

# CHAPTER 1

## Electric Charge

- تأتي الشحنة الكهربائية في نوعين :

 positive

negative 

- الشحنات المتماثلة تتنافر



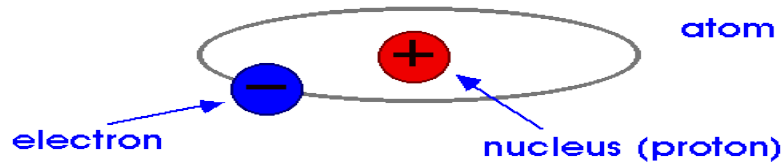
or



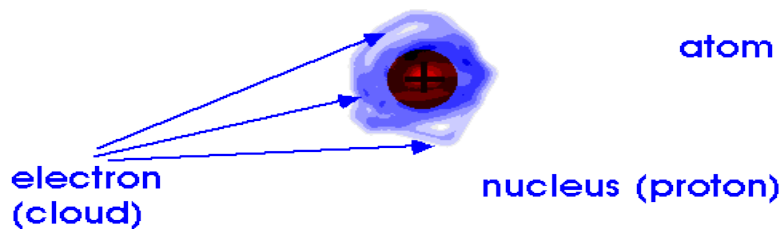
- الشحنات المختلفة تتجاذب



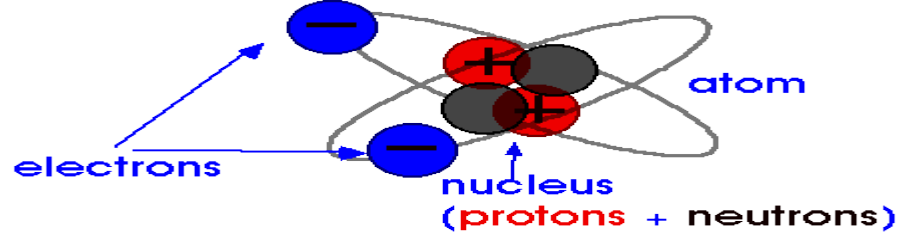
- هذه الشحنات الكهربائية هي جزء من تركيب الذرات



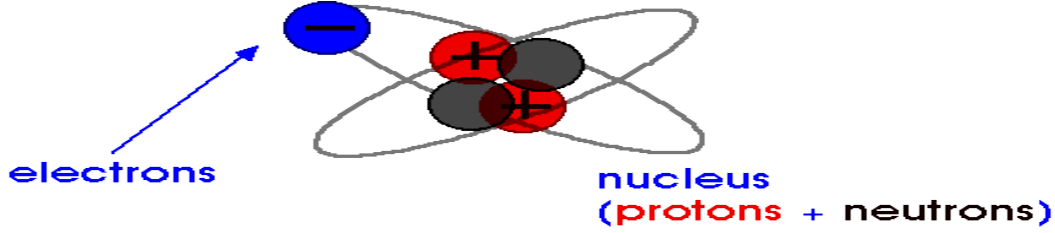
- قد تكون هذه "الصورة" أفضل نموذج للذرة



- باستثناء الهيدروجين، فإن أي نواة موجبة الشحنة تحتوى أيضا على نيوترونات

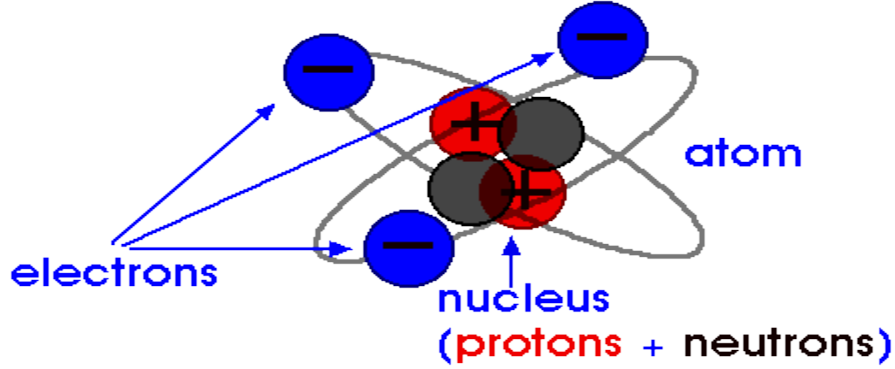


- فقد إلكترون يعني أن النواة أصبحت موجبة الشحنة



- فقد إلكترون يحول الذرة إلى أيون موجب.

إذا كان هناك زيادة في عدد الإلكترونات السالبة عن عدد الشحنات الموجبة فإن الذرة تصبح أيونا سالبا



## Conductors and Insulators

## الموصلات والعوازل

**الموصل الكهربائي:** هو أي مادة تسمح بمرور التيار الكهربائي عبرها، مثل المعادن بمختلف أنواعها. ويرجع السبب في ذلك إلى تركيبها الذري حيث تحتوي على عدد هائل من الإلكترونات الحرة القابلة للحركة تحت تأثير قوة خارجية كمصدر جهد كهربائي أو بطارية.

**العوازل الكهربائية:** هي المواد الرديئة في توصيلها للكهرباء. تقريبا لا توصل الكهرباء.

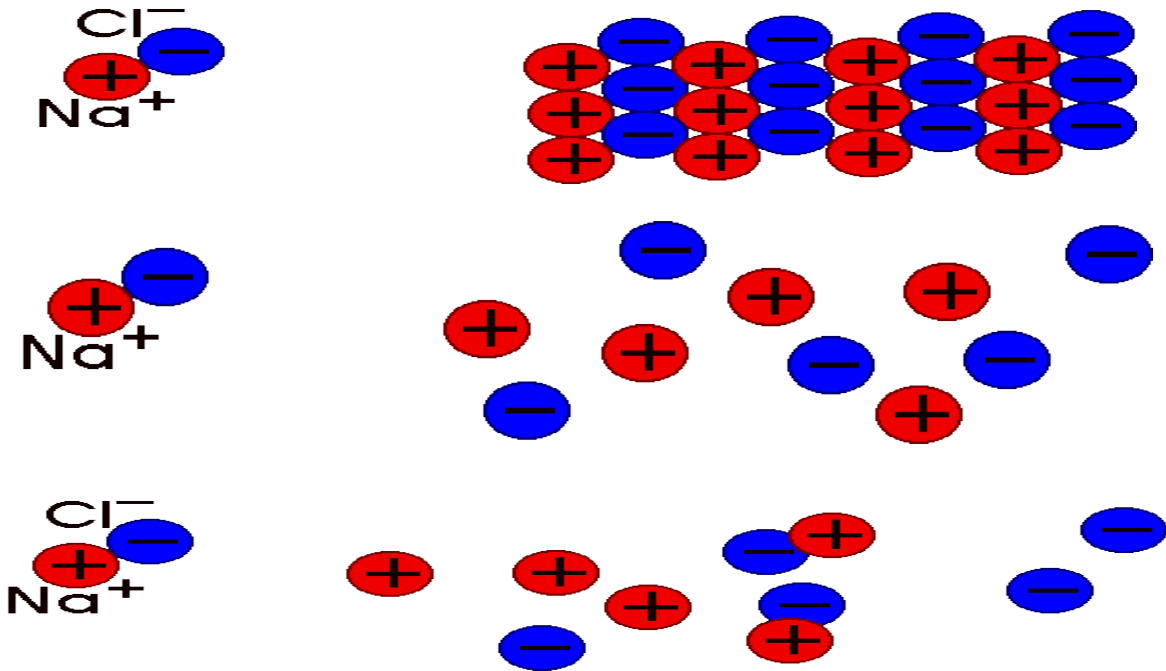
مثل الغازات في الحالة العادية وأغلب السوائل وكل المواد الصلبة ماعدا الكربون والمعادن ويعرف بأنه المادة التي تتكون من ذرات فيها قوى الربط بين الإلكترون الحر وبين النواة كبيرة جدا حيث يكون من الصعب التغلب على طاقة الربط فيها وعادة تكون العوازل الكهربائية مواد رديئة التوصيل للحرارة.

بعض المواد كالمعادن مثلا تسمح للشحنات بالحركة بسهولة خلالها وهذه المواد تسمى بالموصلات.

**Some materials -- metals are an example -- allow electric charges to move through them easily; these are called *conductors*.**

**Some materials -- wood and glass are examples -- do not allow electric charges to move through them; these are *insulators*.**

**Ions in a liquid allow electric charges to move.**



## قانون كولوم :

يدرس القوى الكهربائية بين شحنتين كهربيتين ساكنتين حيث وجد ان الشحنات المختلفة تتجاذب والشحنات المتشابهة تتجاذب وقد وجد ان القوى الكهربائية بين شحنتين  $q_1 q_2$  بينهما مسافة  $r$  تتناسب طردياً مع حاصل ضرب الشحنتين وعكسياً مع مربع المسافة  $r$  بينهما

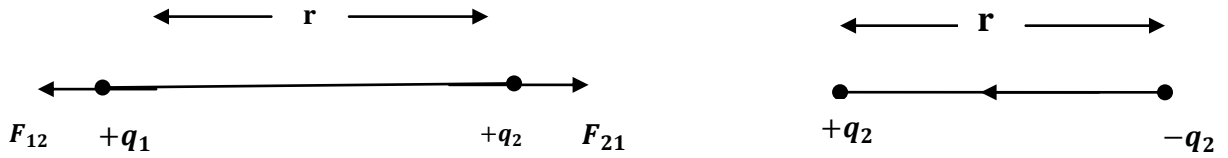
$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

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

وهذا يعرف بقانون كولوم , وثابت التناسب  $k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{c^2}$

ويعرف بالثابت الكهربى  $k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$  حيث  $\epsilon_0$  تعرف بمعامل السماحية للفراغ حيث  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$  وهو معامل السماحية للفراغ

القوة الكهربائية  $F$  تعمل على الخط الواصل بين الشحنتين , إلى الداخل أى تعمل على تقليل المسافة بين الشحنتين إذا كانت الشحنتين مختلفتين وإلى الخارج إذا كانت الشحنتين متشابهتين

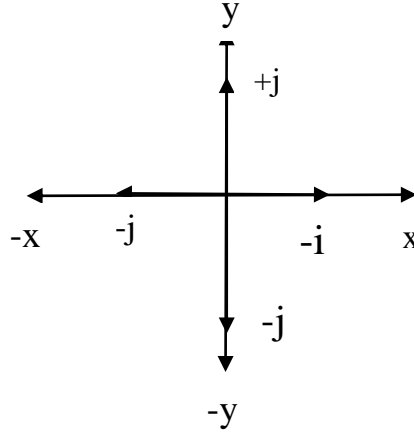


نلاحظ أن  $F_{21} = K_e \frac{q_2 q_1}{r^2}$  ,  $F_{12} = K_e \frac{q_1 q_2}{r^2}$

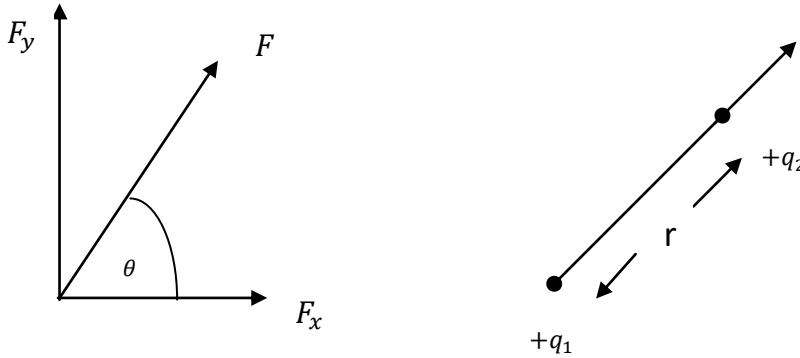
مقداراً  $F_{12} = F_{21}$  أى ان

لكن  $F_{12}$  كمتجه عكس  $F_{21}$  لذا فان  $\overline{F_{12}} = -\overline{F_{21}}$

القوة  $F$  كمية متجهة , أى ان لها مقدار واتجاه فالمقدار نحصل عليه بحاصل ضرب الثابت الكهربى فى الشحنتين  $q_1, q_2$  وقسمة ذلك على مربع المسافة بين الشحنتين  $r^2$  أما اتجاه القوة  $F$  اذا كانت جهة اليمين فهى فى اتجاه  $(+i)$  حيث  $i$  متجه وحده فى الاتجاه الموجب لمحور  $x$  أو  $(+i)$  فى الاتجاه السالب لمحور  $x$ , اذا كانت القوة  $F$  فى الاتجاه الموجب لمحور  $y$  ( رأسياً لأعلى ) فيكون فى اتجاه  $(+j)$  وإذا كانت رأسياً لأسفل فيكون اتجاه القوة  $(-j)$



إذا كانت القوة  $F$  غير منطبقة على محوري  $x$  ،  $y$  فيلزم تحليل القوة  $F$  الى مركبين احدهما في اتجاه محور  $X$  والاخرى في اتجاه محور  $y$



نلاحظ بتحليل  $\bar{F}$  الى مركبين  $F_x$  ،  $F_y$  فتكون المركبين  $F_x$  ،  $F_y$  موجبين أى أن المحصلة تقع فى الربع الأول والمحصلة :

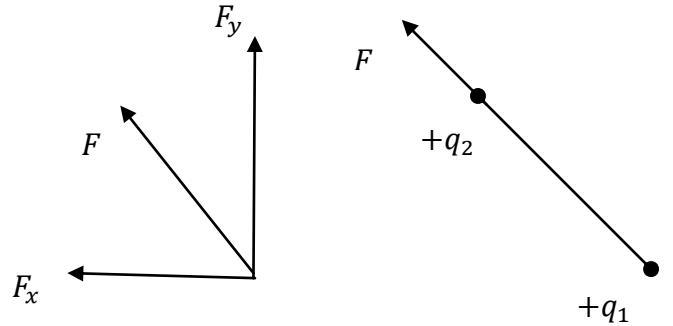
$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

واتجاه المحصلة:  $\theta = \tan^{-1} F_x / F_y$

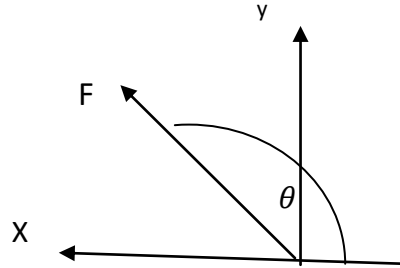
ونلاحظ أن  $0 < \theta < 90$

بتحليل  $\bar{F}$  الى مركبين  $F_x = -$  ،  $F_y = +$  أى أن المركبة فى اتجاه  $X$  السالبة وفى اتجاه  $y$  لأعلى الموجبة فتكون المحصلة فى الربع الثانى أى ان

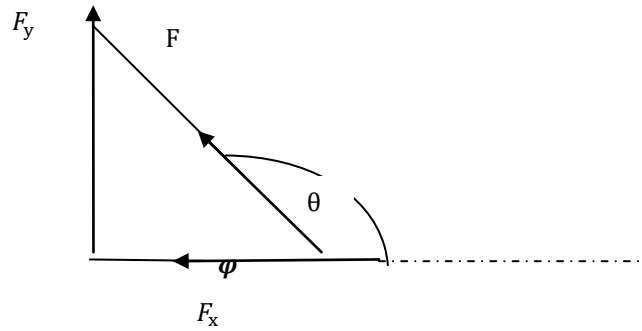
$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$



أما اتجاه المحصلة فيقاس من المحور الموجب لـ X وصولاً للمحصلة في هذه الحالة نقيس الزاوية  
الرابع الثاني



ولتكن  $\varphi$

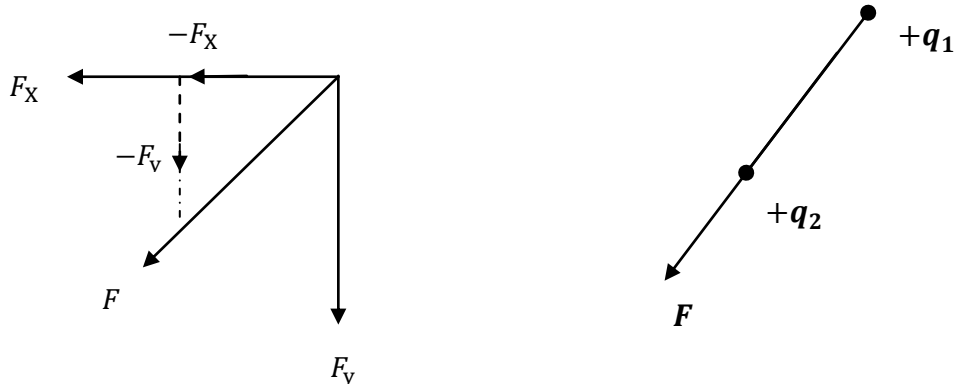


حيث  $\varphi = \tan^{-1} F_x / F_y$  لكن الزاوية المطلوبة ليس  $\varphi$  وانما  $\theta$  فيكون ميل المحصلة

$$\theta = 180 - \varphi$$

الحالة الثالثة

إذا كان اتجاه القوة F كما بالرسم فأننا سوف نحلل المحصلة إلى مركبين

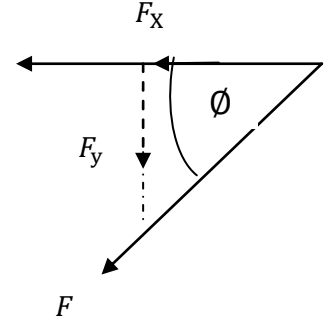


وتكون كلتا المركبتين  $F_x$  ،  $F_y$  سالبيتين فتكون المحصلة

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

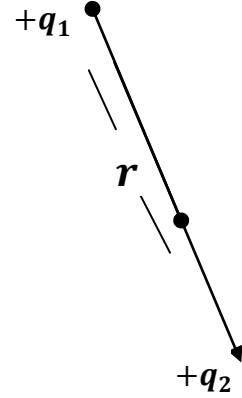
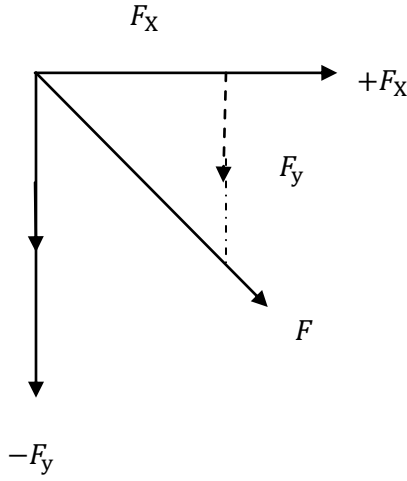
بتعيين الزاوية  $\phi = \tan^{-1} F_x / F_y$  يكون ميل المحصلة على الاتجاه الموجب لمحور x

$$\theta = \pi + \phi$$



الحالة الرابعة اذا كان اتجاه القوة  $F$  كما بالرسم فان تحليل القوتين  $F_x$  ،  $F_y$  سيكون بالربع الربع أى أن  $F_x$

موجبة و  $F_y$  سالبة



المحصلة

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

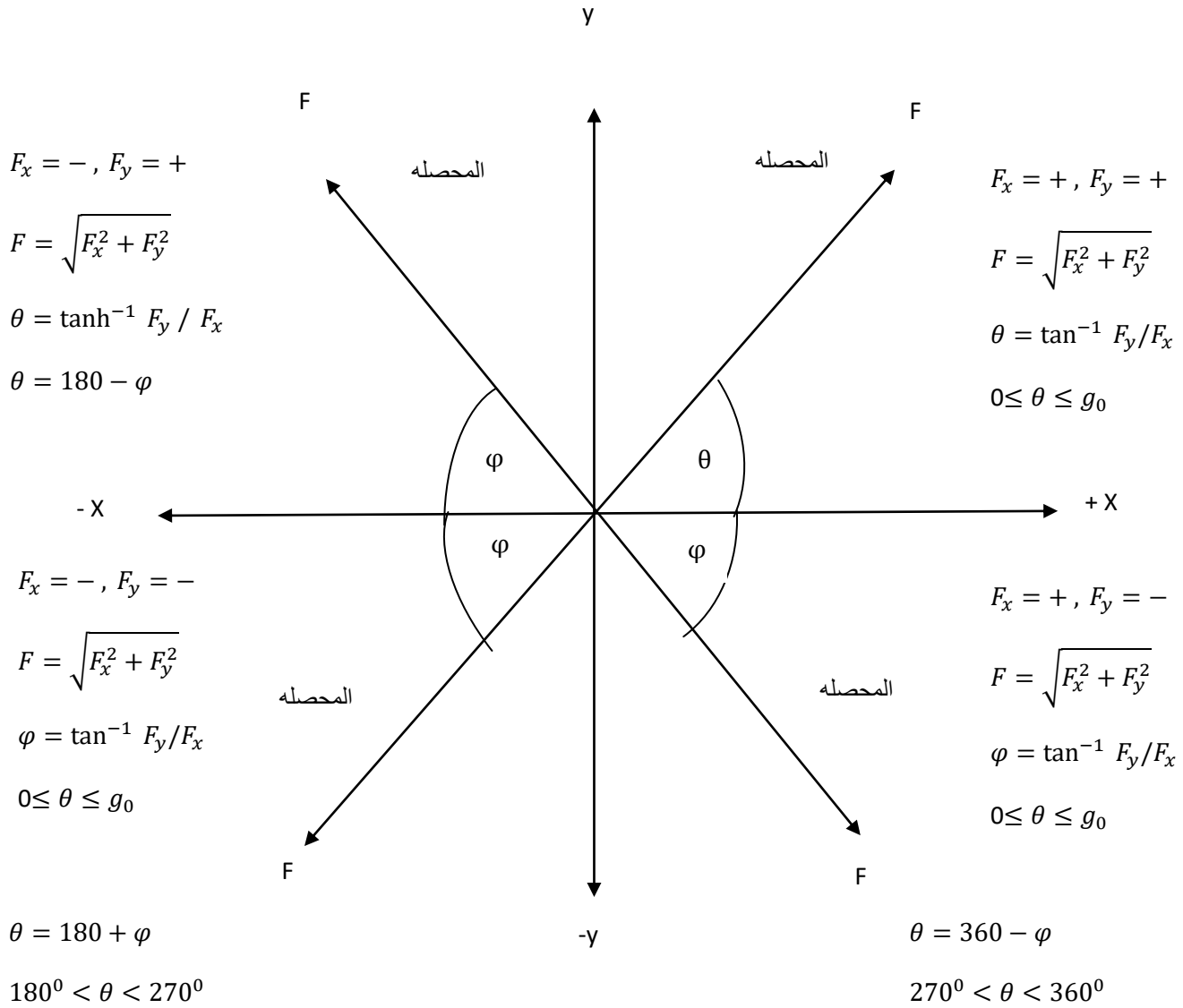
ميل المحصلة  $\theta = 360 + \phi$

الزاوية  $\phi = \tan^{-1} F_x / F_y$

ملخص ما سبق

$$F = K_e \frac{q_2 q_1}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2 q_1}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \frac{q_2 q_1}{r^2}$$





## مثال

Consider 3 point charges located at corners of triangle as shown.

$$q_1 = q_3 = 5 \mu\text{C} \text{ and } q_2 = -2 \mu\text{C}, a = 0.1 \text{ m}$$

Find the resultant force on  $q_3$  ?

Let us first calculate the magnitude of the two forces  $F_{23}$  and  $F_{13}$  that effect on the charge  $q_3$

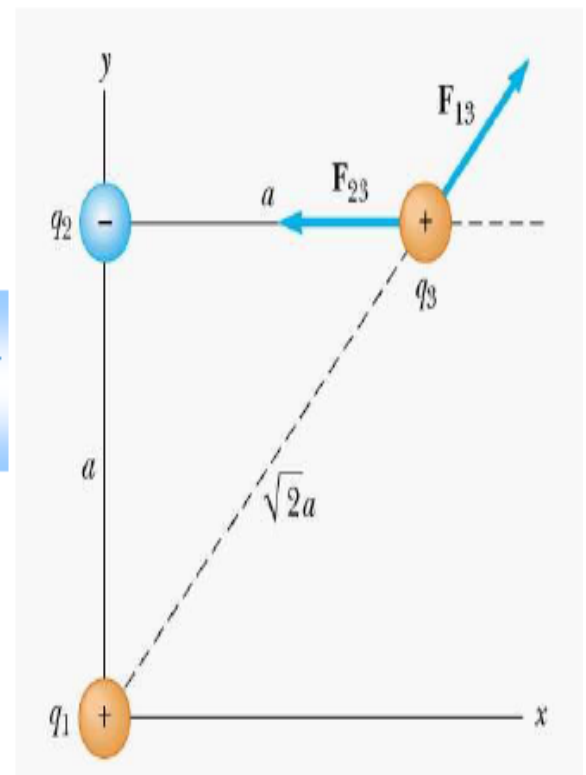
$$|F_{23}| = \left| k_e \frac{q_3 q_2}{a^2} \right| = \left| \left( 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \right) \frac{(5 \times 10^{-6} \text{ C})(2 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.1 \text{ m})^2} \right| = 9.0 \text{ N}$$

$F_{23}$  has only an  $x$  component (to the left)

$$\vec{F}_{23} = -9 \text{ N } \hat{i}$$

$$|F_{13}| = k_e \frac{q_3 q_1}{(\sqrt{2}a)^2} = \left( 9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \right) \frac{(5 \times 10^{-6} \text{ C})(5 \times 10^{-6} \text{ C})}{2 \cdot (0.1 \text{ m})^2} = 11.24 \text{ N}$$

$F_{13}$  makes an angle  $45^\circ$  with positive  $x$ -axis)



First resolve  $\vec{F}_{13}$  into their x and y components:

$$\vec{F}_{13} = |\vec{F}_{13}| \cos \theta \hat{i} + |\vec{F}_{13}| \sin \theta \hat{j}$$

$$= 11N \cdot \cos 45^\circ \hat{i} + 11N \cdot \sin 45^\circ \hat{j} = 7.9N \hat{i} + 7.9N \hat{j}$$

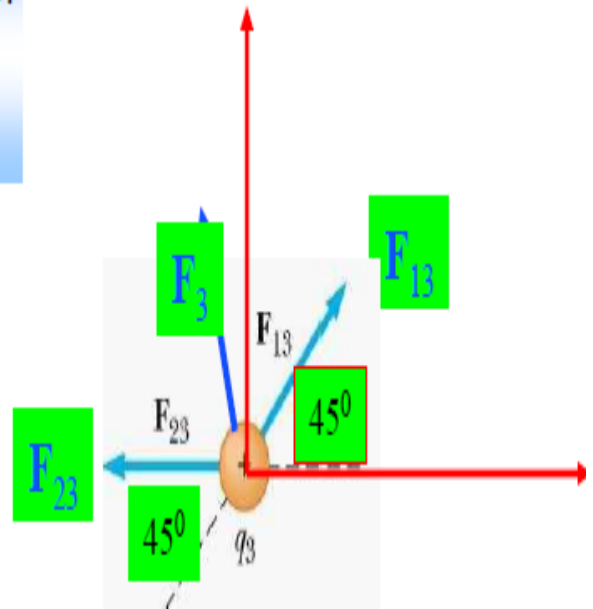
**Second add x, y components of  $\vec{F}_{23}$  and  $\vec{F}_{13}$  to find x, y components of  $\vec{F}_3$ .**

$$\begin{aligned}\vec{F}_3 &= \vec{F}_{23} + \vec{F}_{13} = [-9N \hat{i}] + [7.9N \hat{i} + 7.9N \hat{j}] \\ &= (-1.1 \hat{i} + 7.9 \hat{j})N\end{aligned}$$

Now we can find the magnitude and direction of  $\vec{F}_3$ :

$$|F_3| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(-1.1)^2 + (7.9)^2} N = 8.0 N$$

$$F_3 \text{ direction} = \tan^{-1} \frac{F_y}{F_x} = \tan^{-1} \frac{7.9}{-1.1} = 98^\circ$$



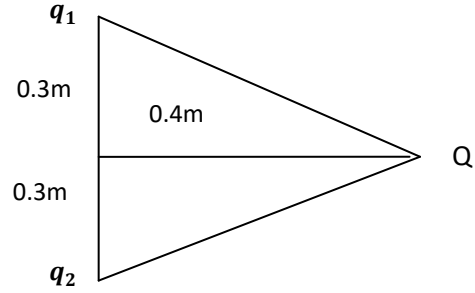
## تمارين محلولة على قانون كولوم

1- اوجد محصلة واتجاه القوى المؤثرة على الشحنة Q كما بالشكل علماً بأن

$$Q = 4 \times 10^{-6} C, q_1 = q_2 = 2 \times 10^{-6} C$$

$$F_{Qq_1} = 9 \times 10^{-6} \frac{(4 \times 10^{-6})(2 \times 10^{-6})}{(0.5)^2}$$

$$= 0.29 N = F_{Qq_2}$$



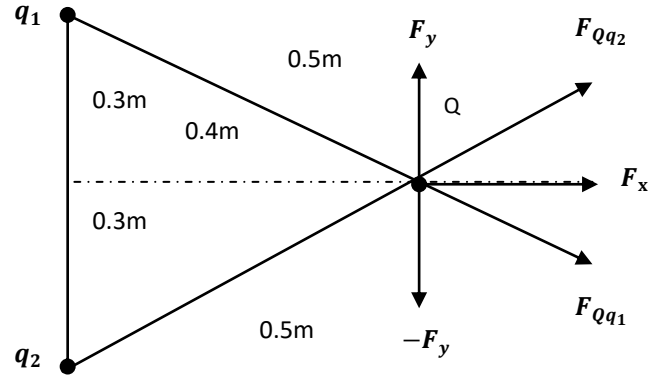
بتحليل متجه القوى F إلى مركبين

$$F_x = F_{Qq_1} \cos \theta + F_{Qq_2} \cos \theta$$

$$= 2F_{Qq_1} \cos \theta = 2F_{Qq_2} \cos \theta$$

$$= 2 \times 0.29 \frac{0.4}{0.5} = 0.46 N$$

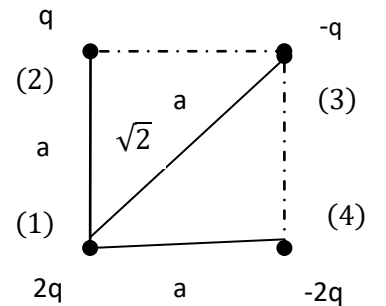
$$F_y = F_{Qq_2} \sin \theta - F_{Qq_1} \sin \theta = 0$$



القوى المحصلة مقدارها 0.46N وفي الاتجاه الموجب لمحور X .

2- أوجد القوى المحصلة على الشحنة الموجودة عند ركن المربع رقم (1) افترضى أن  $q = 1 \times 10^{-7} C$  وان طول ضلع المربع a=5 cm .

نوصل الشحنات عند الاركان 2,3,4 بالشحنة عند الركن (1) . ثم نوجد القوى  $F_{12}, F_{13}, F_{14}$



$$F_{12} = 9 \times 10^9 \frac{(2 \times 10^{-7})(1 \times 10^{-7})}{(0.05)^2} = 0.072N$$

$$F_{13} = 9 \times 10^9 \frac{(2 \times 10^{-7})(1 \times 10^{-7})}{(0.05 \sqrt{2})^2} = 0.036N$$

$$F_{14} = 9 \times 10^9 \frac{(2 \times 10^{-7})(2 \times 10^{-7})}{(0.05)^2} = 0.144N$$

$F_{14}$  فى الاتجاه الموجب لمحور  $x$  ,  $F_{12}$  فى الاتجاه السالب لمحور

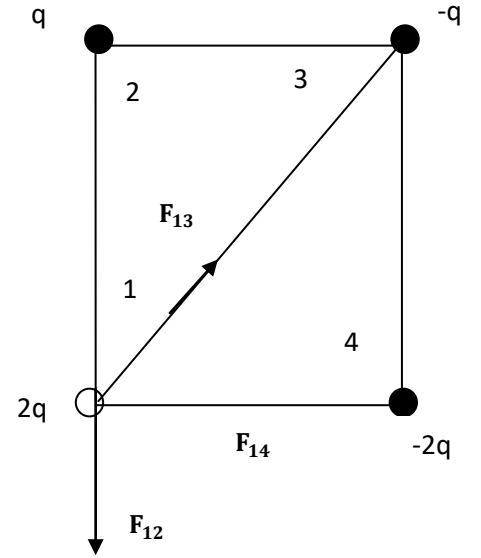
$y$  أما القوه  $F_{13}$  فيلزم تحليلها لمركبتين احدهما مع محور  $x$  الموجب والاخرى مع محور  $y$  الموجب.

القوى فى اتجاه المحور السينى  $x$

$$F_x = F_{14} + F_{13} \cos 45 = 0.144 + 0.036 \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.169N$$

$$F_y = F_{12} + F_{13} \sin 45 = 0.072 + 0.036 \times \frac{1}{\sqrt{2}} = -0.047N$$

$$F = \sqrt{(0.169)^2 + (0.047)^2} = 0.175N$$



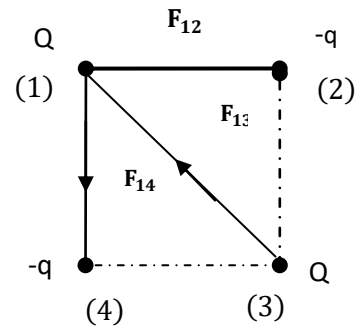
3- اذا وضعت شحنتان متساويتان مقدار كل منها  $Q$  عند الركنين المتقابلين فى المربع الموضح بالشكل التالى ، ووضعت شحنتان أخريتان ومتساويتان مقدار كل منهما  $q$  عند الركنين الاخرين . فما العلاقة بين الشحنتين  $q, Q$  التى تجعل محصلة القوى على الشحنة  $Q$  تساوى صفراً. لكى تكون المحصلة القوى عند الركن (1) صفراً يجب أن .

$$F_{13} \cos 45 = F_{12}$$

$$K_e \frac{Q^2}{2a^2} \frac{1}{\sqrt{2}} = K_e \frac{Qq}{Q^2} \Rightarrow q = \frac{Q}{2\sqrt{2}}$$

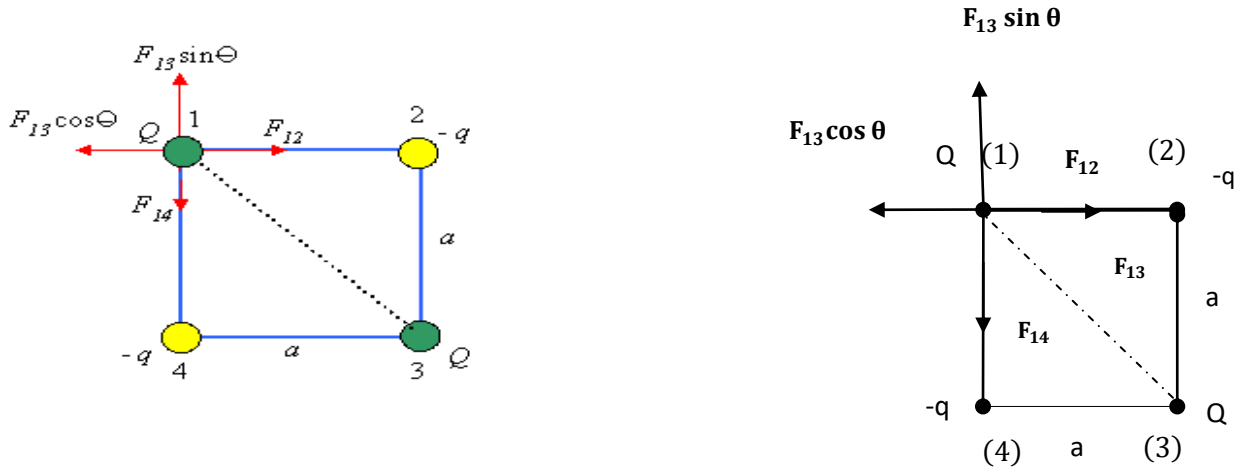
$$F_{13} \sin 45 = F_{14}$$

$$K_e \frac{Q^2}{2a^2} \frac{1}{\sqrt{2}} = K_e \frac{Qq}{Q^2} \Rightarrow q = \frac{Q}{2\sqrt{2}}$$



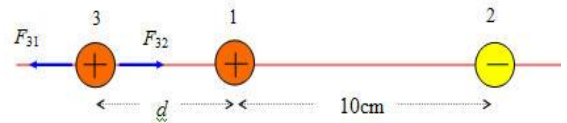
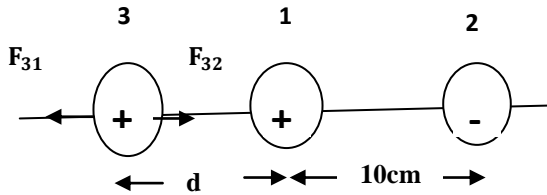
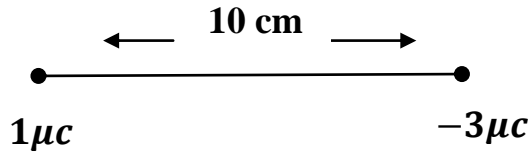
$$Q = 2\sqrt{2} q$$

وهذه قيمة  $Q$  التي تجعل محصلة القوى صفراً عند الركن (1) مع ملاحظة أن إشارة  $q$  سالبة.



4- شحنتان مقدارهما  $1\mu\text{C}$  ,  $-3\mu\text{C}$  تفصلهما مسافة قدرها 10 cm كما موضح بالشكل التالي . اين يمكن وضع شحنة ثالثة بحيث تكون محصلة القوى المؤثرة عليها صفراً.

السؤال هو أين يمكن وضع شحنة ثالثة بحيث تكون محصلة القوى المؤثرة عليها صفراً ونظراً لأن الشحنتين مختلفتين فيجب أن تكون الشحنة الثالثة أقرب ما يكون من الشحنة الأصغر في القيمة ومخالفة لها في الإشارة.



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

$$K_e \frac{q_2 q_1}{d^2} = K_e \frac{q_2 q_1}{(d + 10)^2} \Rightarrow \frac{q_1}{d^2} = \frac{q_2}{(d + 10)^2}$$

بأخذ جذور الطرفين

$$\frac{1}{d} = \frac{\sqrt{3}}{d+10} \Rightarrow \sqrt{3}d = d+10 \Rightarrow d = 13.66 \text{ cm}$$

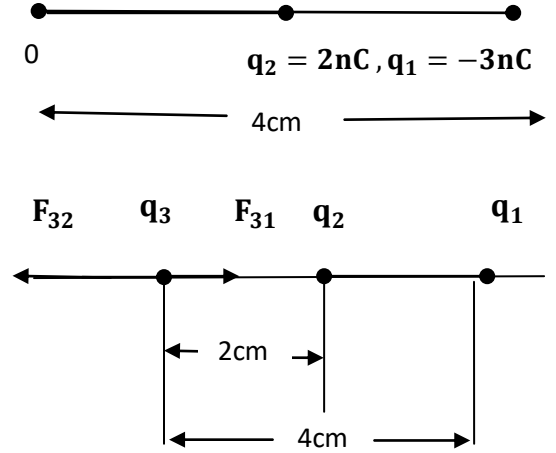
5- إذا وضعت شحنتان مقدار كل منهما  $q_2 = 2 \text{ nC}$ ,  $q_1 = -3 \text{ nC}$  في الاتجاه الموجب لمحور  $X$  وعلى مسافة  $2 \text{ cm}$ ,  $4 \text{ cm}$  على الترتيب من نقطة الاصل . فما هي القوة المؤثرة على شحنة ثالثة مقدارها  $q_3 = 5 \text{ nC}$  إذا وضعت عند نقطة الاصل ؟

$$F_{31} = 9 \times 10^9 \frac{3 \times 10^{-9} \times 5 \times 10^{-9}}{(4 \times 10^{-2})^2}$$

$$= 0.84 \times 10^{-4} \text{ N}$$

$$F_{32} = 9 \times 10^9 \frac{(2 \times 10^{-9})(5 \times 10^{-9})}{(2 \times 10^{-2})^2}$$

$$= 2.25 \times 10^{-4} \text{ N}$$



وحيث أن  $F_{32} > F_{31}$  فإن المحصلة تكون في الاتجاه السالب لمحور  $X$

$$F_X = 2.25 \times 10^{-4} - 0.84 \times 10^{-4}$$

$$= -1.41 \times 10^{-4} \text{ N}$$

