

الفصل الثاني: قانون كولوم Coulomb's law

2-1 الشحنة و المادة Charge and Matter

عرف الإنسان الكهرباء منذ القدم، فقد لاحظ ثيلز (Thales) عام 600 قبل الميلاد أن قطعة من الكهرمان تجذب إليها قطعاً من القش إذا دلكت بقطعة من الملابس، ولذلك يمكن القول إن الكهرمان قد اكتسب شحنة كهربائية.

تعتمد نوع هذه الشحنة على طبيعة المادة التي نقوم بدلكها. بمعنى أنه في حالة **دلك مادة الكهرمان بفرو الحيوان فإنها تكتسب شحنات سالبة**. أما في حالة مادة **الزجاج المدلوك بالحرير فإنها تكتسب شحنات موجبة**.

وهناك العديد من التجارب العملية البسيطة التي يمكن من خلالها البرهنة على وجود القوة الكهربائية الساكنة منها على سبيل المثال لا الحصر التجارب التالية: -

عند ذلك مشط (comb) بشعر الإنسان أو الحيوان فإننا نلاحظ عند تقريب هذا المشط من قصاصات ورق أن هذه القصاصات تنجذب إلى المشط.

وبالمثل عرف الإنسان المغناطيسية الطبيعية، وأن هناك حجارة معينة تلتقط قطع الحديد إذا اقتربت منها. ولذلك يمكن القول بان القوة الكهرومغناطيسية بين الجسيمات المشحونة تعتبر واحدة من أساسيات القوة في الطبيعة.

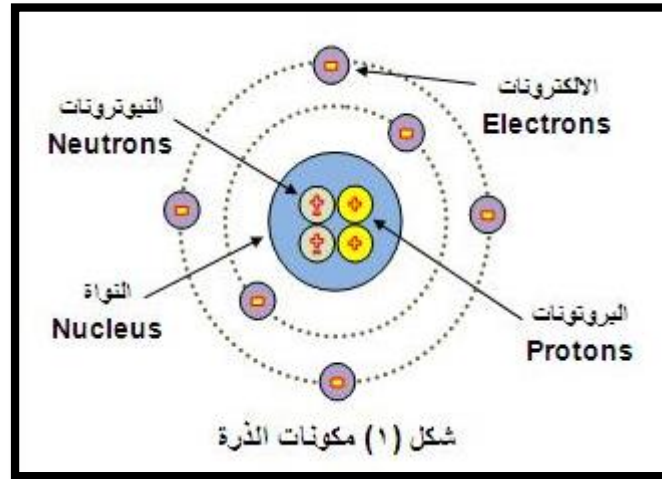
في دراستنا لموضوع الشحنة والمادة يهمننا توضيح المقصود بالشحنة (Charge) وتعلم قانون كولوم (Coulomb's Law) وكيفية استخدامه في حساب القوة الكهربائية التي تؤثر بها شحنات نقطية (point charges) بعضها على بعض.

2-2 النظرية الذرية للمادة

تتكون المادة من ذرات، وتتكون الذرات بدورها من نواة ثقيلة موجبة الشحنة في الوسط تحتوي على بروتونات موجبة الشحنة (+) ونيوترونات متعادلة الشحنة ويدور حول النواة مجموعة من الإلكترونات السالبة الشحنة (-) في مدارات دائرية أو اهليجية، علما ان القيمة العددية لشحنة البروتونات ولشحنة الإلكترونات متساوية وهي أساس تصنيف الشحنات الكهربائية.

• كتلة البروتون = كتلة النيوترون = 1840 كتلة الكترون

الكتلة	الشحنة	الرمز	الجسم
$1.67 \times 10^{-27} \text{K}$	$1.6 \times 10^{-19} \text{C}$	p	البروتون
$1.67 \times 10^{-27} \text{K}$	0	n	النيوترون
$9.1 \times 10^{-31} \text{K}$	$-1.6 \times 10^{-19} \text{C}$	e	الايكترون



2-3 تصنيف المواد

تقسم المواد المختلفة إلى ثلاثة أصناف، وذلك حسب سماحيتها للشحنات بالحركة خلالها:

(1) الموصلات Conductors

وهي المواد التي تسمح بحرية الحركة الالكترونات في مداراتها الخارجية تحت تأثير قوة خارجية لضعف ارتباطها بنواة ذراتها. ومن الأمثلة عليها: جميع المعادن (كالنحاس، والحديد والذهب...).

Insulators العوازل (2)

وهي المواد التي لا تسمح، عندما تكون نقية، للشحنات بالحركة خلالها وذلك لارتباط الإلكترونات في المدارات الخارجية ارتباطاً وثيقاً مع نواة ذراتها، ومن الأمثلة عليها، الزجاج والمطاط والخشب.

Semiconductors شبه الموصلات (3)

وهي المواد المتوسطة، بين العازلات والموصلات، في سماحياتها للشحنات بالحركة من خلالها. ومن الأمثلة عليها: السيليكون والجرمانيوم. ويمكن إضافة بعض الشوائب كالبورون أو الفوسفور إلى شبه الموصلات لزيادة توصيلها.

2-4 قانون كولوم

أجرى العالم الفرنسي كولوم في عام 1785 م دراسة تتعلق بالقوى الكهربائية بين الشحنات. وقد استعمل شحنتين متشابهتين حرتين الحركة فوجد أن الشحنتين تبتعد عن بعضهما مسافة معينة. أعاد التجربة وجعل أحد الشحنتين نصف الأخرى من حيث القيمة فوجد أن المسافة تقل عن الحالة الأولى. ونتيجة هذه التجارب استنتج كولوم بالتجربة أن القوة بين شحنتين نقطيتين مثل q_1, q_2 تتناسب طردياً مع قيمة كل من الشحنتين و عكسياً مع مربع المسافة بينهما أي ان نص قانون كولوم هو أن **(القوى الناشئة بين شحنتين تتناسب طردياً مع حاصل ضرب الشحنتين و عكسياً مع مربع المسافة بين الشحنتين)** . أي يمكن كتابة القوة المتبادلة بين الشحنتين على النحو التالي:

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \vec{e}_r$$

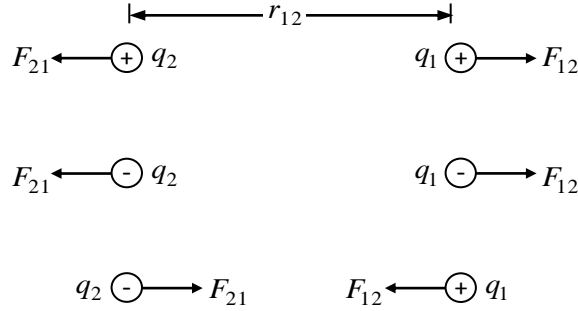
حيث K مقدار ثابت يعتمد على نوع الوسط المحيط بالشحنتين ويساوي في حالة الفراغ $9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$. ويكتب الثابت K في كثير من الأحيان على النحو التالي:

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$$

حيث يمثل ϵ_0 ثابت سماحية الفراغ للتأثير الكهربائي، ويساوي $8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$

باستخدام النظام العالمي للوحدات (SI system of units) فإن القوة تقاس بال نيوتن (N)، والمسافة r_{12} بالمتر، والشحنة بالكولوم او النظام الكهروستاتيكي (E.S.U) فإن القوة تقاس بالداين

(Dyen)، والمسافة r_{12} بالسنتيمتر، والشحنة ستات كولوم (stc). وعندما تكون الشحنتين متشابهتين (موجبة - موجبة أو سالبة - سالبة) تكون القوة بينهما قوى تنافر. وإذا كانت الشحنتين مختلفتين (موجبة - سالبة) تكون القوة بينهما قوى تجاذب، وان خط تأثير القوة يكون على امتداد الخط المستقيم الواصل بين الشحنتين.



ملاحظات:

1- أن القوة التي تؤثر بها الشحنة q_2 على الشحنة q_1 F_{12} أو القوة التي تؤثر بها الشحنة q_1 على الشحنة q_2 F_{21} كمية متجهة (أي أن لها مقداراً واتجاهاً).

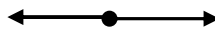
2- عندما القوي تؤثر على نقطة واحدة وبنفس الاتجاه

$$F = F_1 + F_2$$



3- عندما القوي تؤثر على نقطة واحدة وبتجاه معاكس

$$F = F_1 - F_2$$



4- عندما تكون هناك قوتان تؤثران في نفس النقطة وبشكل متعامد نطبق نظرية فيثاغورس

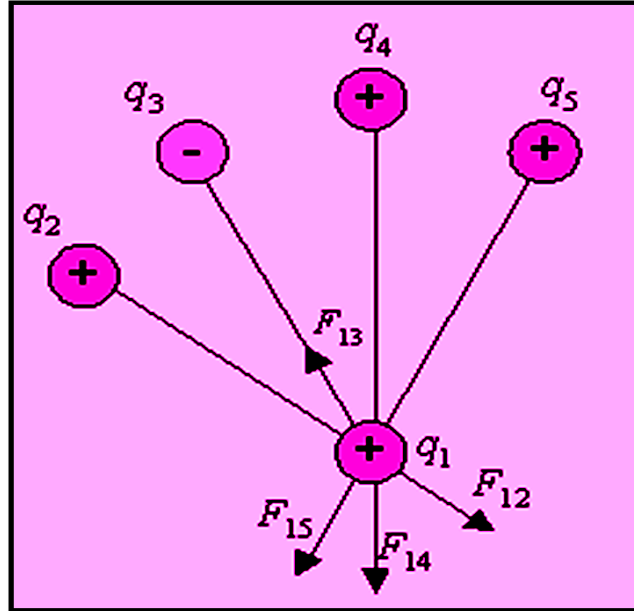
$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

5- عندما القوي تؤثر في نفس النقطة والزاوية بينهما اقل أو أكبر من $\pi/2$ نستخدم طريقة

التحليل

6- أما إذا كان هناك مجموعة من الشحانات النقطية (q_1, q_2, q_3, q_4) يؤثر بعضها على بعض، فإن القوة الكلية التي تؤثر على إحداها (الشحنة رقم 1 مثلاً) تعطى بجمع متجهات القوى بين الشحنة هذه و كل من الشحانات الأخرى. أي أن:

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14}$$



7- قانون كولوم مشابه الى قانون الجذب العام لنيوتن

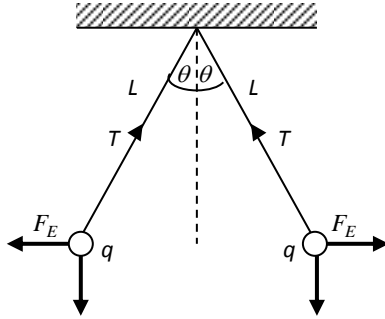
$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{Kg^2}$$

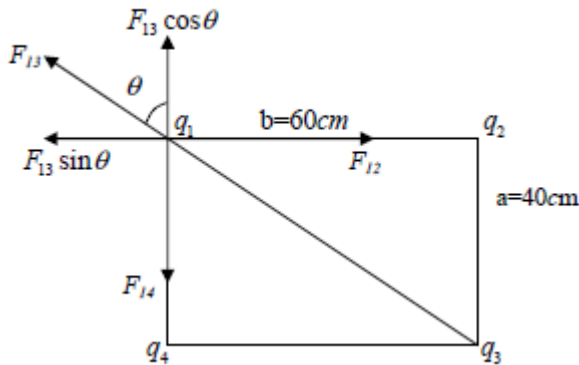
مثال 1: قارن بين قوة الجذب الكتلي وقوة الجذب الكهربائي بين الالكترون والنواة (تتكون من بروتون واحد) علما ان نصف قطر الدوران للإلكترون حول النواة يساوي $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$ ؟

مثال 2: ثلاث شحنات كهربائية متشابهة مقدار كل منهما $(1\mu\text{C})$ وضعت في زوايا مثلث متساوي الاضلاع طول ضلعه 0.1 m . احسب القوى المؤثرة في كل راس من رؤوس المثلث.

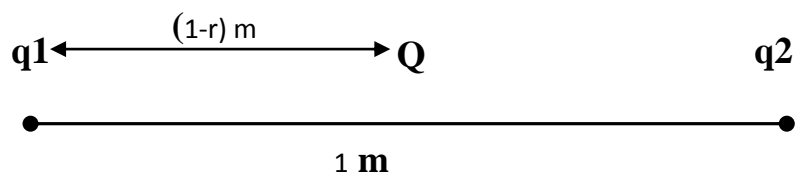
مثال 3: كرتان تزن كل منهما w جرام معلقتان بخيطين إلى نقطة واحدة طول كل منهما L سم . ما هي الشحنة التي يجب أن تحملها بالتساوي كل من الكرتين لكي تبتعدان عن بعضهما مسافة مقدارها r كما في الشكل التالي. وإذا كانت $L= 1 \text{ m}$, $\theta=4^\circ$, $w= 10^{-2} \text{ Kg}$ فاحسب قيمة الشحنة q .



مثال 4: اربع شحنات نقطية موزعة على زوايا مستطيل مقدرا الشحنات الأربعة كالآتي $q_1 = q_3 = +5\mu\text{C}$ و $q_2 = q_4 = -6\mu\text{C}$. اوجد مقدار واتجاه القوى المؤثرة على الشحنة q_1 من قبل الشحنات الثلاث الأخرى .



س/ شحنتان $q_1=2\times 10^{-4}\text{C}$ و $q_2=-2\times 10^{-4}\text{C}$ ، والمسافة بينهما متر واحد، وضعت شحنة اخرى $Q=1\times 10^{-5}\text{C}$ على مسافة r من الشحنة q_1 ، احسب المسافة r عندما تكون محصلة القوى المؤثرة على الشحنة Q تساوي صفر.



س/ أربع شحنتات كهربائية مقدارها Q وزعت على روس مربع طول ضلعه a ، ما مقدار ونوع الشحنة التي يجب ان توضع في مركز المربع لتجعل محصلة القوى الكهربائية في كل راس من رؤوس المربع تساوي صفر.

