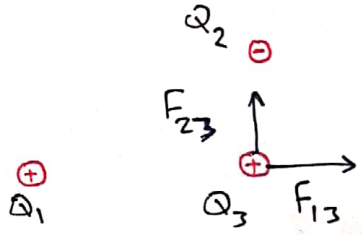
$$=\frac{9\times10^9(6\times10^{-6})(2\times10^{-12})}{(30\times10^{-2})}$$

900×10^{-4} → 9×10^{-2}

$$=\frac{9\times10^9\ 6\times10^{-6}\ (2\times10^{-12})}{9\times10^{-2}}$$

$$=12\times10^{-7}\ N\ +X$$

الاجابة



$$F_{13}=\frac{KQ_1Q_3}{r_{13}^2}=\frac{9\times10^9(16\times10^{-9})(1\times10^{-9})}{(0.4)^2}$$

$$=\frac{9\times10^9(16\times10^{-9})(1\times10^{-9})}{16\times10^{-2}}$$

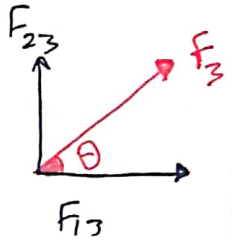
$$=9\times10^{-7}\ N$$

$$F_{23}=\frac{KQ_2Q_3}{r_{23}^2}=\frac{9\times10^9(9\times10^{-9})(1\times10^{-9})}{9\times10^{-2}}$$

$$=9\times10^{-7}\ N$$

$$F_3=\sqrt{F_{13}^2+F_{23}^2}=\sqrt{(9\times10^{-7})^2(9\times10^{-7})^2}$$

$$=\sqrt{162\times10^{-14}}=\sqrt{162}\times10^{-7}\ N$$



$$\tan\theta=\frac{F_{23}}{F_{13}}=\frac{9\times10^{-7}}{9\times10^{-7}}=1$$

$$\theta=\tan^{-1}(1)$$

$$\theta=45^\circ$$

لاحظ بأن القوة المحصلة تميل عن كل قوة بمقدار 45° درجة لان القوتان متساويتان.

www.awa2el.net

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

(صفحة 66) مراجعة الدرس (1)

1. **الفكرة الرئيسة:**

ينصّ قانون كولوم على أنّ القوّة الناشئة بين شحنتين نقطيتين في الفراغ تتناسب طرديًّا مع حاصل ضرب الشحنتين، وعكسيًّا مع مربّع البعد بينهما.

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

2. **الشحن بالدلك:** دلك جسم مع آخر، ينتج عنه انتقال الإلكترونات من سطح أحد الجسمين إلى سطح الجسم الآخر؛ فيُصبح الجسم الفاقد للإلكترونات موجب الشحنة، ويُصبح الجسم المكتسب للإلكترونات سالب الشحنة.

www.awa2el.net

الشحن بالتوصيل: ملامسة جسم مشحون مع آخر متعادل؛ فيحدث انتقال للشحنات الكهربائية بين الجسمين. فإذا كان الجسم المشحون سالب الشحنة، انتقلت بعض الإلكترونات منه إلى الجسم المتعادل؛ فأصبح الجسمان سالبين. وإذا كان الجسم المشحون موجب الشحنة، انتقلت إليه بعض الإلكترونات من الجسم المتعادل؛ فأصبح الجسمان موجبين.

الشحن بالحث: تقريب جسم مشحون (موصل أو عازل) من جسم متعادل من دون ملامسته، فيُعاد توزيع الشحنات على طرفي الجسم الموصل المتعادل، بحيث تنحاز الشحنات السالبة إلى جهة محدّدة من الجسم لتُشكّل طرفًا سالبًا، تاركة الطرف الآخر موجب الشحنة، ويكون هذا التوزيع مؤقّتًا طالما بقي المؤثر قريبًا.

3. تؤثّر الشحنة السالبة على المسطرة في الورقة فيحدث **استقطاب** لذرّات الورقة ينتج عنه إعادة توزيع طفيف لشحنات تلك الذرّات، وهذا يؤدّي إلى شحن سطح الورقة القريب من المسطرة بشحنة كهربائية موجبة، تتجاذب مع الشحنات السالبة على المسطرة البلاستيكية.

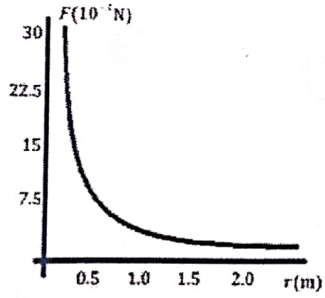
3. القوّة الكهربائية

$$F = k\frac{Q_2 Q_1}{r_2^2}$$

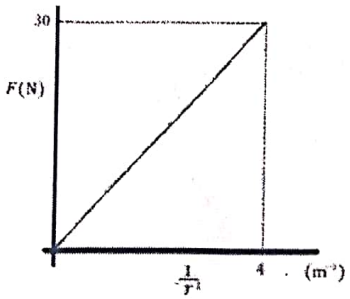
$$F = 9\times10^9 \times \frac{2\times10^{-6}\times2\times10^{-6}}{(0.5)^2} = 1.44\times10^{-1}\ \text{N}$$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

4. التحليل البياني:



العلاقة بين المسافة والقوة



العلاقة بين مقلوب مربع المسافة والقوة

أستنتج أن ميل هذه العلاقة يساوي المقدار

$$\frac{F}{\frac{1}{r^2}} = Fr^2 = slope$$

www.awa2el.net

$$F = k\frac{Q_2 Q_1}{r^2}$$

$$slope = kQ_2Q_1$$

تخضع النتائج لقانون كولوم، لكن تنحرف بعض القياسات عن القيم الحقيقية لها، بسبب أخطاء في التجربة.

5. **التفكير الناقد:** أن تساوي القوة المحصلة صفرًا، فهذا يعني أن القوتين المؤثرتين في الشحنة الثالثة (q) متساويتان مقدارًا ومتعاكستان اتجاهًا، علمًا أن: $Q_1 = Q_2 = Q$

$$F_1 = F_2$$

$$k\frac{Qq}{r^2} = k\frac{Qq}{(1-r)^2}$$

$$r^2 = (1-r)^2 = 1 - 2r + r^2$$

$$r = \frac{1}{2} = 0.5\ \text{m}$$

استنتج أن نقطة التعادل تقع في منتصف المسافة بين الشحنتين المتساويتين والمتشابهتين.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner