الفصل الثاني:الكهرباء الساكنة

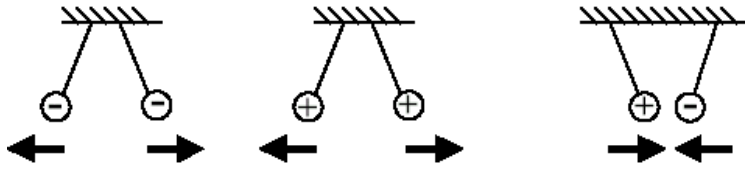
1ـ الشحنات والحقل الكهربائي

مقدمة:

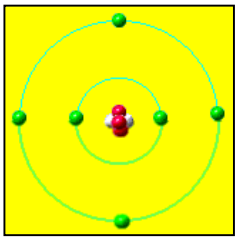
تعد الكهرباء الساكنة من علوم الفيزياء الأساسية ولها العديد من التطبيقات في حياتنا العملية وهي تستند على دراسة و شرح بعض المفاهيم الأساسية والتي تتلخص في مفهوم الشحنة الكهربائية والقوة الكهربائية والمجال الكهربائي والجهد الكهربائي وهو ما سنتطرق إليه خلال الجزء الأول من البرنامج.

أنواع الشحنة:

بواسطة التجارب يمكن إثبات أن هناك نوعين مختلفين من الشحنة شحنات موجبة وشحنات سالبة،حيث تتنافر الشحنات المتشابهة وتتجاذب الشحنات مختلفة النوع.



مكونات الذرة وتكميم الشحنة الكهربائية:



تتكون الذرة من الكترونات وبروتونات ونيترونات

الالكترونات لها شحنة سالبة والبروتونات لها شحنة موجبة والنيترونات معتدلة

شحنة الإلكترون (أو البروتون) تسمى شحنة أولية(عنصرية) $e=-1.6*10^{-19}\,c$

أي شحنة أخرى Q هي مضاعف صحيح لهذه الكمية $Q=ne$.

وتبقى الشحنة الكهربائية محفوظة في أية جملة معزولة.

ويوضح الجدول التالي خصائص المكونات الأساسية للذرة من حيث قيمة الشحنة والكتلة:

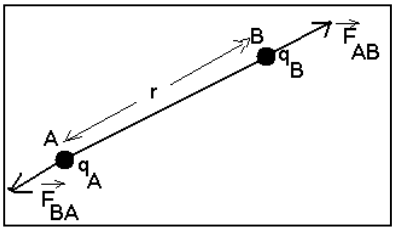
الجسيم	الكتلة (kg)	الشحنة (كلوم C)	الرمز
البروتون	$1.672*10^{-27}$	$1.6*10^{-19}$	P
النيترون	$1.675*10^{-27}$	0	N
الإلكترون	$9.11*10^{-31}$	$-1.6*10^{-19}$	E

القوة الكهربائية (قانون كلوم):

القوى الكهربية تكون ناتجة من تأثير شحنة على شحنة أخرى أو من تأثير توزيع معين لعدة شحنات على شحنة عينة q_A على سبيل المثال، وتعطى القوة الكهربائية بين شحنتين نقطيتين q_A و q_B تفصل بينهما

المسافة $r = \left\| \vec{AB} \right\|$ بالقانون التجريبي لـ:كلوم Coulomb حيث اثبت أن القوة تتناسب طردا مع قيمة كل من الشحنتين وعكسا مع مربع المسافة الفاصلة بينهما.

$$\vec{F}_{AB} = K \frac{q_A q_B}{r^2} \vec{u} = -\vec{F}_{BA}$$



حيث $\vec{u} = \frac{\vec{AB}}{\left\| \vec{AB} \right\|}$

يمكن كتابة العلاقة على الشكل : $\vec{F}_{AB} = K \frac{q_A q_B}{\left\| \vec{AB} \right\|^3} \vec{AB}$

وهي تمثل القوة التي تطبقها الشحنة q_A الموجودة عند النقطة A على الشحنة q_B المتواجدة عند النقطة B.

أما القوة التي تطبقها الشحنة B على A هي: $\vec{F}_{BA} = K \frac{q_A q_B}{\left\| \vec{AB} \right\|^3} \vec{BA} = -\vec{F}_{AB}$

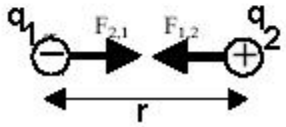
الثابت k يعطى بالعلاقة $K = \frac{1}{4\pi\varepsilon}$

حيث ε: عبارة عن ثابت يمثل السماحية الكهربائية للوسط الذي تتواجد فيه الشحنة.

إذا كان الوسط هو الفراغ فان قيمة الثابت k هي $K = 9.10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$ و $\varepsilon_0 = 8.85 * 10^{-12} \frac{C^2}{N.m^2}$

شحنتين من نفس الاشارة تنشأ بينهما قوة تنافر

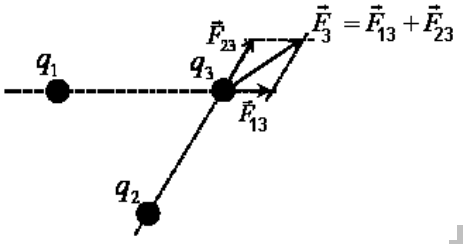
قوة تجاذب في حالة شحنتين مختلفتي الاشارة



مبدأ التراكب:

إذا كان هناك أكثر من شحنتين فالقوة التي تعاني منها شحنة ما. هي محصلة لجميع القوى التي تطبقها باقي الشحن على هذه الاخيرة.

مثال: في حالة 3 شحن القوة التي تعاني منها الشحنة q_3 مثلا هي



$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = k\frac{q_1 q_3}{r_{13}^2}\vec{u}_{13} + k\frac{q_2 q_3}{r_{23}^2}\vec{u}_{23}$$

إذا كان هناك n شحنة فالقوة المطبقة على الشحنة m هي:

$$\vec{F}_m = \vec{F}_{1m} + \vec{F}_{2m} + ...\vec{F}_{nm} = \sum_{i=1}^{n}\vec{F}_{im}$$

الحقل الكهربائي (حالة توزيع نقطي للشحنة)

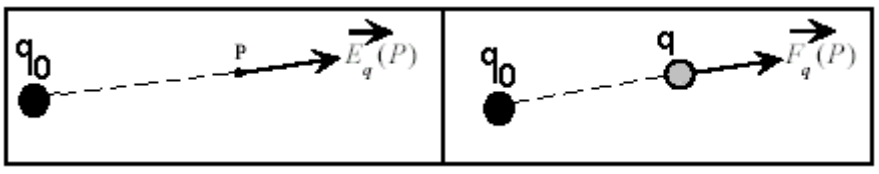
مفهوم الحقل الكهربائي:

القوة الكهربائية تنشأ بين شحنتين ففي حالة شحنة بمفردها لا يمكننا الحديث عن القوة الكهربائية هذا من جهة ومن جهة ثانية كيف يتم التأثير المتبادل بين الشحنات في غياب حامل مادي.

الجواب: الحامل هو الحقل الكهربائي وادخل هذا المفهوم لتفسير ظاهرة التأثير المتبادل بين الشحنات وكذالك ليكون هذا المقدار (الحقل) مميز وخاص بكل شحنة في حد ذاتها بدل القوة الكهربائية.

ليكن جسم موجود عند A مشحون بشحنة q_0 هذه الشحنة تولد في أية نقطة P من الفضاء المحيط بها حقل كهربائي $\vec{E}$

إذا دخلت شحنة أخرى q في مجال الشحنة الأولى فإنها ستعاني من قوة كهر بائية تتناسب مع شدة الحقل الكهربائي $\vec{E}$ الذي ولدته الشحنة q_0 ومع قيمة الشحنة q وتعطى القوة التي تطبقها الشحنة q_0 على q ب $\vec{F} = q\vec{E}$



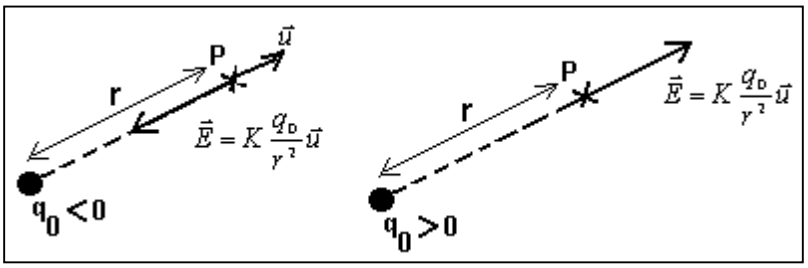
ومنه الحقل الكهربائي $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ ويعرف على أنه القوة لوحدة الشحنة ووحدته هي N/C أو V/m

لكن لدينا عبارة القوة الكهربائية بين الشحنتين هي: $\vec{F} = K\frac{qq_0}{r^2}\vec{u}$

ومنه الحقل الكهربائي الذي تولده الشحنة q_0 في أية نقطة P من الفضاء المحيط بها يعطى بالعلاقة

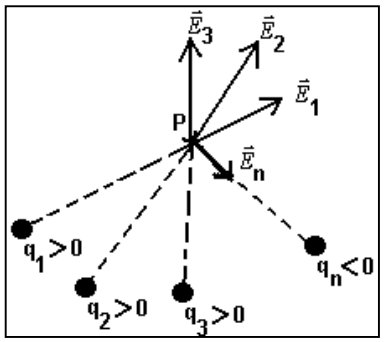
$$\vec{E} = K\frac{q_0}{r^2}\vec{u} = K\frac{q_0}{\left\|\vec{AP}\right\|^3}\vec{AP}$$

وهو عبارة عن مقدار فيزيائي **يميز كل نقطة من نقاط الفضاء المحيط بالشحنة التي ولدته**



مبدأ التراكب:

إذا كان لدينا n شحنة نقطية فالحقل الكهربائي الناتج في نقطة كيفية P هو محصلة للحقول الناتج عن كل شحنة على حدا



$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + ... + \vec{E}_N = \sum_{i=1}^{n}\vec{E}_i$$

$$\vec{E} = k\frac{q_1}{r_1^2}\vec{u}_1 + k\frac{q_2}{r_2^2}\vec{u}_2 + k\frac{q_3}{r_3^2}\vec{u}_3 + ...+ k\frac{q_n}{r_n^2}\vec{u}_n$$

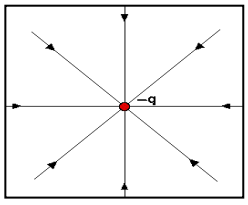
خطوط الحقل الكهربائي:

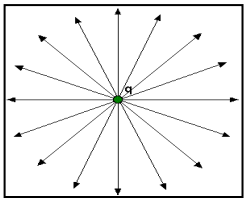
تمثيل المجال الكهربائي: يمثل المجال الكهربائي هندسيا بواسطة ما يسمى بخطوط شدته (خط الحقل) وهي ترسم في الفراغ بحيث يكون شعاع الحقل مماسيا لها وجهتها نفس جهة شعاع الحقل.

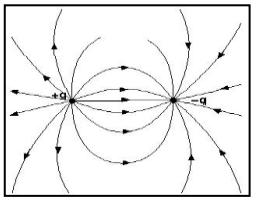
اصطلاحا تم الاتفاق على أن: عدد الخطوط المارة من وحدة السطح العمودية على هذه الخطوط يساوي شدة المجال في تلك المنطقة.

خواص خطوط الحقل:

-خطوط الحقل لا تتقاطع فيما بينها. -عدد خطوط الحقل يتناسب مع شدة الحقل.-خطوط الحقل تتجه من الموجب للسالب.







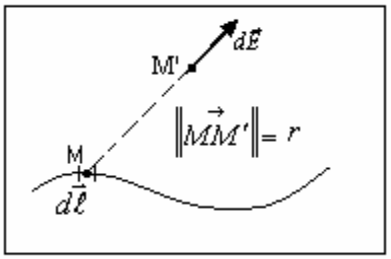
الحقل الكهربائي في حالة توزيع مستمر للشحنة

1- التوزيع الخطي للشحنة:

تعرف الكثافة الخطية λ للشحنة على أنها كمية الشحنة المتواجدة في وحدة الطول

$$\lambda = \frac{dq}{d\ell}$$ وحدتها هي (C/m)

الحقل العنصري الناتج في النقطة 'M عن الشحنة العنصرية dq الموجودة في طول $d\ell$



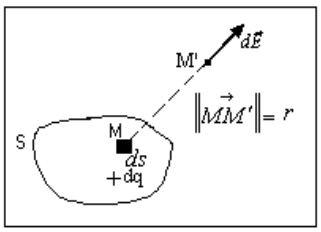
$$d\vec{E}(M') = K\frac{dq}{r^2}\vec{u} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda d\ell}{r^3}\vec{MM'}$$

$$\vec{E}(M') = \int d\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int\frac{\lambda d\ell}{r^3}\vec{MM'}$$

2- التوزيع السطحي:

تعرف الكثافة السطحية للشحنة على أنها كمية الشحنة المتواجدة في وحدة السطح وتعطى بالعبارة

$$\sigma = \frac{dq}{ds}$$ وحدتها هي (C/m^2)



الحقل الناتج في النقطة 'M عن الشحنة العنصرية dq الموجودة في سطح ds هو

$$d\vec{E}(M') = K\frac{dq}{r^2}\vec{u} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\sigma ds}{r^3}\vec{MM'}$$

$$dq = \sigma ds$$

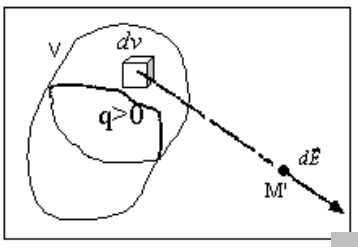
الحقل الكلي الناتج عن كل شحنات السطح s :

$$\vec{E} = K\iint\frac{dq}{r^2}\vec{u} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\iint_s\frac{\sigma ds}{r^3}\vec{MM'}$$

3- التوزيع الحجمي: تعرف الكثافة الحجمية للشحنة على أنها كمية الشحنة المتواجدة في وحدة الحجم وتعطى بالعبارة

$$\rho = \frac{dq}{dv}$$ وحدتها هي (C/m^3)

الحقل العنصري الناتج عن الشحنة العنصرية dq في النقطة 'M



$$d\vec{E}(M') = K\frac{dq}{r^2}\vec{u} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\rho dv}{r^3}\vec{MM'}$$

$$\rho = \frac{dq}{dv} \Leftrightarrow dq = \rho dV$$

الحقل الكلي الناتج عن كل شحنات الحجم V :

$$\vec{E} = \int d\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\iiint_v\frac{\rho dv}{r^3}\vec{MM'}$$