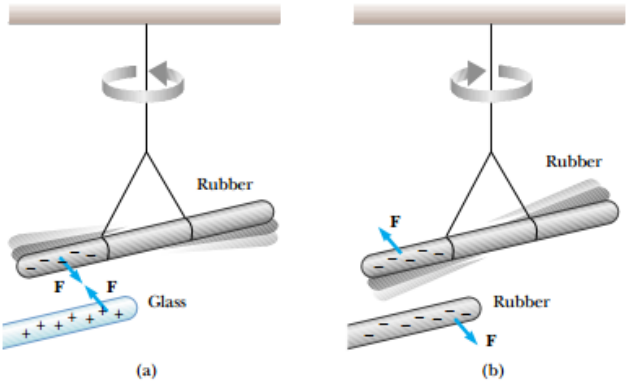
الشحنة و المادة
Charge and Matter

الكهربية الساكنة:

لقد لاحظ العلماء منذ القدم أنّه عندما نحك قضيباً من المطاط أو البلاستيك بقطعة صوف أو قماش خشن، ثم نقرّب القضيب من قطعة من الورق، فإننا نلاحظ أن الجسم المطاطي يجذب طرف الورقة، بما يفيد بوجود قوة تجاذب، بين الجسم المطاطي وطرف الورقة.

ونفسر ذلك بكل سهولة على أنّ الإلكترونات التي انفصلت من الذرات بسبب الاحتكاك، تظل متجمعة في منطقة الاحتكاك، ولا يمكنها الانتقال خلال المادة لأنّ المطاط والبلاستيك وكذلك الصوف هي مواد عازلة كهربائياً؛ فهذه الشحنات المتجمعة السالبة (التي تنتج عن الإلكترونات التي اكتسبها القضيب بواسطة الاحتكاك) والموجبة (التي تنتج عن البروتونات الزائدة التي بقيت في قطعة الصوف بعد أن خسرت الإلكترونات) هي المسؤولة عن القوة التي ظهرت وأدّت إلى تجاذب قطع الورق الصغيرة إلى القضيب المطاطي. ويطلق على هذه الشحنات المنفصلة الشحنات الساكنة (static charges)لكي نميزها عن الشحنات المتحركة التي تنشأ في الأسلاك التي توصل التيار الكهربائي.



الشكل a قضيب المطاط المشحون بشحنة سالبة ينجذب لقضيب الزجاج المشحون بشحنة موجبة بينما فى الشكل b يتنافر قضيبي المطاط المشحونان بشحنة سالبة.

قضيب الزجاج يدلك بقطعة من الحرير فتنتقل الشحنات السالبة للحرير ويصبح قضيب الزجاج موجب الشحنة.

Properties of electric charge

- There are two kinds of charges in nature; charges of opposite sign attract one another and charges of the same sign repel one another.
- Total charge in an isolated system is conserved.
- Charge is quantized.

Quick Quiz 23.1 If you rub an inflated balloon against your hair, the two materials attract each other, as shown in Figure 23.3. Is the amount of charge present in the system of the balloon and your hair after rubbing (a) less than, (b) the same as, or (c) more than the amount of charge present before rubbing?

Quick Quiz 23.2 Three objects are brought close to each other, two at a time. When objects A and B are brought together, they repel. When objects B and C are brought together, they also repel. Which of the following are true? (a) Objects A and C possess charges of the same sign. (b) Objects A and C possess charges of opposite sign. (c) All three of the objects possess charges of the same sign. (d) One of the objects is neutral. (e) We would need to perform additional experiments to determine the signs of the charges.

Figure 23.3 (Quick Quiz 23.1) Rubbing a balloon against your hair on a dry day causes the balloon and your hair to become charged.

الخلاصة 1:

- الكهرباء السكونية (والمتحركة أيضاً) هي جسيمات مادية تنتقل من مادة إلى أخرى (بالدلك مثلاً) .
- إنّ سبب وجود خصائص الكهرباء السكونية في هذه الجسيمات هو أنّ لها خاصية وجود شحنة Chargeعليها.
- الشحنة الكهروستاتيكية هي نوعان : شحنة سالبة وشحنة موجبة ولا ثالث لها .
- الشحنة السالبة ، ورمزها (-) ، وهي تلك الشحنة التي تظهر أثارها على مادة الأبونيت عند دلكها بالصوف . والشحنة السالبة هي عبارة عن ذرة كانت متعادلة كهربيا واكتسبت الكترون او اكثر.
- الشحنة الموجبة، ورمزها (+) ، وهي تلك الشحنة التي تظهر أثارها على مادة الزجاج عند دلكه بالحرير. والشحنة الموجبة هي عبارة عن ذرة كانت متعادلة كهربيا وفقدت الكترون او اكثر.
- أصغر جسيم في الطبيعة له أصغر شحنة سالبة هو الالكترون الذي يدور حول نواة الذرة .
- أصغر جُسيم في الطبيعة له أصغر شحنة موجبة هو البروتون الموجود في أنوية الذرات .
- يُسمي العُلماء شحنة الالكترون هذه شحنة أولية (Elementary Charge) ومقدارها حسب قياسات المختبرات يساوي 1.602×10^{-19} كولوم (الكولوم هو وحدة قياس الشحنات في النظام الدولي للوحداتSI) .
- توجد بين الشحنات الكهروستاتيكية المختلفة قوى تجاذب يُسميها العلماء "قوى التجاذب الكهروستاتيكي" ، كما توجد بين الشحنات المتشابهة " قوى تنافر كهروستاتيكي " .
- الشحنات الكهروستاتيكية لا تفنى ولا يمكن إحداثها فمجموع الشحنات الموجبة ثابتاً في الكون وكذلك مجموع الشحنات السالبة .
- تتبع القوي المتبادلة بين الشحنات الكهرواستاتيكية قانون كولوم وهو قانون تجريبي.

قيمة الشحنة الكهربائية

- وتجدر الإشارة إلى أنّ كلّ الشحنات الكهربائية التي أمكن قياسها حتى الآن، تساوي قيمتها عدداً صحيحاً من مضاعفات شحنة الإلكترون أو البروتون، ولكننا نعرف اليوم أنّ هناك جسيمات أوّليّة لها شحنات تساوي ثلث أو ثلثي شحنة البروتون غير أنّ هذه الجسيمات لا توجد بشكل حر في الطبيعة.
- ويتم التعبير عن الشحنات بوحدة كهربائية خاصة يطلق عليها "الكولوم (Coulomb) "بحيث تكون شحنة الإلكترون الواحد تساوي $1.602*10^{-19}C$ ، وذلك نسبة إلى العالم الشهير شارلز أوجستين كولوم، الذي درس طبيعة القوة المتبادلة بين الجسيمات المشحونة واستنتج القانون الخاص بذلك والذي يسمى أيضاً **قانون كولوم** الذي يعتبر من أهم القوانين الطبيعية.
- الجدول التالي يوضح قيمة الشحنة وكتلة كلاً من البروتون والنيترون والالكترون:

Particle	Symbol	Charge	Mass
Proton	*p*	$1.6 \times 10^{-19}C$	**1.67×10^{-27}Kg**
Neutron	*n*	0	**1.67×10^{-27}K g**
Electron	*e*	$-1.6 \times 10^{-19}C$	**1.67×10^{-31}K g**

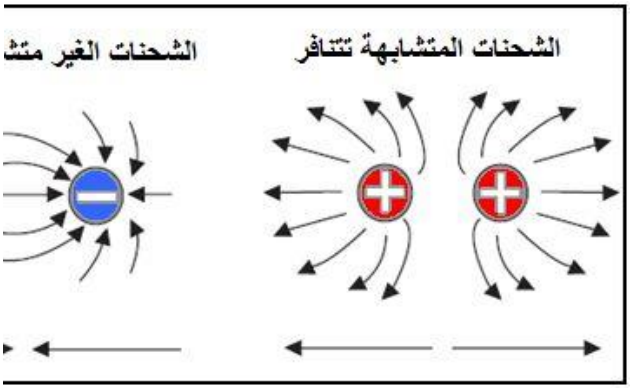
تصنيف المواد من حيث الموصلية الكهربية الى:

- المواد الموصلة -: و هي المواد التي تسمح بمرور التيار الكهربائي من خلالها مثل النحاس, الألمنيوم, و غيرها من المعادن الموصلة للكهرباء, و تتراوح المواد في موصليتها حسب المقاومة النوعية لكل مادة . تتمتع تلك المواد بوجود عدد كبير من الالكترونات الحرة.
- المواد العازلة -: و هي المواد التي لا تسمح بمرور التيار الكهربائي من خلالها, و ذلك بسبب تركيبها الداخلي و الترابط القوي بين ذراتها, مثل الخشب, المطاط, الخزف, و غيرها من المواد العازلة.
- المواد شبه الموصلة -: و هي مواد تقع بين المواد الموصلة و المواد العازلة من حيث توصيلها للكهرباء, أي بمعنى أخر فالمواد شبه الموصلة تكون عازلة عند درجة الصفر المطلق و تحت تأثير درجة حرارتها تبدأ موصليتها بالزيادة نتيجة تفكك الرابطة القوية بين ذراتها بفعل الحرارة, و من المواد شبه الموصلة الجرمانيوم, السيلكون.

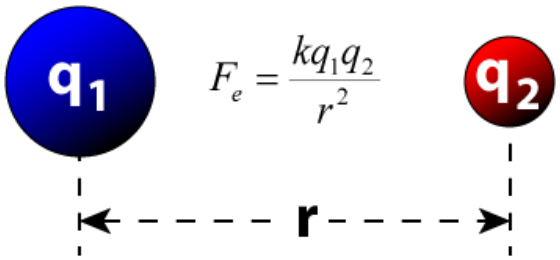
قانون كولوم

Figure 23.6 Coulomb's torsion balance, used to establish the inverse-square law for the electric force between two charges.

- **قانون كولوم** هو قانون تجريبي ينص على *أنّ القوة المتبادلة بين جسيمين مشحونين تتناسب طردياً مع قيمة شحنة كل منهما وعكسياً مع مربع المسافة بينهما*. ولاحظ أيضاً أنّ الشحنات ذات الطبيعة المختلفة تتجاذب، والشحنات ذات الطبيعة المتماثلة تتنافر؛ فإذا اقترب جسيمان مشحونان بشحنات ذات طبيعة مختلفة فإن كلاً منهما يجذب الآخر، وإذا كان الجسيمان بشحنتين موجبتين، أو شحنتين سالبتين، فإنّه تظهر بينهما قوة تنافر تعمل على دفعهما عن بعضهما البعض .



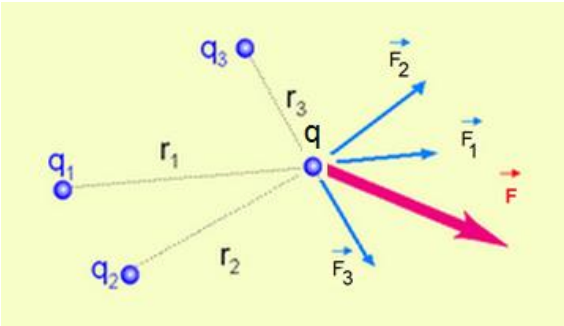
- ويمكن التعبر عن قانون كولوم رياضيا على النحو التالي:



هنا يجب ان نلاحظ ان الشحنات المستخدمة هي شحنات نقطية اي يمكن اهمال الابعاد للجسم المشحون. R هي المسافة بين مركزي الشحنتين و q1 & q2 قيمة الشحنة الاولي والشحنة الثانية.

الثابت k يسمي بثابت كولوم ويساوي $9*10^9 N\ m^2/C^2$ ويمكن التعبر عنه بالعلاقة $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

حيث ϵ_0 تسمي نفاذية الفراغ او الهواء وتساوي $8.85*10^{-12} C^2/Nm^2$ وهو مقدار ثابت فى الفراغ او الهواء.



إذا كان هناك مجموعة من الشحنات النقطية (q_1, q_2, q_3, q_4) يؤثر بعضها على بعض، فإن القوة الكلية التي تؤثر على إحداها تعطى

بجمع متجهات القوى بين الشحنة هذه و كل من الشحنات الأخرى. أي أن:

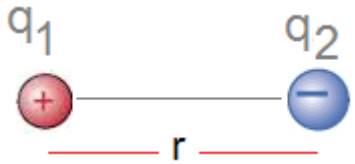
$$\overrightarrow{F_q} = \overrightarrow{F_1} + \overrightarrow{F_2} + \overrightarrow{F_3} \ldots\ldots$$

امثلة تطبيقية:

1. شحنت كرتان من نخاع البيلسان بحيث تحمل الاولي شحنة +6μC والثانية شحنة -4.3μC فإذا وضعت الكرتان على مسافة 0.12m :

ا) ما نوع القوة المتبادلة بين القوتين

ب) مقدار القوة واتجاه التي تؤثر على الشحنة الاولي.



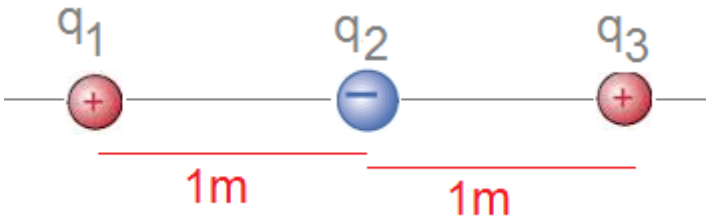
حيث ان الشحنتان مختلفتان فإن القوة المتبادلة هي قوة تجاذب	
الحل	المعطيات
$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$ $= \frac{9 * 10^9 * 6 * 10^{-6} * 4.3 * 10^{-6}}{0.12^2}$ $= 16.1N$ اتجاة القوة على Q1 تكون لليسار	$Q1=+6\mu C=+6*10^{-6}C$ $Q2=-4.3\mu C=-4.3*10^{-6}C$ $R=0.12m$

2. فى المثال السابق ما عدد الالكترونات الزائدة على الشحنة السالبة Q2 ؟

$N=Q_2/1.6*10^{-19}C = 4.3*10^{-6}/1.6*10^{-19} = 26.87*10^{12}$ electrons

3. وضعت ثلاث شحنات نقطية فى الهواء على المحور السيني كما بالرسم . اوجد مقدار واتجاه القوة التي تؤثر على الشحنة q3 .

$Q1=2\mu C$, $Q2= -2\mu C$, $Q3= 6\mu C$



الحل:

المعطيات	
Q1=2μC Q2= -2μC Q3= 6μC $r_{12}=r_{13}=1m$	$F_3 = F_{13} + F_{23}$ $F_{13} = k\frac{q_1 q_3}{{r_{13}}^2} = \frac{9*10^9*2*10^{-6}*6*10^{-6}}{2^2}$ $= 0.027$ i فى اتجاه السيني الموجب (اليمين) $F_{23} = k\frac{q_2 q_3}{{r_{23}}^2} = \frac{9*10^9*2*10^{-6}*6*10^{-6}}{1^2}$ $= -0.108\ i$ فى اتجاه السيني السالب (لليسار) $F_3 = -0.108\ i$+0.027 i=- 0.081 i (to left لليسار)