

الكهربائية والمغناطيسية

الاستاذ خضير عباس

Electricity and Magnetism

الفصل الأول

الفصل الأول

قانون كولوم Coulomb's Law

الذرة :

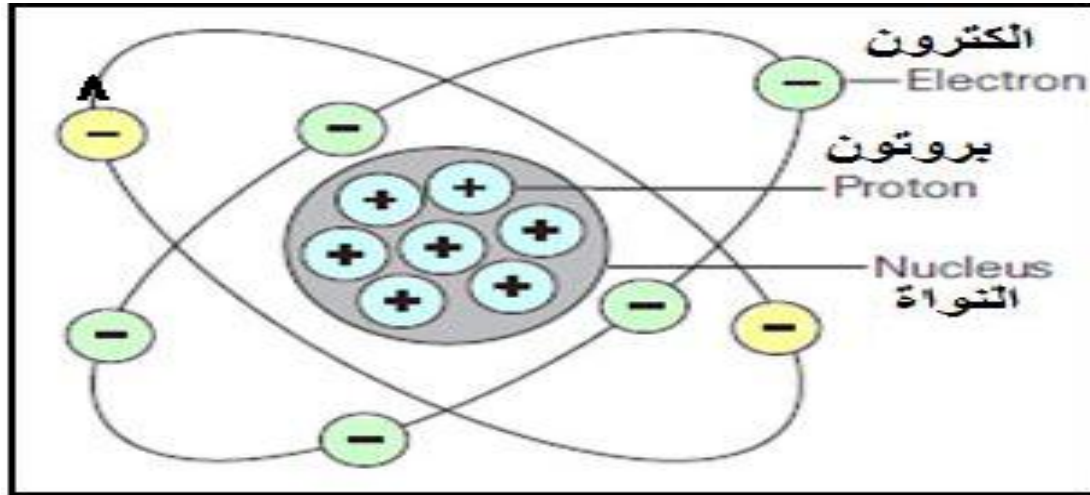
الذرة Atom هي أصغر جزء من العنصر الكيميائي الذي يحتفظ بالخصائص الكيميائية لذلك العنصر.

والذرة عبارة عن جسيم متناه في الصغر لا يمكن رؤيته بالعين المجردة، وإنها تتكون من نواة تحتوي على نوعين من الجسيمات المادية الأساسية.

ان الذرة متعادلة كهربائياً اوفي حالتها الطبيعية او غير مشحونة هذا يعني عدد الإلكترونات مساوياً لعدد البروتونات.

تركيب الذرة

تتكون كل ذرة من نواة موجبة الشحنة تمثل جزءاً صغيراً جداً من حجمها ولكن تؤلف أكثر من 99.9% من كتلتها الكلية. تحتوي النواة على نوعين من الجسيمات المشحونة المتناهية الصغر تسمى النيوترونات والبروتونات. فالنيوترون متعادل الشحنة وكتلته $1.675 \times 10^{-27} \text{kg}$ ، أما البروتون فهو يمثل نواة ذرة الهيدروجين وشحنته $+e$ وتساوي $1.602 \times 10^{-19} \text{C}$ وكتلته $1.673 \times 10^{-27} \text{kg}$. وتدور حول النواة بمدارات خارجية (دائرية الشكل أو قطع ناقص) جسيمات متناهية الصغر تسمى بالإلكترونات وهي ذات كتلة صغيرة جداً مقارنة بكتلة النواة مقدارها $9.1091 \times 10^{-31} \text{kg}$ وتحمل شحنة مساوية بالمقدار لشحنة البروتون الموجب، كما في الشكل (2-1).

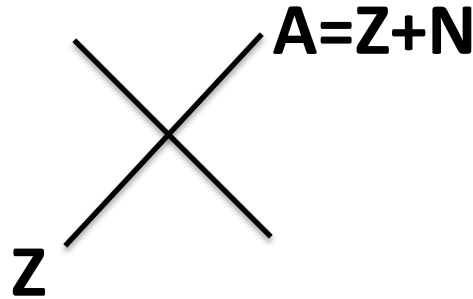


الشكل (2-1): رسم تخطيطي لتركيب الذرة

الجدول (1-1) يوضح خصائص بعض الجسيمات

Particle الجسيم	Symbol الرمز	Charge الشحنة	Mass الكتلة
Proton البروتون	p	$1.6 \times 10^{-19} \text{C}$	$1.67 \times 10^{-27} \text{kg}$
Neutron النيوترون	n	0	$1.67 \times 10^{-27} \text{kg}$
Electron الإلكترون	e	$-1.6 \times 10^{-19} \text{C}$	$9.11 \times 10^{-31} \text{kg}$

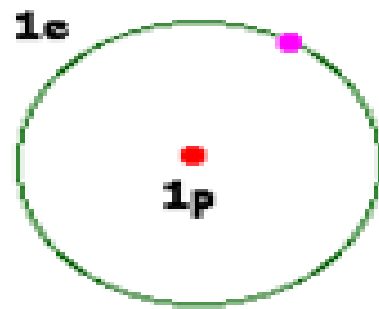
النظائر Isotopes



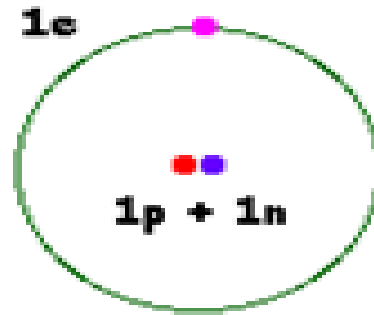
العدد الذري Atomic Number ويرمز له بالحرف Z أما العدد الكلي للبروتونات والنيوترونات داخل النواة فيسمى بالعدد الكتلي Mass Number ونرمز له بالحرف A ، اي:

$$A=Z+N$$

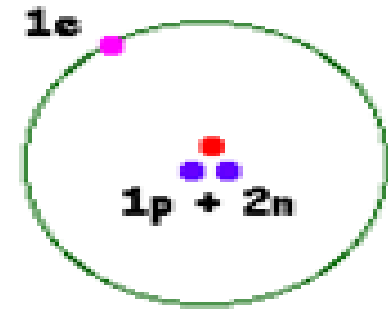
يرمز N إلى عدد النيوترونات داخل النواة.



${}^1_1\text{H}$
هيدروجين 1
Hydrogen



${}^2_1\text{H}$
هيدروجين 2
Deuterium



${}^3_1\text{H}$
هيدروجين 3
Tritium

النظائر Isotopes هي ذرات لعنصر واحد تتساوى في عددها الذرى (Z) وتتماثل بالتالي من ناحية صفاتها الفيزيائية وتفاعلاتها الكيميائية. تختلف عن بعضها البعض في العدد الكتلي (A) لأنويتها وبالتالي في عدد النيوترونات (N).

$$q = + Ne$$

حيث ان N عدد صحيح يمثل عدد الالكترونات او البروتونات

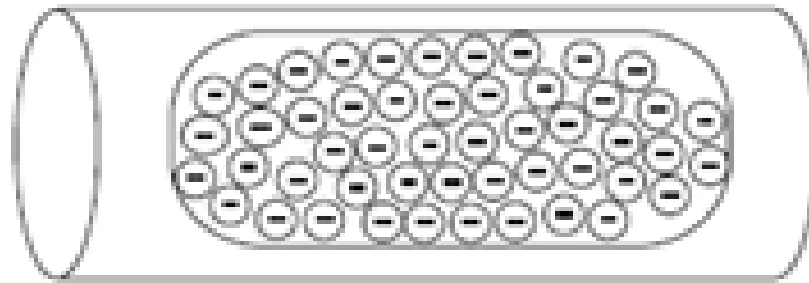
الشحنة Charge

تتكون الذرات بدورها من إلكترونات وبروتونات ونيوترونات. وهناك خاصية أخرى لهذه الجسيمات هي الشحنة (Charge). ويرمز لها بالرمز q (أو Q)، وتقاس بالكولوم (Coulomb) ويرمز له بالرمز C . فإن الشحنة قد تكون سالبة وقد تكون موجبة، وبالتالي فإن القوة الناتجة عن وجود خاصية الشحنة في المادة قد تكون قوة جذب أو قوى تنافر

ومن هنا يمكن استنتاج قاعدة التجاذب والتنافر التي نصها (تتجاذب الشحنات المختلفة وتتنافر الشحنات المتشابهة)

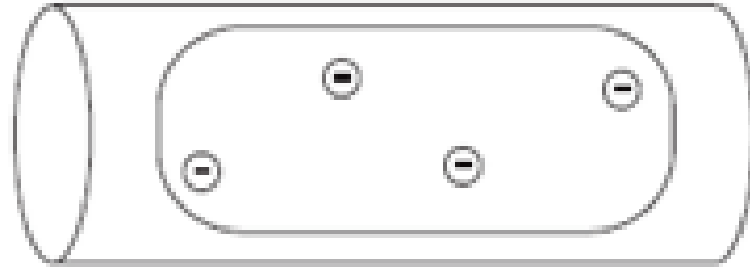
الموصلات والعوازل

- تقسم المواد من حيث توصيلها للتيار الكهربائي إلى ثلاثة أقسام، وهي:
1. المواد الموصلة Conductors: وهي المواد التي تسمح بمرور التيار الكهربائي عبرها مثل المعادن بمختلف أنواعها
 - وتحتوي على نوعين من الإلكترونات: a - الإلكترونات المقيدة
 - b - الإلكترونات الحرة



مادة موصله (مثل النحاس) تحتوي على عدد كبير من الإلكترونات الحرة

٢. المواد العازلة Insulators: هي المواد التي لا تسمح بمرور التيار الكهربائي عبرها مثل الخشب والزجاج والمطاط والبلاستيك. وتحتوي على الإلكترونات المقيدة فقط.



مادة عازله مثل (الخشب ، المطاط ، البلاستيك) تحتوي على عدد قليل جداً من الإلكترونات الحرة

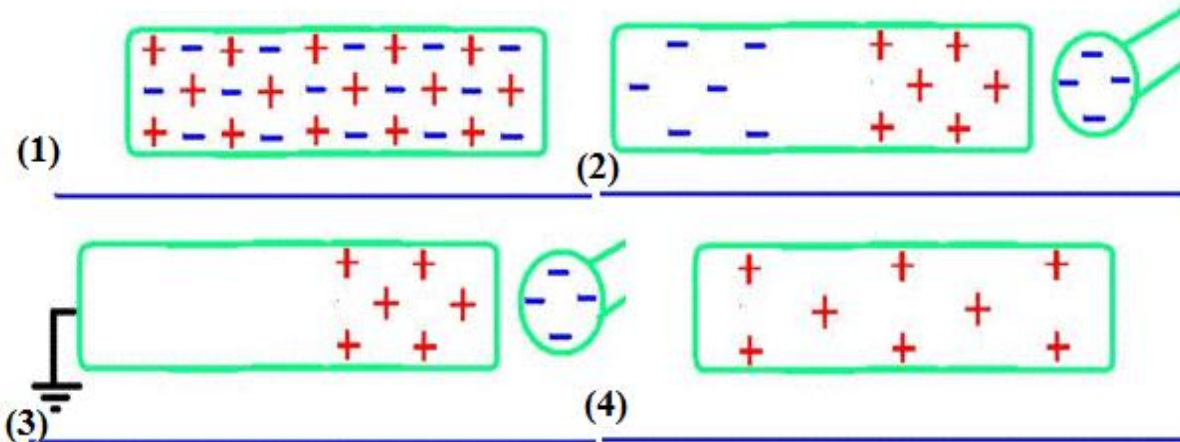
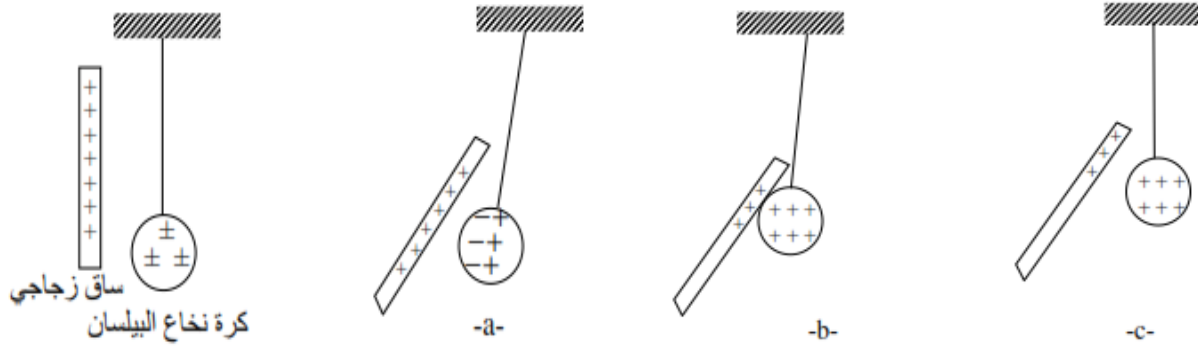
٣. أشباه الموصلات Semiconductors: هي مواد تتوسط توصيليتها بين المواد العازلة والمواد الموصلة، أي إنها في حالتها النقية عند درجة حرارة الصفر المطلق تكون عازلة للكهرباء ويتم التحكم بموصليتها عن طريق إضافة بعض الشوائب إليها. مثل السليكون والجرمانيوم.

طرائق التكهرب

يمكن تحقيق التكهرب بطرائق عدة. منها:

- ١- التكهرب بالدلك.
- ٢- التكهرب باللمس. (التوصيل)
- ٣- التكهرب بالتأثير. (الحث)

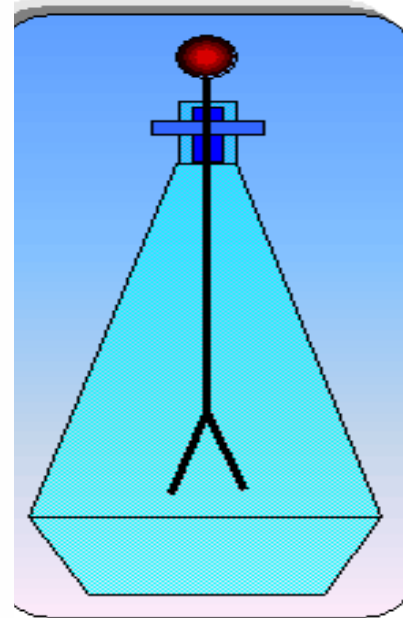
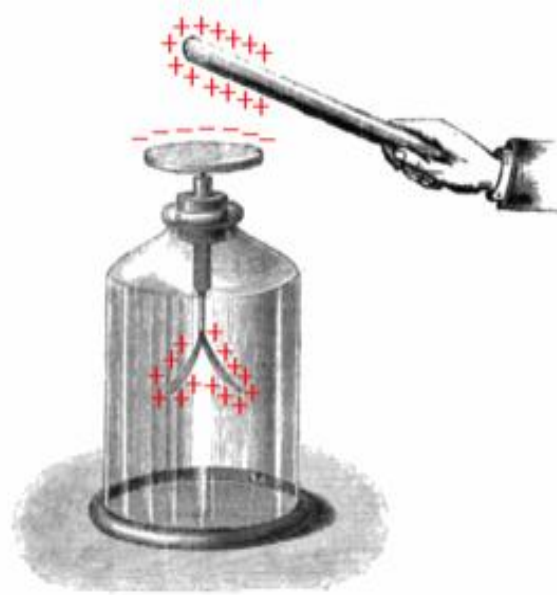
اللمس



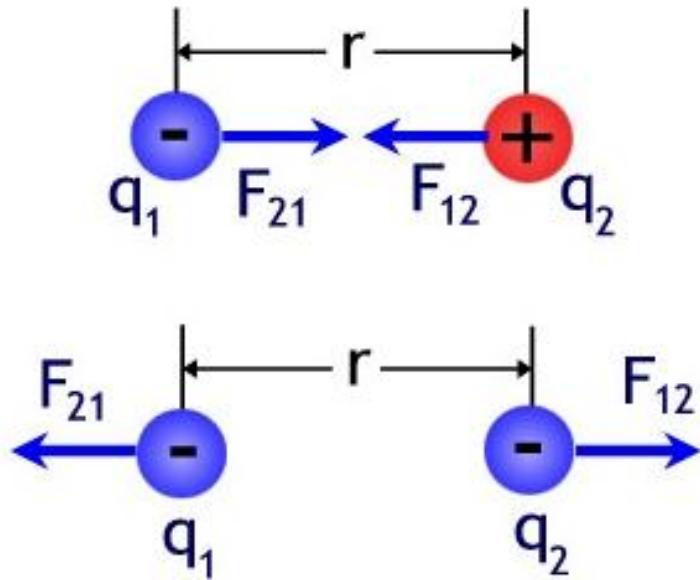
الحث

الكشاف الكهربائي

يستخدم الكشاف الكهربائي للكشف عن وجود الشحنة الكهربائية على الأجسام ونوعها. ويتكون هذا الكشاف من قرص معدني يتصل بساق معدنية تنتهي بورقتين معدنيتين رقيقتين وتوضع الساق والورقتان في بعض الأحيان داخل غلاف من الزجاج معزول عن الساق عزلاً كهربائياً.



قانون كولوم Coulomb's Law



"تناسب القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتان نقطيتان ساكنتان تناسباً طردياً مع حاصل ضرب مقدار الشحنتين وعكسياً مع مربع المسافة بينهما عند ثبوت طبيعة الوسط الفاصل بينهما".

$$F \propto q_1 \cdot q_2$$

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

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

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

ان K ثابت كولوم Coulomb Constant ويساوي $9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

ويمكن أن يكتب الثابت K كالآتي :

ϵ_0 يسمى ثابت سماحية الفراغ Permittivity constant of free space ويساوي تقريباً: $8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$.

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = \frac{1}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12}} = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$$

يطبق قانون كولوم على الشحنات النقطية Point Charges، وهي الشحنات التي تشغل حيزاً أبعاده صغيرة جداً مقارنة بالمسافات الفاصلة بينها.

وحدات قياس الشحنة الكهربائية

Units for Electrical Charge Measurement

١. نظام الوحدات الكهروستاتيكي (Electrostatic units e.s.u)، وحسب هذا النظام اختيرت وحدة الشحنة وفقاً لقانون كولوم الذي تعتبر فيه k تساوي واحداً

$$K = 1 \text{ dyne.cm}^2 / \text{statcoulomb}^2$$

٢. النظام الدولي للوحدات SI System International

$$K = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$$

$$1 \text{ coulomb} = 3 \times 10^9 \text{ statcoulomb}$$

تستعمل وحدات اصغر منه وأكثر مائة مثل ملي كولوم mC ويساوي 10^{-3}Coul ، أو المايكروكولوم μC ويساوي 10^{-6}Coul .

توزيع الشحنة المتصلة

هناك حالات تكون فيها الشحنة موزعة بشكل منتظم على طول خط مستقيم أو على سطح أو على حجم، يكون من الملائم أن تعرف كثافة الشحنة الموزعة وفق الحالات الآتية:

١. إذا كانت الشحنة q موزعة بشكل منتظم على طول خط مستقيم L ، فإن كثافة الشحنة الخطية تعرف كالآتي:

$$\lambda = q / L$$

٢. إذا كانت الشحنة q موزعة بشكل منتظم على سطح مساحته S ، فإن كثافة الشحنة السطحية تعرف كالآتي:

$$\sigma = q / S$$

٣. إذا كانت الشحنة q مثلاً موزعة بشكل منتظم خلال حجم V فإن كثافة الشحنة الحجمية تعرف كالآتي:

$$\rho = q / V$$

٤. إذا كانت الشحنة موزعة بشكل غير منتظم على طول أو سطح أو حجم فيجب ان نعبر عن كثافات الشحنات كالآتي:

$$\lambda = \frac{dq}{dL}, \sigma = \frac{dq}{dS}, \rho = \frac{dq}{dV}$$

إذ dq هي عنصر الشحنة على امتداد عنصر الطول أو السطح أو الحجم.

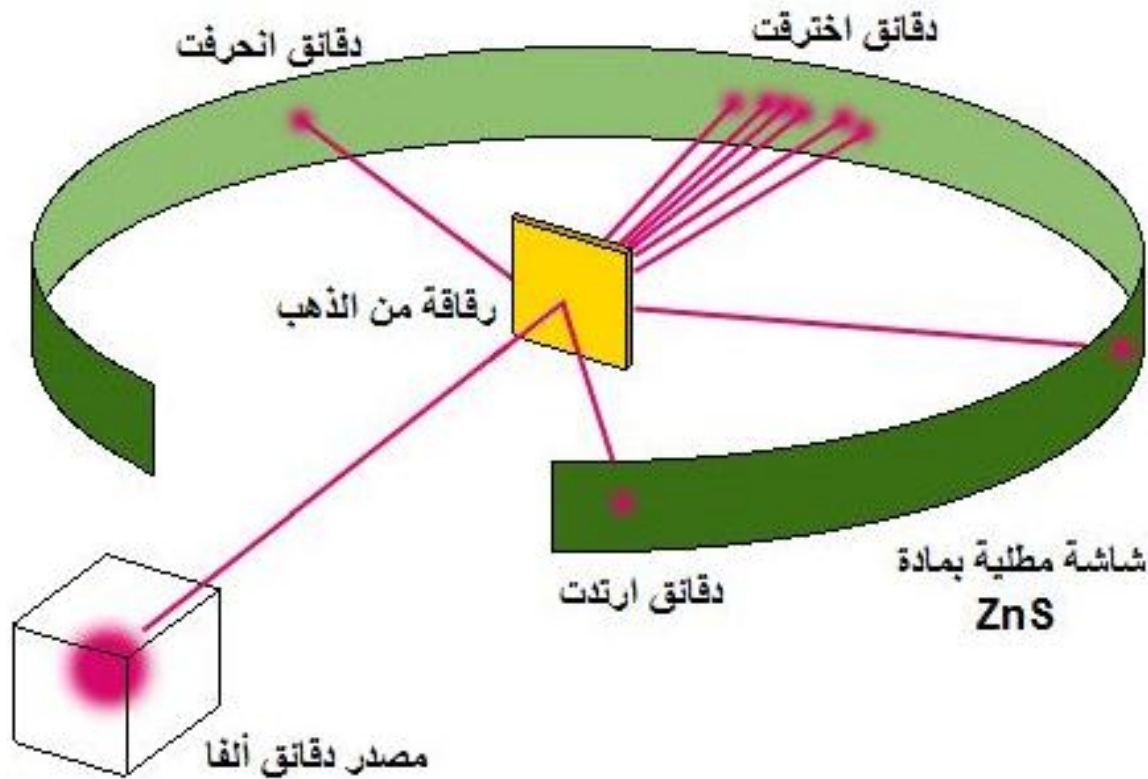
النماذج الذرية

١. نموذج دالتون
٢. نموذج طومسون
٣. نموذج رذرفورد
٤. نموذج بور

نموذج رذرفورد لتركيب الذرة Rutherford

Model of the Atom

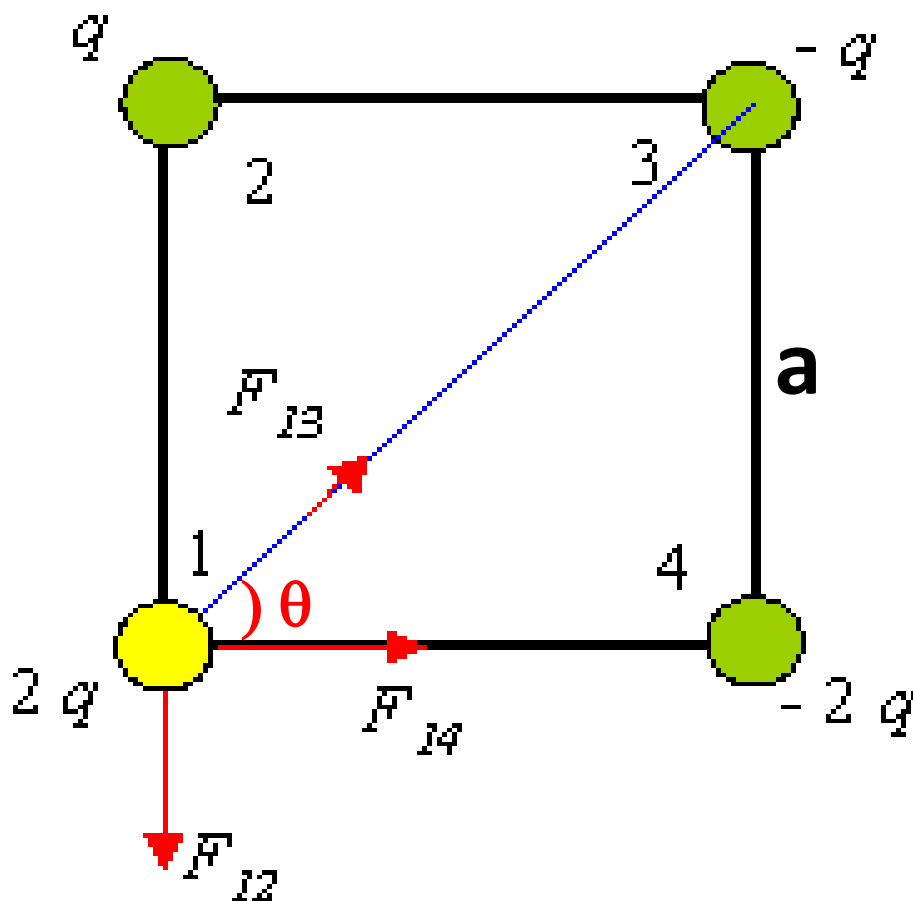
أن الذرة تتكون من نواة صغيرة الحجم ثقيلة الكتلة موجبة الشحنة محاطة
بإلكترونات صغيرة الحجم والكتلة وشحنتها سالبة تعادل شحنة النواة
الموجبة



واستنتج بان:

- ١- عدم انحراف اغلب الجسيمات دليل على وجود فراغ كبير في الذرة.
- ٢- انحراف بعض جسيمات ألفا انحرافا بسيطا يدل على احتواء الذرة بعض الجسيمات الثقيلة والمشحونة بشحنات موجبة وان جسيمات ألفا تكون قد اقتربت منها مما يسبب في تنافر بسيط معها وبالتالي كان سببا في ذلك الانحراف.
- ٣- الانحراف الكبير الذي عانتة القلة القليلة من جسيمات ألفا سببه تمركز الجسيمات الموجبة الشحنة بالذرة في وسطها مما سبب الانحراف الكلي لجسيمات ألفا المارة بمركز النواة.

مثال (4): من الشكل، أوجد مقدار واتجاه القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة $+2q$ مع العلم أن $a=5\text{cm}$ ، $q=1 \times 10^{-7}\text{ C}$.



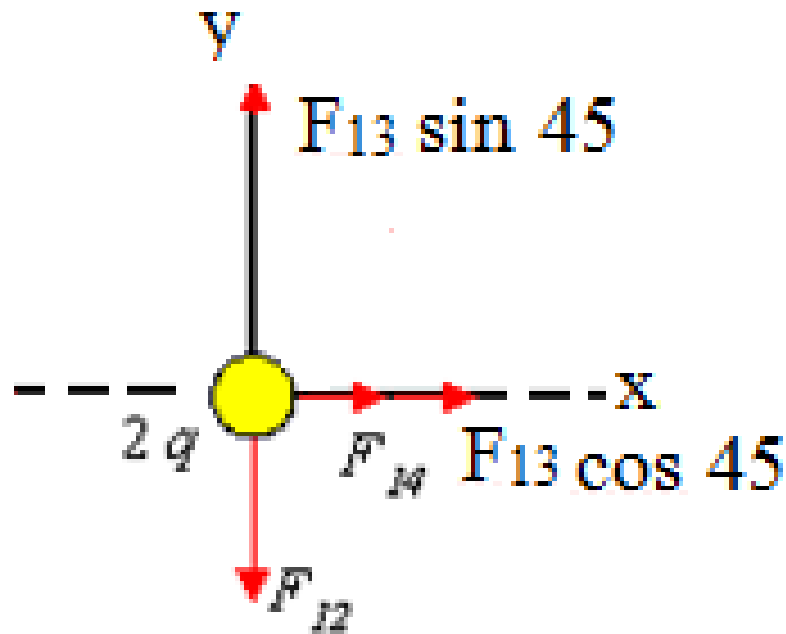
$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$F_{12} = 9 * 10^9 \frac{(1 * 10^{-7})(2 * 10^{-7})}{(5 * 10^{-2})^2}$$

$$F_{12} = \frac{18}{25} * 10^{+13} * 10^{-14} = 0.072\text{N}$$

$$F_{13} = 9 * 10^9 \frac{(1 * 10^{-7})(2 * 10^{-7})}{(7.07 * 10^{-2})^2} = 0.036\text{N}$$

$$F_{14} = 9 * 10^9 \frac{(1 * 10^{-7})(2 * 10^{-7})}{(5 * 10^{-2})^2} = 0.144\text{N}$$



$$F_{13x} = F_{13} \cos 45 = 0.025 \text{ N}$$

$$F_{13y} = F_{13} \sin 45 = 0.025 \text{ N}$$

$$F_x = F_{13x} + F_{14} = 0.025 + 0.144 = 0.169 \text{ N}$$

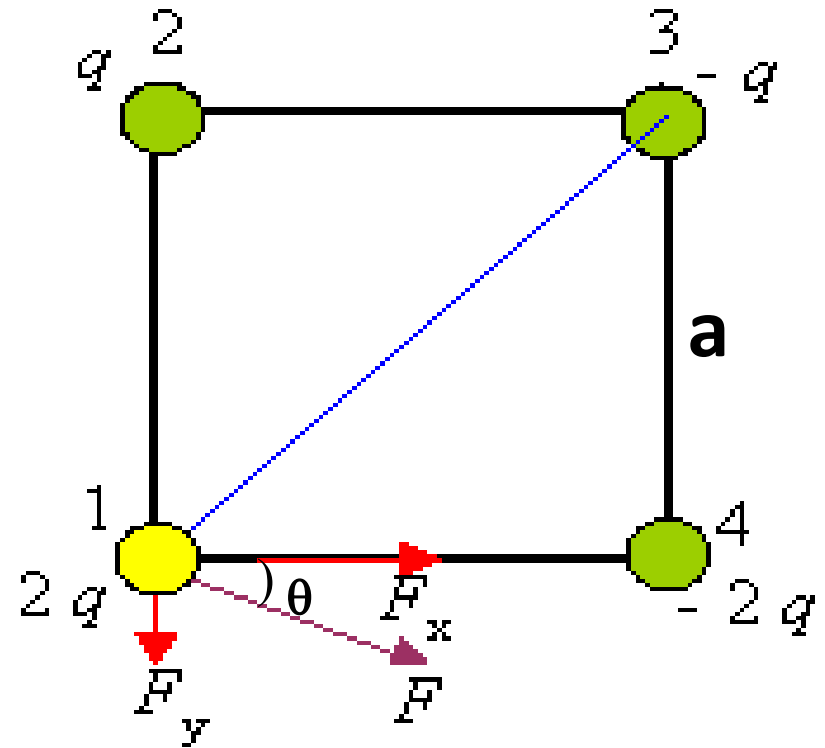
$$F_y = F_{13y} - F_{12} = 0.025 - 0.072 = -0.047 \text{ N}$$

$$F_1 = \sqrt{(F_x)^2 + (F_y)^2}$$

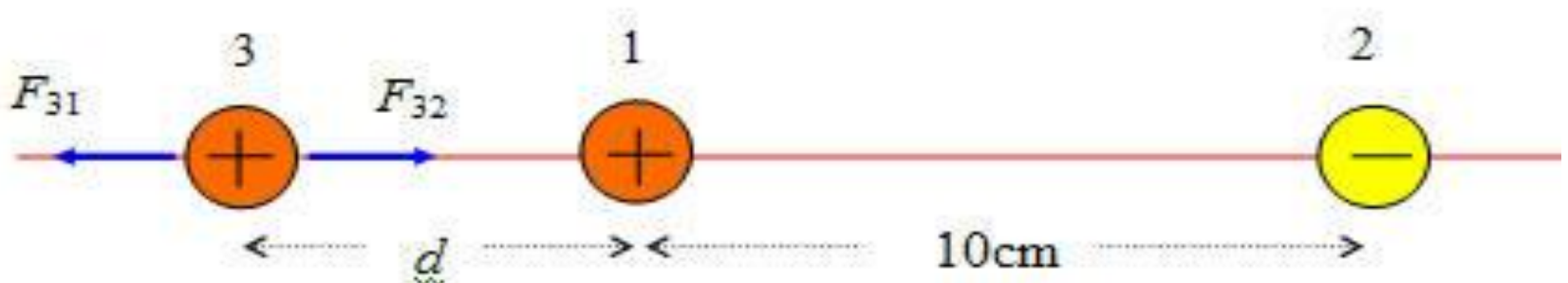
$$= 0.175 \text{ N}$$

أما الاتجاه يمكن تحديده باستخدام:

$$\tan \theta = \frac{F_y}{F_x} \Rightarrow \theta = \tan^{-1} \frac{F_y}{F_x}$$
$$= -15.5^\circ$$



مثال (2خ): من الشكل، في أي نقطة يجب ان توضع الشحنة الثالثة على استقامة الخط الواصل بين الشحنتين بحيث تكون القوة المؤثرة عليها صفراً. علماً ان $q_1=1\text{mC}$ و $q_2=3\text{mC}$.



$$F_{31} = F_{32}$$

$$k \frac{q_3 q_1}{r_{31}^2} = k \frac{q_3 q_2}{r_{32}^2}$$

$$\frac{1 \times 10^{-6}}{d^2} = \frac{3 \times 10^{-6}}{(d + 10)^2}$$

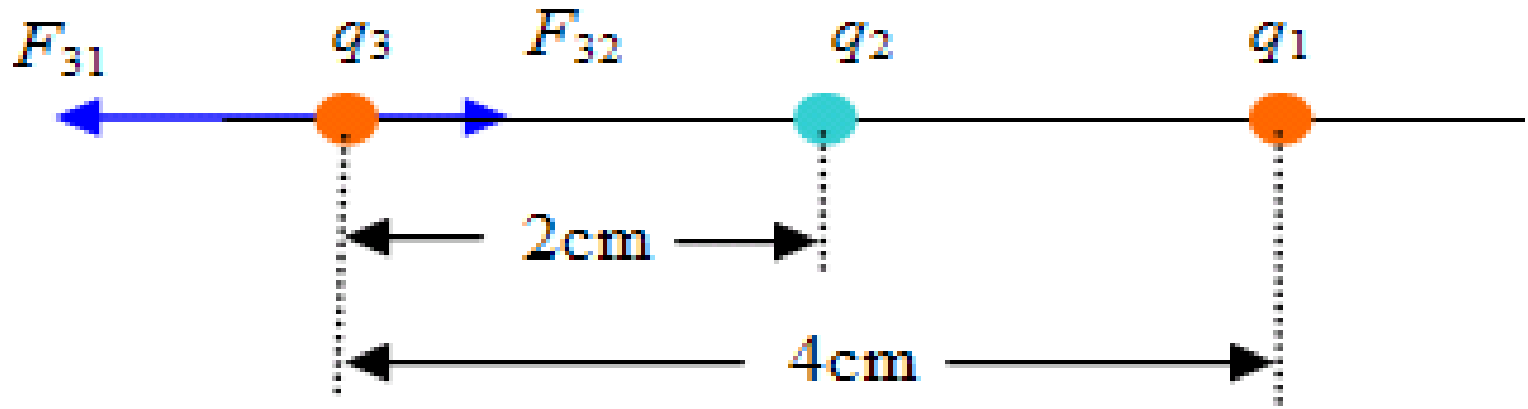
$$\frac{1}{d^2} = \frac{3}{(d + 10)^2} \Rightarrow 3d^2 = (d + 10)^2$$

وبجذر الطرفين

$$\sqrt{3}d = d + 10 \Rightarrow d(\sqrt{3} - 1) = 10$$

$$0.73d = 10 \Rightarrow d = 13.69\text{cm}$$

مثال (3خ): من الشكل، أوجد مقدار محصلة القوة المؤثرة على الشحنة q_3 علماً: $q_1=2\text{mC}$, $q_2=-3\text{mC}$, $q_3=5\text{mC}$.



$$F_{31} = \frac{(9 \times 10^9)(2 \times 10^{-6})(5 \times 10^{-6})}{(0.04)^2} = 56.25 \text{ N}$$

$$F_{32} = \frac{(9 \times 10^9)(3 \times 10^{-6})(5 \times 10^{-6})}{(0.02)^2} = 337.5 \text{ N}$$

$$F_3 = F_{32} - F_{31} = 337.5 - 56.25 = 281.25 \text{ N}$$

مثال (1): في عام 1913 وضع بور نظريته المشهورة لذرة الهيدروجين وقال بأنها تتكون من نواة تحتوي على بروتون واحد يدور حولها إلكترون واحد في مسار دائري. قارن بين قوة الجذب الكهربائية وبين قوة الجذب العام بين الإلكترون والنواة علماً بأن نصف قطر الدوران يساوي $5.3 \times 10^{-11} \text{m}$.

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 (\text{Nm}^2 \text{C}^{-2}) (1.6 \times 10^{-19} \text{C})^2}{(5.3 \times 10^{-11} \text{m})^2} = 8.2 \times 10^{-8} \text{N}$$

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = \frac{(6.7 \times 10^{-11} \text{Nm}^2 \text{kg}^{-2}) (9.11 \times 10^{-31} \text{kg}) (1.76 \times 10^{-27} \text{kg})}{(5.3 \times 10^{-11} \text{m})^2} = 3.82 \times 10^{-47} \text{N}$$

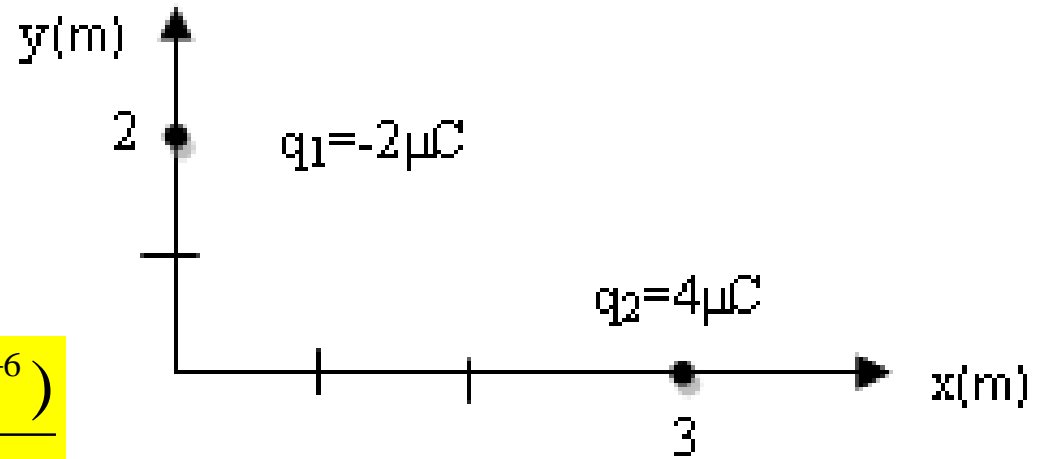
$$\frac{F}{F_g} = \frac{8.2 \times 10^{-8} \text{N}}{3.82 \times 10^{-47} \text{N}^2} = 2.14 \times 10^{39}$$

$$F = 2.14 \times 10^{39} F_g$$

مثال (5خ): من الشكل، أوجد مقدار القوة المتبادلة بين:
 $q_1 = -2\text{mC}$, $q_2 = 4\text{mC}$

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

$$= 9 \times 10^9 \frac{(2 \times 10^{-6})(4 \times 10^{-6})}{[(2)^2 + (3)^2]}$$



$$= 9 \times 10^9 \frac{(8 \times 10^{-12})}{[4 + 9]} = \frac{72}{13} * 10^{-3} = 5.54 \times 10^{-3} \text{ N}$$

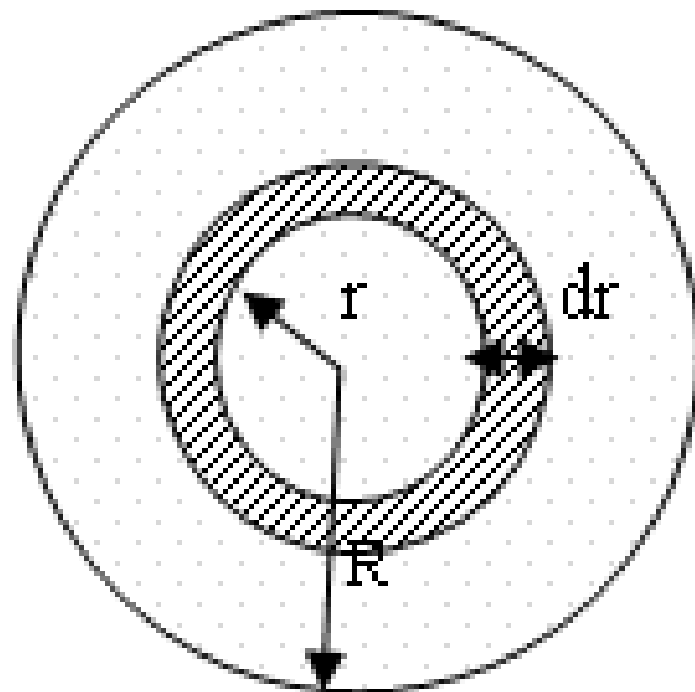
مثال (6خ): شحنة موزعة في كرة مصنوعة من مادة عازلة قطرها R ، وان الكثافة الحجمية للشحنة تتغير مع البعد عن مركز الكرة (r) وذلك حسب العلاقة $\rho = \rho_0 r$ فأحسب الشحنة الكلية على الكرة.

$$q = \int_0^R \rho dv$$

$$= \int_0^R (\rho_0 r)(4\pi r^2 dr)$$

$$= 4\pi\rho_0 \int_0^R r^3 dr$$

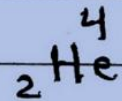
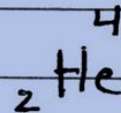
$$= 4\pi\rho_0 \left[\frac{r^4}{4} \right]_0^R = \pi\rho_0 R^4$$



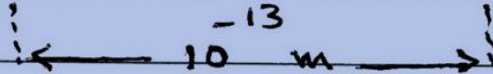
تمارين الفصل الاول (23)

س١ : تَمور اثن جسيمتي الفا (α-particles) توأميتا على بعد
 قدرة (10⁻¹³ m). ما مقدار القوة التي تؤثر بها احدى الرقيقتين
 على الاخرى؟ علماً بان جسيمه الفا تتكون من نيوترونين
 وبيوتونين .

Sol/ $q = +Ne$



$$q_2 = q_1 = q = 2 \times 1.6 \times 10^{-19} = 3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$$



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

$$F = 9 \times 10^9 \frac{3.2 \times 10^{-19} \times 3.2 \times 10^{-19}}{(10^{-13})^2}$$

$$\therefore F = 0.092 \text{ nt}$$

س 2 : كرتات معدنتيات تحملات شحنتين مقدارهما $(+2 \mu C)$ و $(-4.4 \mu C)$ جلبت اُحداهما لكي تلامس الاخرى ، ثم وضعتا على مسافة قدرها (6 cm) . ما مقدار القوة الكهروستاتيكية العاطلة بينهما ؟ وهل هي قوة تنافر أم قوة تجاذب ؟

sol / $q = 2 + (-4.4) = -2.4 \mu C$

$q = \frac{-2.4}{2} = -1.2 \mu C$ لكل منهما

$$F = 9 \times 10^9 \frac{1.2 \times 10^{-6} \times 1.2 \times 10^{-6}}{(6 \times 10^{-2})^2}$$

القوة هي تنافر $F = 3.6 \text{ n}$

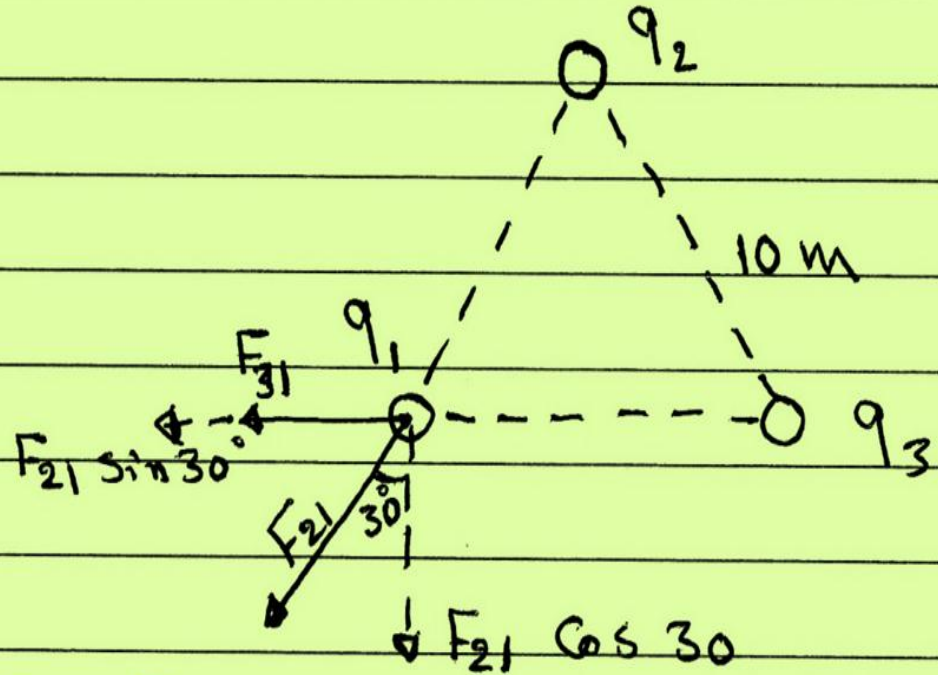
س 3 : وندعت ثلاث شحنات نقطية، مقدار كل منها (9 كولوم) على رؤوس مثلث متساوي الاضلاع اذ ابعاد القوة التي تؤثر على كل حقه اذا علمت انه طول اضلاع المثلث يساوي (10 m).

sol/

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

$$F = 9 \times 10^9 \frac{9^2}{10^2}$$

$$F = 9 \times 10^7 \text{ N} = F_{21} = F_{31}$$



$$F_x = F_{21} \sin 30 + F_{31}$$

$$F_x = 9 \times 10^7 \text{ q}^2 \times \frac{1}{2} + 9 \times 10^7 \text{ q}^2$$

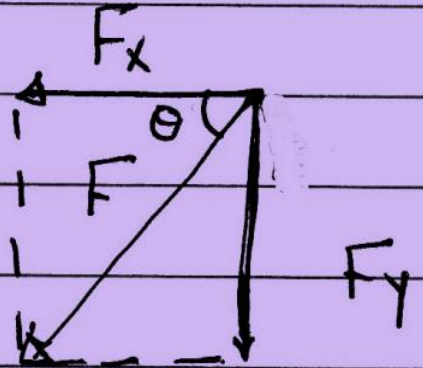
$$F_x = 13.5 \times 10^7 \text{ q}^2 \text{ nt}$$

$$F_y = F_{21} \cos 30 = 9 \times 10^7 \text{ q}^2 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 7.74 \times 10^7 \text{ q}^2$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

$$F = \sqrt{(13.5 \times 10^7 \text{ q}^2)^2 + (7.74 \times 10^7 \text{ q}^2)^2}$$

$$\therefore F = 15.6 \times 10^7 \text{ q}^2 \text{ nt}$$



س٤ : كرتان صغرتان كتلة كل منهما (10g) علقنا من نقطته وأمره بواسطة خيطين من الحرير طول كل منها متر واحد. فإذا سُحبت كل من الكرتين بجهة موجبه متساوية وصحت السانح بين الكرتين بحيث أصبحت الزاوية بين الخيطين (8°). أوجد مقدار سحبه كل من الكرتين .

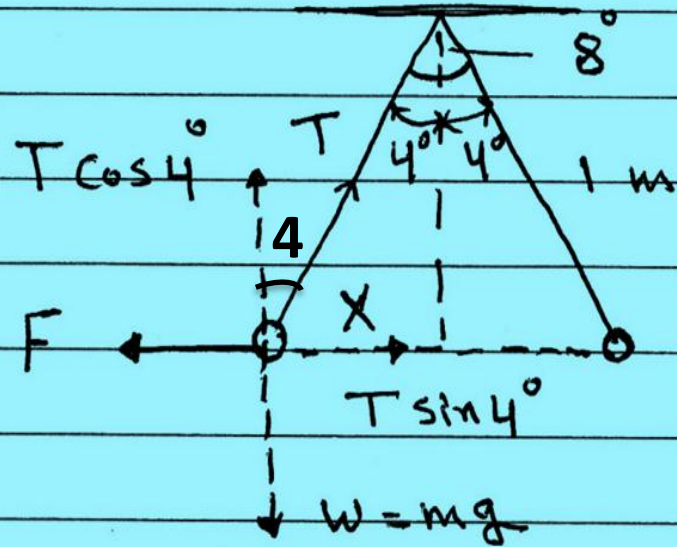
Sol/

$$\sum F_x = 0$$

$$F = T \sin 4^\circ \quad \dots (1)$$

$$\sum F_y = 0$$

$$W = T \cos 4^\circ \quad \dots (2)$$



$$\frac{F}{W} = \tan 4^\circ$$

$$F = W \tan 4^\circ$$

$$k \frac{q^2}{r^2} = mg \tan 4^\circ$$

$$q^2 = \frac{mgr \tan 4^\circ}{k}$$

$$\sin 4 = \frac{x}{1}$$

$$x = \sin 4^\circ$$

$$x = 0.0698 \text{ m}$$

$$\therefore r = 2 \times 0.0698$$

$$r = 0.14 \text{ m}$$

$$q^2 = \frac{10 \times 10^{-3} \times 10 \times (0.14)^2 \times 0.07}{9 \times 10^9}$$

$$\therefore q = 12 \times 10^{-8} \text{ coul}$$

5 س : أثبتت تجاربه رادرفورد انه قانون كولوم يشرح تفسيره للمسافات المقصيره لحد (10^{-12} cm) . فاذا كانت نواة ذرة الذهب تحتوي على (118) نيوترون و (79) بروتون وكانت نواة الهيليوم (مسيمة الفا) تحتوي على نيوترونين وبروتونين. اشرح :
 (a) قوة التنافر بين نواة الذهب ونواة الهيليوم عندما تكون المسافة بينهما (10^{-12} cm) .
 (b) تجعل نواة الهيليوم عند هذه المسافة .

Sol/

$$q = +Ne$$

(a)

مقدار الشحنة لنواة الذهب

$$q_1 = 79 \times 1.6 \times 10^{-19} = 126.4 \times 10^{-19} \text{ Coul}$$

مقدار الشحنة لنواة الهيليوم

$$q_2 = 2 \times 1.6 \times 10^{-19} = 3.2 \times 10^{-19} \text{ Coul}$$

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

$$F = 9 \times 10^9 \frac{79 \times 10^{-19} \times 3.2 \times 10^{-19}}{(10^{-12} \times 10^{-2})^2}$$

$$F = 364 \text{ nt}$$

$$F = ma$$

(b)

$$a = \frac{F}{m} = \frac{364}{4 \times 1.67 \times 10^{-27}}$$

↓ (تمثل العدد الكتلي 4) في كل البروتونات والنيوترونات

$$\therefore a = 54.5 \times 10^{27} \text{ m/sec}^2$$