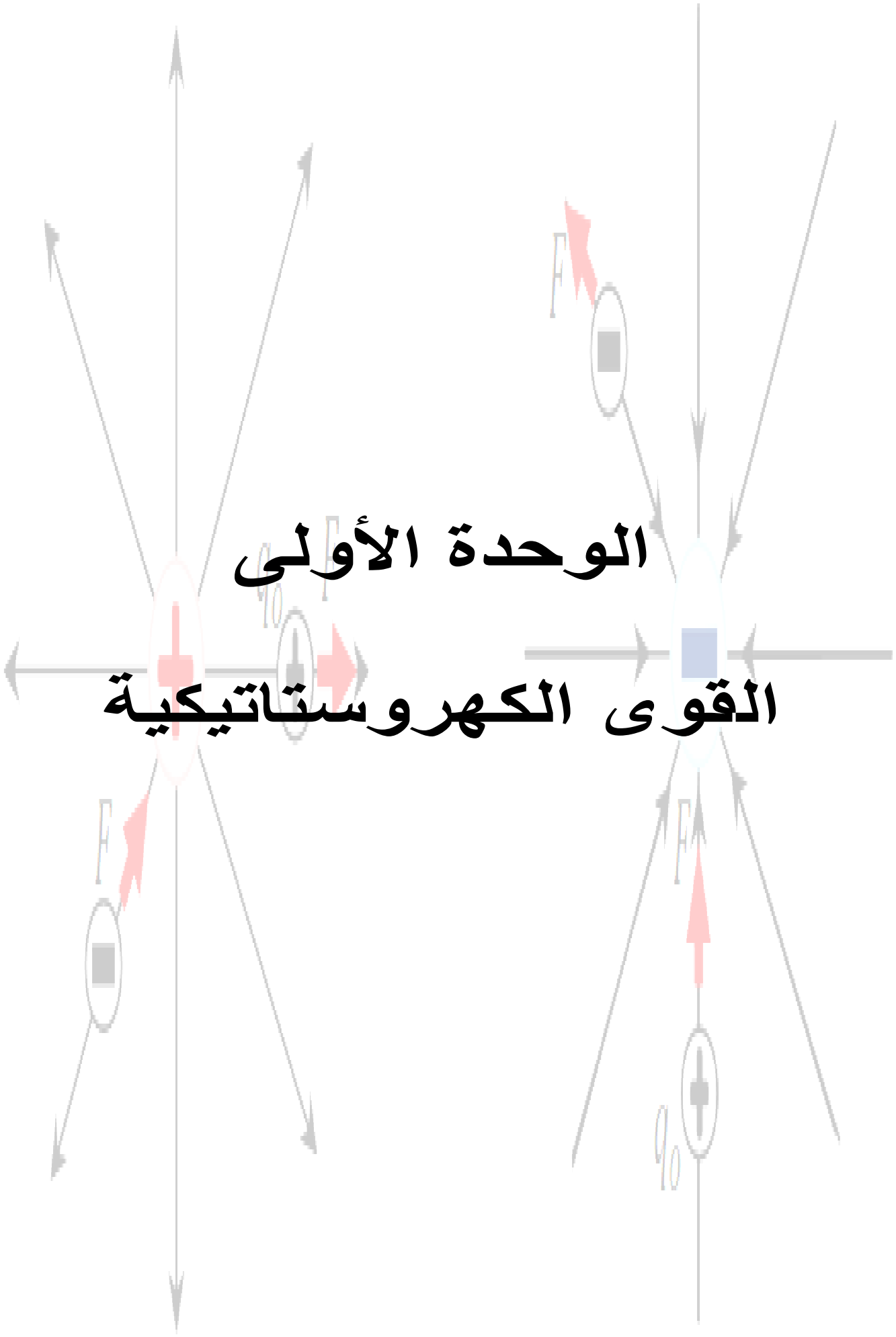
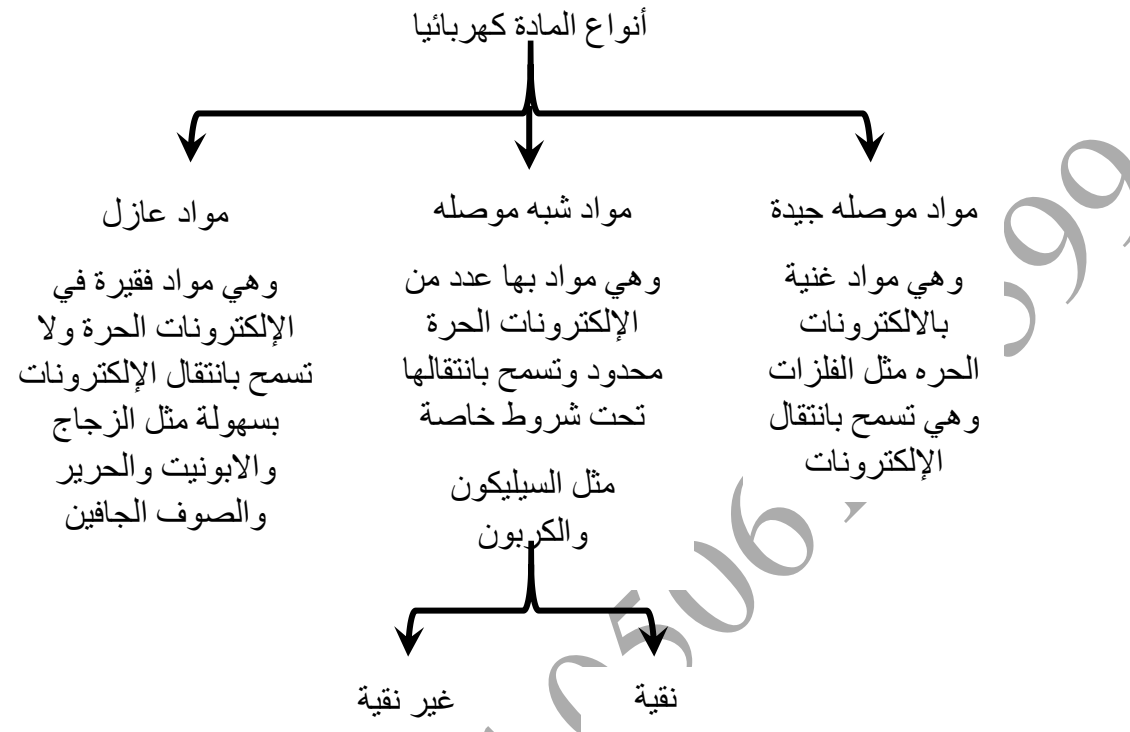


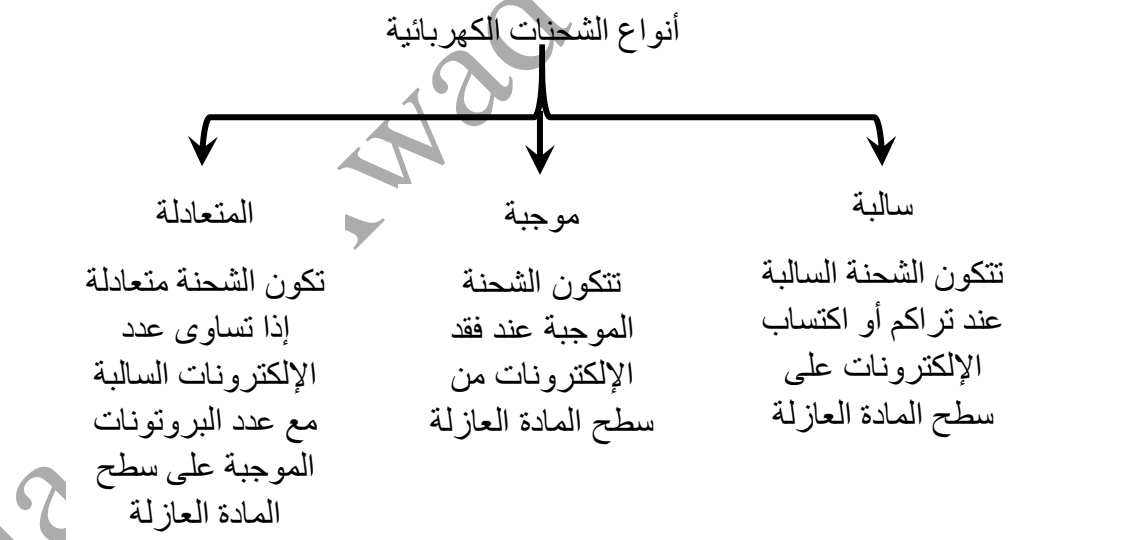
# الوحدة الأولى

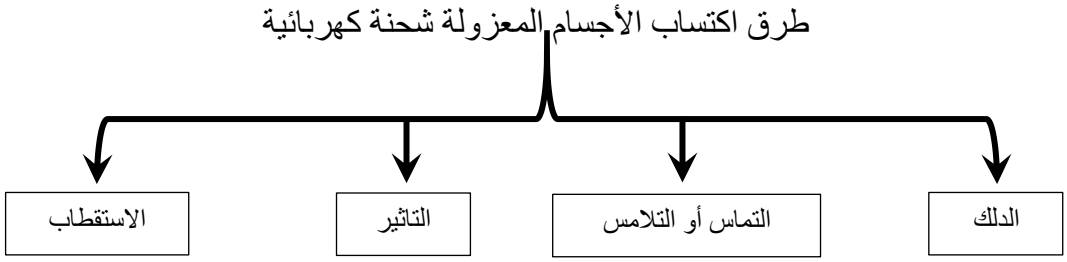
# القوى الكهروستاتيكية

# الشحنات الكهربائية

أنواع المادة كهربائيا . تنقسم المواد كهربائيا إلى ثلاث اقسام رئيسية هي



**أولا : فكرة الشحن بالدلك : -**

عرضنا فيما سبق أن أي مادة تحتوي على ذرات والذرات تتكون من نواة موجبة الشحنة يدور حولها إلكترونات سالبة الشحنة وأن الذرات متعادلة الشحن أي أن عدد البروتونات الموجبة في النواة يساوي عدد الإلكترونات السالبة التي تدور حولها . هنا يجب علينا أن نعرف أن قوة التجاذب بين الإلكترونات والنواة في بعض المواد تكون ضعيفة . لذا إذا اكتسب الجسم قليلا من الطاقة الحرارية قد يفقد بعض الإلكترونات وبذلك يصبح جسما مشحونا بشحنة موجبة بسبب نقص عدد الإلكترونات السالبة عن عدد البروتونات الموجبة . الإلكترونات المفقودة لا تذهب في الهواء ولكنها تستقر على سطح جسم أخر فيصبح جسما مشحونا بشحنة سالبة .

**كيفية الشحن بالدلك : -**

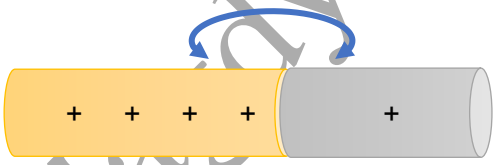
للتعرف على كيفية الشحن بالدلك لابد من أن نتعرف على بعض المواد غير الموصلة للكهرباء مثل :

الزجاج – البلاستيك – الابونيت – الحرير الجاف – الصوف الجاف

يسمى الجسم الصلب مثل الزجاج و الابونيت ( بالمدلوك ) وتسمى المادة غير الصلبة مثل الحرير والصوف ( بالدالكه ) . عند حدوث الدلك تتولد طاقة حرارية نتيجة الاحتكاك ينتج عنها انطلاق إلكترونات من أحدهما إلى الآخر فيصبح احدهما مشحون بشحنه موجبة إذا فقد إلكترونات ويصبح الآخر مشحون بشحنة سالبة لأنه اكتسب إلكترونات . وشحنة الدالك تساوي شحنة المدلوك ولكنها تخالفها في النوع .

**ثانيا : الشحن بالتماس أو التلامس ( التوصيل ) : -**

ويتم ذلك عند تلامس جسمين أحدهما مشحون وآخر غير مشحون فينتقل جزء من الشحنة من الجسم المشحون إلى الجسم غير المشحون . يصبح الجسم الذي كان غير مشحون جسما مشحونا بنفس نوع شحنة الجسم الذي كان مشحونا




**ملاحظة مهمة جدا : -**

قد لا تتساوى شحن الجسم الأول مع شحنة الجسم الثاني إلا في حالات خاصة مثل تماثل الجسمين

**ثالثا : الشحن بالتأثير ( الحث ) : -**

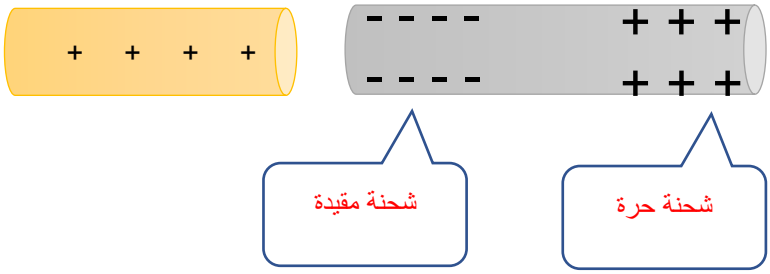
يتم هذا النوع من الشحن عند اقتراب جسم مشحون من جسم غير مشحون فتتكون شحن مخالفه عند الطرف القريب على الجسم غير المشحون وذلك نتيجة لجذب شحنات الجسم المشحون للشحنات المخالفة لها وتسمى الشحنة المتكونة على الطرف القريب للجسم المشحون ( **بالشحنة المقيدة** ) وذلك لاشتراط وجودها وجود الجسم المشحون . يتكون على

Mady Awad 01061685599

الطرف البعيد شحنة مشابهه لشحنة الجسم المشحون وذلك بسبب حدوث التنافر وتسمى الشحنة المتكونة على الطرف البعيد بالشحنة ( **الحرة** ) لأنها يمكن أن تتسرب إلى الأرض في حالة توصيل هذا الطرف بالأرض .

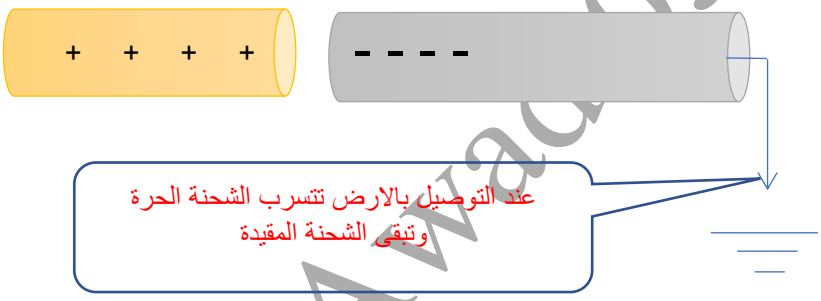
①

عند اقتراب الجسم المشحون من الجسم غير المشحون



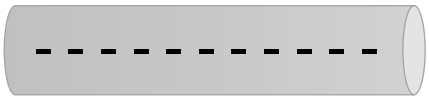

②

عند التوصيل بالأرض تتسرب الشحنة الحرةشحنة الحرة




③

عند رفع التوصيل بالأرض أولا ثم رفع الجسم المشحون تنتشر الشحنة المقيدة وهي شحنة مخالفة لشحنة الجسم المشحون



**ملاحظة مهمة جدا : -**

① عند توصيل الطرف البعيد بالأرض تنتشر الشحنة المتكونة على الطرف البعيد في وجود الجسم المشحون . تصبح شحنة الجسم غير المشحون سابقا شحنة مخالفة لشحنة الجسم المشحون .

Magdy Awad 01506168599

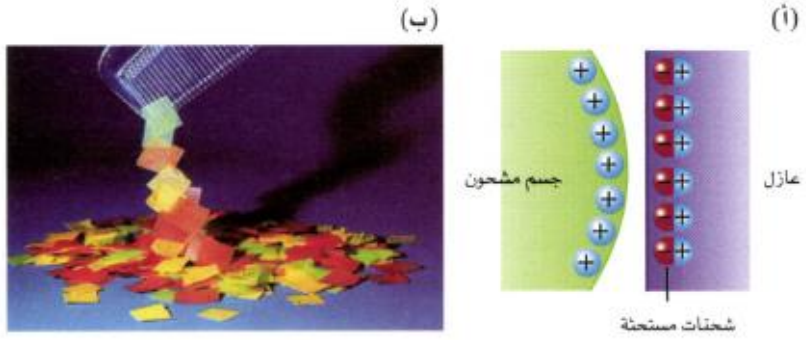
② إذا قطع التوصيل بالأرض في وجود الجسم المشحون ثم رفع أو أبعد الجسم المشحون بعد ذلك تستقر الشحنة المخالفة على الجسم غير المشحون سابقا .

③ تستخدم هذه الطريقة لشحن جسم بشحنة مخالفة لجسم أخر .

④ إذا رفع أو ابعد الجسم المشحون قبل التوصيل بالأرض تتعادل الشحنات على الجسم الذي كان يحتوي الشحنتين المقيدة والحرة وذلك بسبب التجاذب بين الشحنات المختلفة على نفس الجسم

**رابعا : الاستقطاب : -**

الاستقطاب هو اكتساب شحنة سطحية مؤقته تتكون عند اقتراب جسم مشحون من جسم غير مشحون مثلما يحدث في الشحن بالتأثير حيث تتكون شحنة مخالفة على الطرف القريب وهي تزول مباشرة عقب زوال الجسم المشحون . إذا حدث تجاذب بين الجسم المشحون والجسم المستقطب في هذه اللحظة يحدث التلامس بين الجسم المستقطب والجسم المشحون فيكتسب الجسم المستقطب نفس شحنة الجسم المشحون فيحدث بعد ذلك تنافر بين الجسمين كما حو موضح في الصورة التالية .




**قانون الشحنات الكهربائية : -**

الشحنات المتشابهة ( المتماثلة ) تتنافر والشحنات المختلفة تتجاذب .

**ملاحظات هامة جدا : -**

**① شحنة الالكترون $e = 1.602 \times 10^{-19}\ C$**

**② شحنة الالكترون = شحنة البروتون**

**③ عدد افوجادرو $= 6.022 \times 10^{23}$ وهو عبار عن عدد الذرات في المول**

Magdy - 0616859

## قانون حفظ الشحنة : -

الشحنة محفوظة لاتفنى ولا تستحدث وتنتقل من جسم إلى اخر. الكمية الكلية للشحنة الكهربائية في نظام مغلق لاتتغير

## طبيعة الشحنة الكهربائية : -

الشحنة الكهربائية مكماه ( أي أنها ذات كمية محددة ) وهي تساوي مضاعفات صحيحة لاقل كمية شحنة أساسية وهي شحنة الالكترون

## قوانين حساب نسبة الالكترونات التي يمكن نزعها من جسم ما لاكسابة شحنة محددة :

يتم ذلك على خطوات كما يلي :

① يتم حساب عدد الذرات للجسم المراد شحنة من القانون التالي

عدد الذرات — الكتلة — عدد افوجادرو

$$N_{atom} = \frac{m \times 6.022 \times 10^{23}}{\text{الكتلة الذرية}}$$

الكتلة الذرية للعنصر

② يتم حساب عدد الالكترونات في الجسم من القانون التالي

عدد الالكترونات — العدد الذري للعنصر — عدد الذرات

$$N_e = \text{العدد الذري} \times N_{atom}$$

③ حساب عدد الالكترونات المنتزعة

عدد الالكترونات المنتزعة

$$N_{\Delta e} = \frac{q}{e}$$

مقدار الشحنة المطلوبة

شحنة الالكترون

④ حساب نسبة الالكترونات التي نحتاج إلى نزعها بالنسبة للشحنة الكاملة للجسم

Magdy Awad 0506168599

$$\text{النسبة} = \frac{N_{\Delta e}}{N_e}$$

Magdy Awad 0506168599

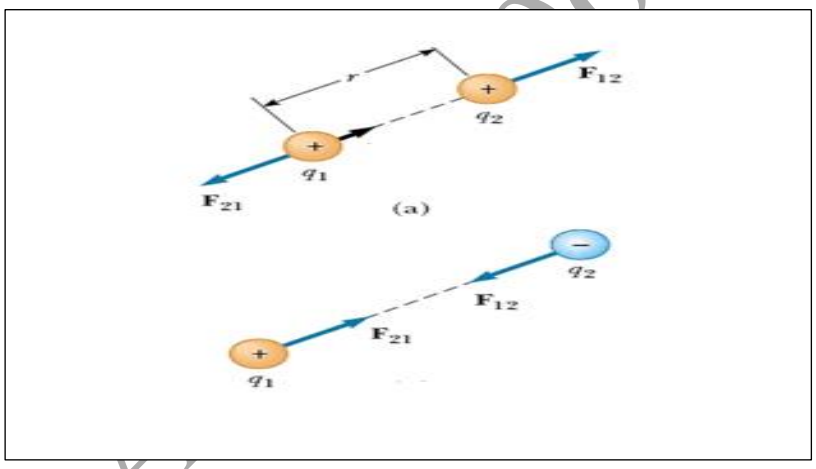
# قانون كولوم

عند تقريب جسم مشحون من جسم مشحون آخر يحدث بينهما اما تجاذب أو تنافر . بذلك سوف يبتعد الجسم الثاني عن الأول أو يقترب منه . أي أن هناك قوة . هذه القوة اما انها قوة تجاذب أو قوة تنافر . وهي قوة متبادلة بين جسم مشحون وجسم آخر سواء كان مشحونا أو غير مشحون كما وضحنا سابقا في عملية الاستقطاب . تسمى هذه القوة المتبادلة بلقوة الكهربائية .

أي أن مقدار القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين يتناسب طردياً مع حاصل ضرب مقداريهما ويتناسب عكسياً مع مربع المسافة بين مركزيهما. ويختلف المقدار باختلاف الوسط الفاصل بينهما.

( لفظ شحنة نقطية يُقصد منه أنها شحنة كهربائية باعتبار أنها مركزة في نقطة واحدة)

في الشكل شحنتان نقطيتان $q_1$ و $q_2$ تفصلهما مسافة مقدارها $r$ في الفراغ . فإن القوة الكهربية المتبادلة بينهما:




$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

ومنه:

مقدار ثابت قدره

$8.99 \times 10^9$

$$F = \text{conctant} \times \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

وجِد أن الثابت في الفراغ هو

$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} = \frac{1}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12}} = 9 \times 10^9 Nm^2/C^2$$

$K$ ثابت كولوم وحدته $\mathrm{Nm^2/C^2}$

$r$ المسافة بين الشحنتين تقاس بالمتر $m$

$\mathrm{q_1, q_2}$ مقدار الشحنتان ووحدتهما الكولوم $C$

F القوة الكهربائية المتبادلة بين الشحنتين تقاس بالنيوتن $N$

$\epsilon_o$ : معامل النفاذية الكهربائية للفراغ والهواء

وهو مقدار ثابت $\epsilon_o = 8.85 \times 10^{-12} C^2/Nm^2$

**أولا : حساب القوة المتبادلة بين شحنتين : -**

**مثال** :

ما مقدار القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين الأولى $2\mu c +$ والثانية $5\mu c +$ تفصلهما مسافة $2m$ ؟

**الحل:**

$$\mathrm{F = K \times \frac{q_1 q_2}{r^2}}$$

$$\mathrm{F = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-6} \times 5 \times 10^{-6}}{2^2} = 0.0225N}$$

**ملاحظة مهمة جدا : -**

**في المثال السابق يكون اتجاه تأثير القوة هو نفس اتجاه المجال الكهربي**

**مثال :**

احسب المسافة بين إلكترونين إذا كانت قوة التنافر بينهما 1.0 N ( اذا كانت شحنة الالكترون $q_e = 1.6 \times 10^{-19} C$ .

**الحل:**

$$\mathrm{F = K \times \frac{q_1 q_2}{r^2}}$$

$$\mathrm{r^2 = K \times \frac{q_1 q_2}{F}}$$

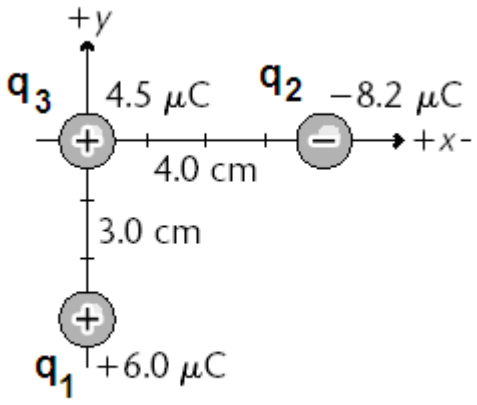
Magdy Awad 01506168599

$$r^2 = 9 \times 10^9 \times \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{1} = 2.3 \times 10^{-28} m^2$$

$$r = \sqrt{2.3 \times 10^{-28}} = 4.8 \times 10^{-14} m$$

**مثال:**

ثلاث شحنات نقطية,$q_1, q_2, q_3$ مواضعها تظهر في الشكل التالي. استخدم البيانات من الشكل لحساب مقدار محصلة القوى الكهربائية المؤثرة على الشحنة $q_3$.




**الحل:**

نحسب القوة التي تؤثر بها كل من الشحنتين $q_1, q_2$, على الشحنة $q_3$

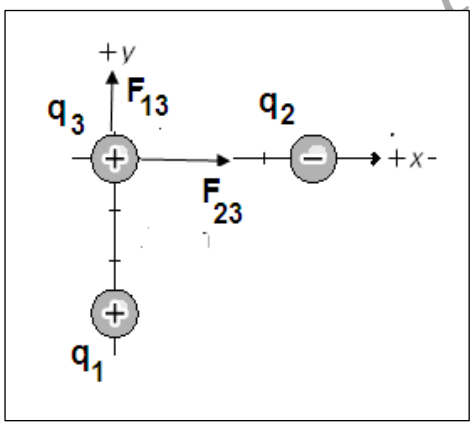
$$F = K \times \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$F_{13} = K \times \frac{q_1 q_3}{r^2}$$

$$F_{13} = 9 \times 10^9 \times \frac{6 \times 10^{-6} \times 4.5 \times 10^{-6}}{0.03^2} = 270N$$

$$F_{23} = 9 \times 10^9 \times \frac{8{,}2 \times 10^{-6} \times 4.5 \times 10^{-6}}{0.04^2} = 207.5N$$

من الشكل التالي يتضح أن القوتان متعامدتان




فالمحصلة $F$

$$F = \sqrt{{F_{13}}^2 + {F_{23}}^2}$$

$$F = \sqrt{(270)^2 + (207.5)^2} = 340.5N$$

Awad 0506168599

**ملاحظة مهمة جدا جدا : -**

## في حاله وجود شحنة بين شحنتين أوعلى استقامة واحدة

**① في حاله وجود شحنة تقع بين شحنتين يكون اتجاه محصلة القوى في اتجاه القوة الكبرى .**

**② في حالة ما إذا كانت القوتين في اتجاه واحد تكون محصلة القوة حاصل جمع القوتين وهما لهما نفس الاتجاه**

**③ في حالة ما إذا كانت القوتين متعاكستين تكون محصلة القوة حاصل طرح وفي اتجاه القوة الأكبر**

**④ يكون الجسم في حالة اتزان بين قوتين اذا كانتا متساويتين ومتعاكستين**

**⑤ في حالة كرتين معلقتين بينهما مساف وفي حالة سكون يتم اتباع القوانين الاتية**

**شرح طريقة الحل للحالة ( ⑤ ) : -**

في مثل هذه الحالة تكون محصلة القوى في الاتجاه ( X ) = صفر وكذلك محصلة القوى في الاتجاه ( Y ) = صفر حيث تقع الكرات المعلقة تحت تأثير قوتين هما وزن الكرة ( $F_g$ ) و القوة الكهروستاتيكية ( $F_e$ ) .

**ملاحظات مهمة جدا :**

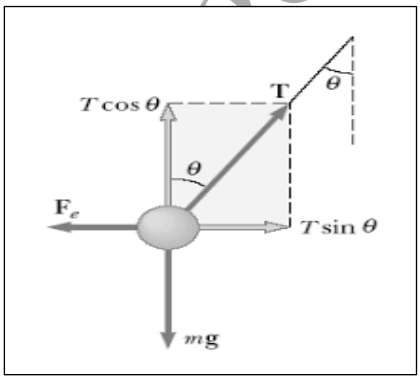
1 ) القوة ( $F_e$ ) يمكن ايجادها من تحليل المتجهات وهي تساوي . حيث T قوة شد الحبل

$$F_e = T \sin\theta$$

2 ) القوة ( $F_g$ ) يمكن ايجادها من تحليل المتجهات

$$F_g = T\ cos\theta$$

3 ) لايجاد العلاقة بين القوة الكهروستاتيكية ( $F_e$ ) و وزن الكرة يمكن قسمة المعادلة الأولى على المعادلة الثانية وتصبح في الصورة التالي




$$\tan\theta = \frac{F_e}{F_g}$$

① لايجاد البعد بين الكرتين يستخدم القانون التالي

$$sin\theta = \frac{d}{2l}$$

المسافة بين الكرتين أي أن d = r

طول خيط التعليق

Awad 0506168599

② لايجاد قيمة القوة الكهروستاتيكية بين الشحنتين يستخدم القانون التالي

$$F_e = K\frac{q^2}{4\,l^2 sin^2\theta}$$

③ لايجاد قيمة وزن الكرة يستخدم القانون التالي

$$F_g = m\,g$$

④ لايجاد كتلة الكرة يستخدم القانون التالي :

$$m = \frac{k\,q^2}{4\,g\,l^2 sin^2\theta\,tan\theta}$$

القوانين السابقة لاتستعمل الا في حالة كرتين متماثلتين في الكتلة والشحنة ولهما نفس طول الخيط وفي وضع السكون

## ملاحظـــة مهمـة جدا جدا جدا :

في حالة حساب القوة عند احد اطراف مربع أو مستطيل تتبع القوانين التالية :

① يتم إيجاد قيمة ( θ ) من القانون التالي ( $\theta = tan^{-1}\frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$ )

② يتم إيجاد القوة في الاتجاه ( X ) من القانون التالي

$$F_X = \frac{kq_1\,q_4}{d^2} + \frac{kq_2\,q_4}{r^2}\cos\theta$$

③ يتم إيجاد القوة في الاتجاه ( Y ) من القانون التالي

$$F_Y = \frac{k\,q_3\,q_4}{d^2} + \frac{k\,q_2\,q_4}{r^2}\sin\theta$$

④ لايجاد اتجاه القوة يتبع القانون التالي

$$\theta = \frac{F_y}{F_X}$$

Magdy Awad 0506168599

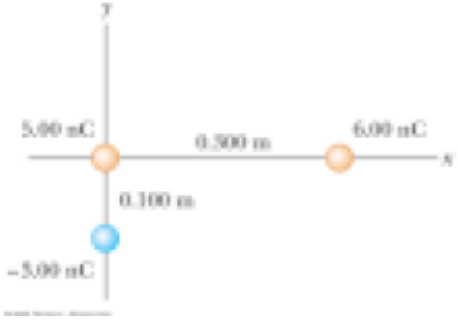
## مسائل على قانون كولوم

1 – شحنة مقدارها $4.5 \times 10^{-9}$ C تقع على بعد 3.2 m من شحنة أخرى مقدارها $2.8 \times 10^{-9}$ C - ما مقدار القوة المتبادلة بين الشحنتين وحدد اتجاهها بالرسم

2 – شحنة مقدارها 2.0 C وضعت على بعد 1.5 m من شحنة أخرى مقدارها – 3.0 C ما مقدار القوة المتبادلة بين الجسمين وما نوعها واتجاهها

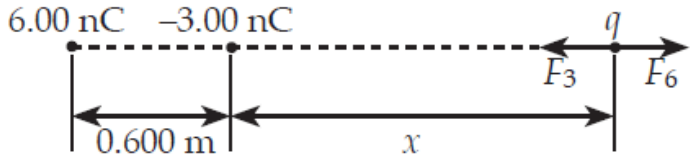
3 – قذف جسيم الفا الذي يحمل شحنة مقدارها ( + 2.0e ) على نواة من الذهب تحمل شحنة مقدارها ( +79e ) احسب القوة المتبادلة بين جسيم الفا ونواة الذهب اذا كانت المسافة بينهما $2.0 \times 10^{-14}$ m ثم حدد اتجاه القوة

4 – من الرسم التالي أوجد مقدار القوة المحصلة على الشحنة الموضوعة عند نقطة الأصل واتجاهها .




Nagdy Awad 0506168599

5 – احسب المسافة ونوع الشحنة ومقدارها التي يمكن التي يمكن وضعها بحيث تكون محصله القوة صفر . استعن بالمعلومات الموجودة على الرسم التالي

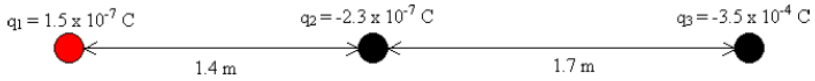



6 – كرة بينج بونج تم دلكها بقطعة من الصوف فاكتسبت شحنة موجبة مقدارها 1μC كم عدد الإلكترونات المفقودة نتيجة عملية الدلك .

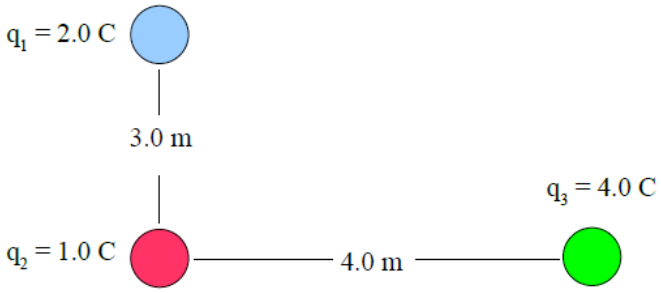
7 – وضعت شحنتين متشـــابهتين إحداهما ضعف الأخرى بينهما مســافة 15 cm فإذا كان مقدار القوة الناتجة عن التنافر تقدر بـ 95 N أوجد مقدار شحنة كل جسم .

Magdy Awad 0506168599

8 – تم وضع ثلاث شحنات حسب الترتيب الموضح بالرسم التالي احسب محصلة القوة المؤثرة على الشحنة الثالثة الواقعة اقصى اليمين



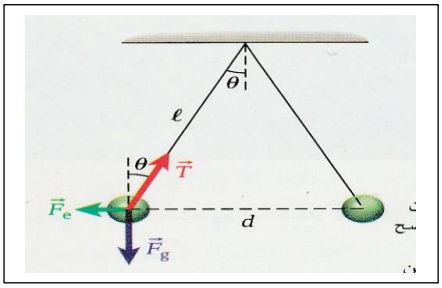

9 – تم وضع ثلاث شحنات كما هو موضح بالرسم التالي أوجد محصلة القوة الكهربائية واتجاهها .



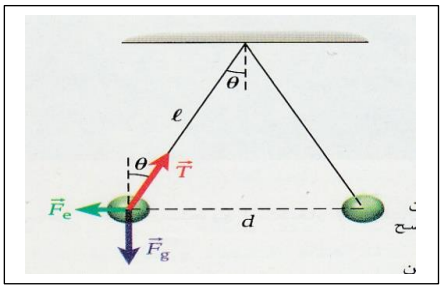

10 – احسب مقدار المسافة التي يجب أن تكون بين شحنتين نقطيتين مقدار هما $q_1 = 26.0\mu C$ ، $q_2 = -47\mu C$ لكي تكون القوة المتبادلة فيما بينهما 5.70 N

Magdy Aw 0506168599

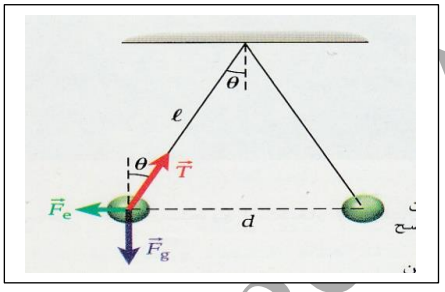
11 – كرتين كتلة كل منهما ( 0.9680 kg ) وشحنة كل منهما ( $29.59\ \mu c$ ) وتتدليان من السقف بخيطين لهما الطول ( $l$ ) نفسه كما هو موضJJح في الرسJJم . فإذا كانت الزاوية التي يصنــعها الخيطان مع المســتوى الرأسي ( $29.79^{o}$ ) فما طول الخيطين .




12 – كرتين متماثلتين في الكتلة وشحنة كل منهما ( $15.71\mu c$ ) وتتدليان من السقف بخيطين لهما الطول ( $l = 1.223m$ ) نفسة كما هو موضح في الرســم . فإذا كانت الزاوية التي يصنــعها الخيطين مع المســتوى الرأســي تســـاوي ( $21.07^{o}$ ) فما هي كتلة كل من الكرتين .

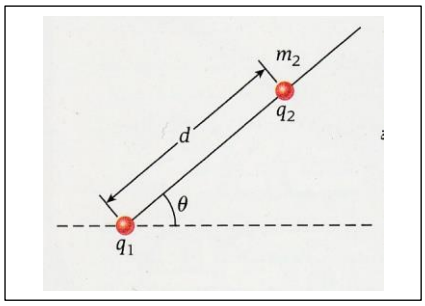



13 – كرتين كتلة كل منهما ( 0.9935 kg ) ومتماثلتين في الشحنة وتتدليان من السقف بخيطين لهما الطول ( $l = 1.235m$ ) نفســه كما هو موضــح بالشــكل . فإذا كانت الزاويــة التي يصنــعها الخيطين مع المســتوى الرأســي تســـاوي ( $22.35^{o}$ ) فما هي شحنة كل من الكرتين .




Mag Awad 0506168599

14 – خرزة شحنتها ( $q_1 = 1.27\ \mu c$ ) ثابته في مكانها على طرف سلك يصنع زاوية ( $\theta = 51.3^o$ ) مع المستوى الافقي وتنزلق حرزة ثانية كتلتها ( $m_2 = 3.77\ g$ ) وشحنتها ( $6.79\ \mu c$ ) على السلك دون احتكاك ما المسافة ( d ) التي تتوازن عندها قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في ( $m_2$ ) مع القوة الكهروستاتيكية بين الخرزتين




15 – وضعت خرزتان زجاجيتان اسطوانيتي الشكل كتلة كل منهما ( 10 mg بوضع رأسي على سطح افقي بحيث تفصل بينهما مسافة ( d = 2 cm ) وكان نعامل الاحتكاك السكوني بين الخرزتين والسطح ( $\mu_s = 0.2$ ) ثم أعطيت الخرزتين شحنتين متماثلتين في المقدار والاشارة ما أقل شحنة لازمة لكي تبدأ الخرزتان في التحرك

16 – اربع شحنات نقطية ( q ) مثبتة على الزوايا الأربع لمربع طول ضلعة ( 10 cm ) ويتدلى الكترون فوق نقطة يتعادل وزنه عندها مع القوة الكهروستاتيكية الناتجة عن الالكترونات الاربيعة على مسافة ( 15 nm ) فوق مركز المربع . ما مقدار الشحنات الثابتة .

Magdy Awad 0506168599

17 – اربع اجســـام مشـــحونة مقـــــدارها ( $q_1 = 1.5\ \mu\ c$ ) و ( $q_2 = 2.5\ \mu c$ ) و ( $q_3 = -3.5\ \mu c$ ) و ( $q_4 = 4.5 \mu c$ ) تقع عند زوايا مربع طول ضلعة ( 1.25 m ) ما مقـدار واتجاه القوة الكهروسـتاتيكية المؤثرة في ( $q_4$ ) والناتجة عن الشحنات الثلاث الأخرى .

Magdy Awad 0506168599