كلية العلوم

القسم : **الكيمياء**

السنة : **الاولى**

المادة : فيزياء عامة٢

المحاضرة : الاولى/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

2025

5

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

الحقل الكهربائي والكمون الكهربائي :

بكل تأكيد صعب علينا تصور الحياة بدون كهرباء . هذا ما كان عليه العالم قبل قرن ونيف من الزمن حيث لم يكن الضوء الكهربائي متاحاً إلا لعدد قليل من الناس .

أما الآلات والأجهزة الكهربائية لم تكن موجودة أصلاً . أما اليوم فتشغل الكهرباء في كل ما نستخدمه تقريباً . لذلك لابد من شرح مفصل ومبسط لمفهوم الكهرباء التي تلعب دوراً أساسياً في العالم حولنا

مفهوم الشحنة :

عرف العلماء اليونانيون القدامى في القرن السادس قبل الميلاد (الشرارة) وأن الكهرمان إذا سحق دلكه بالفراء يجذب الأشياء الخفيفة كقصاصة الورق مثلاً

وبقيت على ما هي عليه الحال تقريباً حتى القرن الثامن عشر ميلادي ، حيث اقترح العالم فرانكلين مصطلح الموجب والسالب على نوعي الشحنة . الذين يمكن أن نجدها .

أما في القرن التاسع عشر والقرن العشرين تطورت نظرية الظواهر الكهربائية والمغناطيسية فقد شهدت بداية القرن العشرين اكتشافات أساسية للتركيب الكهربائي للذرة ففي عام ١٨٩٧ م حدد العالم طومسون خواص الشحنة السالبة الأساسية في الالكترون . وفي عام ١٩١١ م تمكن العالم رزرفورد في تحديد طبيعة النواة الموجبة التي تدور حولها الالكترونات ليكونوا مجموعين ما يسمى (بالذرة) - كما تمكن العالم ميليكان من قياس كمية شحنة الالكترون بدقة عام ١٩١٧ م .

مصادر الشحنات :

ذكرنا سابقاً أن مكونات الذرة تتكون من نواة تدور حولها الالكترونات وتعتبر الذرة متعادلة كهربائياً . أي أن كمية الشحنة الموجبة بالنواة تساوي تماماً الشحنة السالبة الكلية التي تحملها الالكترونات حول النواة .

فمثلاً ذرة الكربون إذا كانت شحنة الالكترون الواحد $-e$ فإن شحنة النواة هي $+6e$ تماماً نظراً لوجود ستة الكترونات تدور حول النواة

يعتبر الكون كله تقريباً متعادل كهربائياً وندر لا يوجد أي فائض في الشحنات السالبة أو الموجبة على الأرض . لذلك نقول أن معظم الشحنات على الأرض وبداخلها محتواة داخل الذرات . وإذا وجدت أية شحنات حرة هي متفرعة من ذرات ما

إن انتزاع الكترون لذرة ما، في كثير من الأحيان ليس صعبا. فعند ذلك قضيب من المطاط الصلب بالفراء. تفادر بعض الالكترونات ذرات الفراء عن طريق الاحتكاك لتلتصق بالقضيب المطاطي. فيكتسب القضيب فائضا من الالكترونات تجعله مشحونا بشحنة سالبة. أما إذا ذلك قضيب زجاجي بقطعة من الحرير فإن بعض الالكترونات لذرات القضيب تفادر مما يجعل القضيب ذو شحنة موجبة.

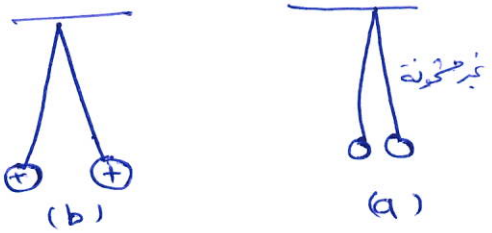
فإذا لامس القضيب ذو الشحنة الموجبة كرة معدنية فإن بعض الالكترونات ذرات الكرة تفادر إلى القضيب لتحل محل الالكترونات المفقودة وتكتسب الكرة بذلك شحنة موجبة خالصة.

وهكذا فإن احتكاك كثير من المواد ببعضها يؤدي إلى فصل الشحنات عن بعضها مما سبق نستنتج أن الذرات هي المصدر الوحيد للشحنات الكهربائية.

القوى بين الشحنات الكهربائية:

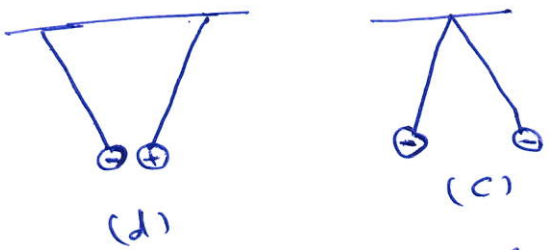
يمكننا الاستدلال على القوى الكهربائية وخواصها من خلال التجربة الآتية.

نشحن كرات صغيرة بشحنات مختلفة ثم نعلقها بخيوط عازلة وعديمة الوزن كما في الشكل ملاحظ أن:



1- تتنافر الشحنات المتشابهة

2- تتجاذب الشحنات المختلفة



3- القوة الكهربائية بين شحنين صغيرين أكبر بكثير من قوى الجاذبية بينهما

نلاحظ من الشكل السابق أن قوى الجاذبية (وفق قانون التجاذب العالمي) صغيرة جدا بحيث لا تؤثر في الطريقة التي تتصل بها الكرات.

النواقل والعوازل :

نعلم أن كل المواد مكونة من ذرات وبالتالي مكونة من نوى والكترونات إلا أن مواصفاتها الكهربائية مختلفة وفقاً لذلك تقسم المواد إلى ثلاثة أنواع

١- مواد عازلة ومنها تكون الالكترونات مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالذرة أي أنها ليست حرة الحركة داخل المادة ، بمعنى أنه لو قربنا قضيباً مشحوناً من هذه المواد فإن الكترونات ونوى وذرات تلك العوازل لن تكون قادرة على الحركة تحت تأثير التجاذب أو التنافر مع شحنة القضيب .

٢- مواد ناقلة : أي تحتوي على شحنات حرة الحركة داخل المادة وخير مثال على ذلك المعادن حيث تنجذب الكتروناتها إلى قضيب موجب الشحنة مثلاً وتبتعد الكتروناتها إلى أقصى بقعة في المعدن عند تقريب قضيب سالب الشحنة منها وهناك مواد أقوى من المعادن مثل المحاليل المائية وغيرها تلك تسمى بسلوك المعادن

٣- أشباه النواقل : التي قد تعمل كعازل أو كموصل (ناقل) حسب درجة الحرارة وطريقة الطاقة كالجرمانيوم والسيليكون .

طرق الشحن :

هناك طريقتان عامتان للشحن وهما :

١- الشحن بالتوصيل : أي عندما نصل جسماً مشحوناً بجسم آخر مراد شحنه

٢- الشحن بالحث أو التأثير أي عندما يقرب قضيب مشحون بشحنة سالبة مثلاً من كرة معدنية دون أن يلامسها تنتقل الكترونات المعدن داخله إلى الجانب الأبعد عن القضيب . مخلفة شحنة موجبة على الجانب الأقرب للقضيب

وبما أنه لم تحدث إضافة أو إزالة أية شحنات من الكرة فإنها تبقى معتدلة كهربائياً نفرض الآن أننا لمسنا الكرة بأصبعنا مثلاً ، فإن الشحنات تترك على الكرة عبر جسمنا إلى الأرض ، وهكذا فإن القضيب سالب الشحنة الموجود بالقرب من كرة معدنية يستحث شحنات سالبة كي تغادر الكرة إلى الأرض . ويقال عندها أن الكرة (مؤرضة) ويستخدم الرمز ⏚ للإيضاح ذلك . بعد أن تنتقل الشحنات السالبة من الكرة إلى الأرض فإن الكرة لن تعود متعادلة كهربائياً وإذا فصلنا الخط الموصول بالأرض وأبعدنا القضيب سالب الشحنة تصبح الكرة موجبة الشحنة

بقاء الشحنة :

نعلم من الميكانيك أن هناك مقادير فيزيائية تبقى ثابتة أو محافظ على كميات معينة مثل الطاقة، كمية الحركة الخطية والزاوية ونقول عنها أنها مقادير مصونة أو تخضع لقانون البقاء. وكذلك الأمر بالنسبة لبعض المقادير الكهربائية فالشحنة تخضع لقانون البقاء (المصونة) ومصونة أن المجموع الجبري لكل الشحنات في الكون يبقى ثابتاً على الدوام.

لذلك أي تفاعل فيه إيجاد الكترون (شحنة $-e$) سيوجد أيضاً جسيم (شحنة موجبة $+e$) وكذلك عندما يتحد جسيم شحنته $+e$ كاليوزيترون (الكترون موجب) مع جسيم شحنته سالبة $-e$ فإن الشحنتان تختفيان ويكون المجموع الجبري في البداية صفراً. ويظل صفراً بعد أن يكتمل التفاعل.

نعني أنه لا يمكن خلق أو تدمير شحنة موجبة أو سالبة دون أن يرافقها عملية فيزيائية

قانون كولون :

اكتشف العالم كولون في عام 1785 بواسطة ميزان حساس قانوناً رياضياً يصف تجاذب الشحنات المختلفة وتنافر الشحنات المتشابهة

حيث استطاع كولون أن يقيس القوة بين جسمين صغيرين مشحونين واستنتج أن القوة بين الشحنتين متناسبة طرداً مع جداءهما وعكساً مع مربع المسافة بينهما

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

حيث q_1, q_2: تمثل كل من الشحنتين الأولى والثانية. r: المسافة بين مركزي الشحنتين

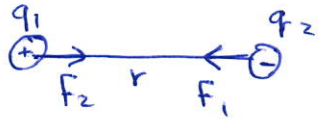
k: ثابت التناسب الذي تتعين قيمته بالتجربة وتساوي $9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C}$

ويمكن أن يكتب هذا الثابت التناسبي بدلالة ثابت العازلية ε_0

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

حيث $\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N.m^2}$

فإذا كان لدينا الشحنة $+q_1$ والثانية $-q_2$ فإن جهة القوة التجاذبية بينهما تكون



أما إذا كانتا الشحنتان من نفس الإشارة

فإن قوة القوة تكون عكس الجهة المشار إليها في الرسم السابق

إن كمية الشحنة الأساسية التي توجد داخل المادة هي الشحنة التي تحملها الإلكترون والبروتون ويرمز لها بالرمز e . وقيمة e هي $e = 1.6 \times 10^{-19} C$

فالإلكترون تحمل الشحنة $-e$ والبروتون الشحنة $+e$

مثال (1) : يدور الإلكترون حول البروتون في ذرة الهيدروجين وفق مسار دائري نصف القطر $r = 5.3 \times 10^{-11} m$ المطلوب

1- احسب قوة كولون الكائنة بين الإلكترون والبروتون

2- احسب قوة التجاذب النيوتوني الكتلي

3- قارن بين هاتين القوتين

[علماً أن كتلة البروتون $m_p = 1.67 \times 10^{-27} kg$ وكتلة الإلكترون $m_e = 9.11 \times 10^{-31} kg$

أما شحنة البروتون شاردي وتعاكس شحنة الإلكترون $-1.6 \times 10^{-19} C$

وثابت التجاذب بين الكتل $G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$]

الحل: أ. نطبق قانون كولون لحساب القوة الكائنة بين الإلكترون والبروتون

$$F_e = 9 \times 10^9 \frac{q_e q_p}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{(1.6 \times 10^{-19})}{(5.3 \times 10^{-11})^2} = 8.1 \times 10^{-8} N$$

وهي قوة تجاذب لأن شحنة الإلكترون تعاكس شحنة البروتون بالإشارة

ب. نطبق قانون نيوتن في التجاذب بين الكتل فنجد

$$F_n = G \frac{m_e m_p}{r^2} = 6.7 \times 10^{-11} \frac{9.11 \times 10^{-31} \times 1.67 \times 10^{-27}}{(5.3 \times 10^{-11})^2} = 3.7 \times 10^{-47} N$$

ج. بالمقارنة بين القوتين السابقتين نجد أن القوة الكهربائية أكبر بكثير من القوة الميكانيكية والنسبة بينهما من مرتبة 10^{39} لذلك تهمل القوة الميكانيكية أمام القوة الكهربائية .

مثال (2): قطعتين نقديتين كتلة كل منها 3g تحتوي الواحدة منها على 3×10^{22} ذرة انتزع جزء من الالكترونات التي اكتسبت كل منها شحنة موجبة مقدارها $+q$ عند وضع احداهما على منضدة يبقى الاخر معلقة في الهواء بحيث تتوازن قوة ثقلها مع القوة الكهربائية بينهما وذلك على مسافة 2m . المطلوب

1- ما هو مقدار الشحنة q التي نشأت في المحافظة على هذا الوضع ؟

2- كم عدد الالكترونات التي يجب ان تزال من كل قطعة لتكتسب الشحنة $+q$ ؟

الحل: أ: إن قوة ثقل (الوزن) القطعة الواحدة وفق قانون نيوتن هي

$$F = mg = 3\times10^{-3}\times10 = 0{,}03\ N$$

أما القوة الكهربائية فتعطى وفق قانون كولون كما يلي

$$F_e = 9\times10^9\ \frac{q^2}{r^2} = 9\times10^9\ \frac{q^2}{2^2}$$

وهي تؤثر على القطعة المتماثلة في الهواء، وفي حالة التوازن تكون هذه القوة مساوية لقوة الثقل ومعاكسة لها أي

$$9\times10^9\ \frac{q^2}{4} = 0.03\ N \Rightarrow q^2 = 0.0133\times10^{-9}\ C^2$$

$$\Rightarrow q = 3{,}65\times10^{-6}\ C \approx 4\mu C$$

ب: عدد الالكترونات التي أزيلت هو

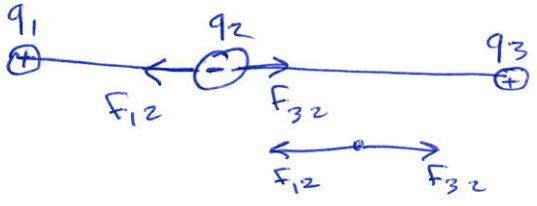
$$n = \frac{q}{e} = \frac{3{,}65\times10^{-6}}{1.6\times10^{-19}} = 2\times10^{13}\ \text{الكترون}$$

عدد الالكترونات المغادرة يساوي عدد الشحنات الموجبة المضافة.

نلاحظ أن شحنات صغيرة بمقدار الميكروكولون تؤدي إلى قوى تبدو ضخمة بين اجسام كبيرة

مثال (3): شحنة كهربائية $q_2 = -5\times10^{-6}\ C$ تقع على المستقيم الواصل بين الشحنتين $q_1 = 4\times10^{-6}\ C$ و $q_3 = 6\times10^{-6}\ C$ كما هو مبين في الشكل بعد عن q_1 مسافة 2m وعن q_3 مسافة 4m المطلوب ايجاد القوة المؤثرة على q_2

الحل: تؤثر كل من الشحنتين q_1 و q_3 بقوة تجاذب على q_2 وهاتان القوتان تتعارضان اتجاهاً الواحدة الاخرى



نطبق قانون كولوم على كل حالة منفردة كما لو كانت باقي الشحنات غير موجودة

$$f_{12} = 9\times10^{9}\ \frac{+4\times10^{-6}\times+5\times10^{-6}}{(2)^2} = +0.045N$$

$$F_{32} = 9\times10^{9}\ \frac{+5\times10^{-6}\times+6\times10^{-6}}{(4)^2} = +0.016\ N$$

وبالتالي القوة المحصلة

$$F = f_{12} - f_{32} = +0.045 - (+0.016) = +0.029N$$

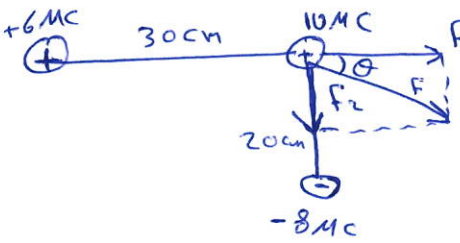
(تدل الإشارة السالبة فقط لمعرفة إذا كانت قوى تجاذبية أو تنافرية ولا توضع في حساب القوة.)

مثال (4): أوجد محصلة القوى المؤثرة على الشحنة $+10\mu c$ الموضحة في الشكل

الحل: إن الشحنة $+6\mu c$ تؤثر بقوة تنافر نحو اليمين

أما الشحنة $-8\mu c$ تؤثر بقوة تجاذب نحو الأسفل

نرمز لـ F_1، F_2 للقوتين الأولى والثانية



$$F_1 = 9\times10^{9}\ \frac{(6\times10^{-6})\times(10\times10^{-6})}{(0.3)^2} = 6N$$

$$F_2 = 9\times10^{9}\ \frac{(+8\times10^{-6})\times(10\times10^{-6})}{(0.2)^2} = 18N$$

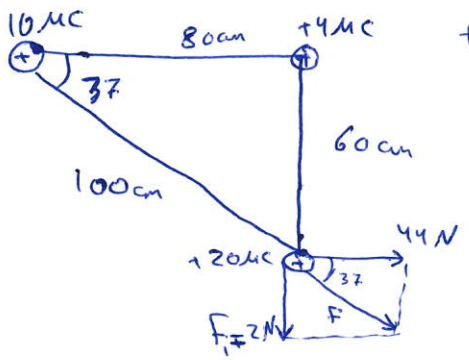
وبما أن القوتان متعامدتان لذلك نطبق نظرية فيثاغورث:

$$F = \sqrt{f_1^2 + f_2^2} = \sqrt{36+324} = 19N$$

$$tg\,\theta = \frac{f_2}{f_1} \Rightarrow \theta = arc\,tg\,\frac{f_2}{f_1} = 72^{\circ}$$

مثال (5): أوجد القوة المؤثرة على الشحنة $+20\mu c$

نجد أولاً أنا هي القوتين المؤثرتين على الشحنة $+20\mu c$ بحيث أن القوتين تتنافران لأن الشحنات كلها موجبة



لذلك F_1 متجهة نحو الاسفل اما F_2 تميل بزاوية $37°$ أسفل خط الافق يمين

نجمع هاتين القوتين نحلل القوة على x وعلى y

حيث السنة $+20\,MC$ مركز الاحداثيات

وعندها نضيف المركبة على y الى F_1 ثم نطبق فيثاغورث لايجاد المحصلة

نحن تاخذ كولون

$$f_2 = 1.8N$$

$$f_1 = 2N$$

أن المركبتان F_2 على x و y هما F_1 ليس لها مركبة على المحور الافقي

$$f_{2x} = 1.8 \times \cos 37° = 1.43\,N \quad , \quad F_{1x} = 0$$

$$f_{2y} = 1.8 \times \sin 37 = 1.08N \quad , \quad f_{1y} = 2\,N$$

وهكذا اركبنا القوة

$$f_x = 1.43\,N$$

$$f_y = 2N + 1.08\,N = 3.08N$$

وبالتالي القوة الكلية

$$\Rightarrow f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{(1.43)^2 + (3.08)^2} = 3,39\,N$$

الزاوية هي :

$$\theta = \text{arc tg}\,\frac{f_y}{f_x} = \text{arc tg}\,\frac{3.08}{1.43} = tg^{-1}\,2,34 \approx 65,08°$$

مكتبة A to Z