Coulomb's Law& Application

قانون كولوم وتطبيقاته

قانون كولوم : ينص قانون كولوم على ان القوة بين شحنتين نقطيتين ساكنتين تتناسب طرديا مع حاصل ضرب هاتين الشحنتين وعكسيا مع مربع المسافة بينهما يكون خط تأثير تلك القوة على استقامة الخط الواصل بين تلك الشحنتين

شارل كولوم

شارل أوغستان دي كولوم (1806-1736) (-Charles Augustin de Coulomb) هو فيزيائي فرنسي اكتشف القانون الذي يحمل اسمه (قانون كولوم) والمتعلق بالقوى الفاعلة بين الجسيمات المشحونة. كما سميت وحدة قياس الشحنة الكهربية باسمه (كولوم)

نوع قوة كولوم: يعتمد تحديد نوع القوة واتجاه تلك القوة على نوع الشحنة الكهربائية

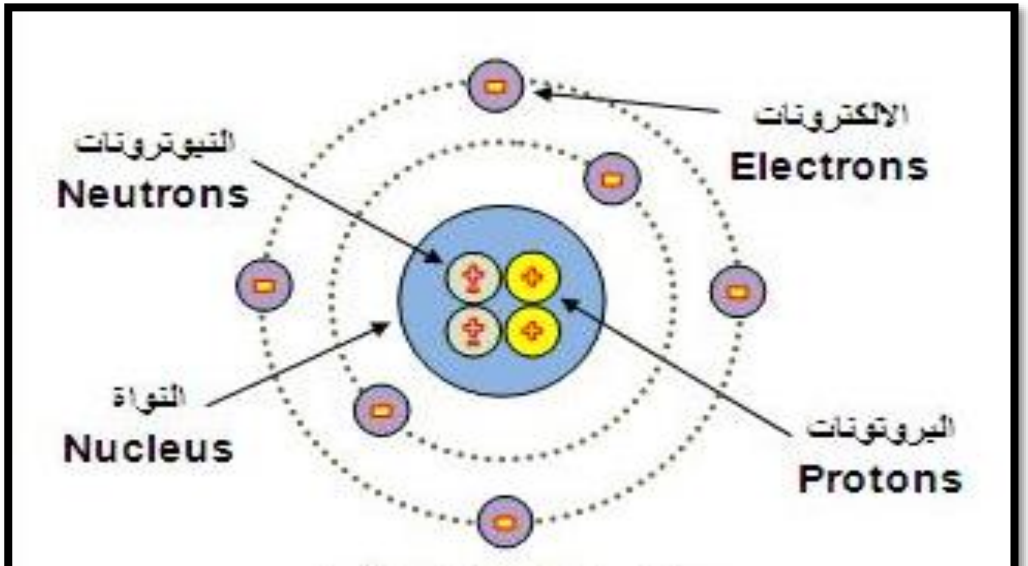
انواع الشحنة الكهربائية يوجد في الطبيعة مواد تمتلك شحنات موجبة واخرى شحناتها سالبة وبعض المواد متعادلة الشحنة

Charge and Matter الشحنة و المادة

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 الالكترونات السالبة الشحنة (-) في مدارات دائرية او اهليجية، علما ان القيمة العددية لشحنة البروتونات ولشحنة الإلكترونات متساوية وهي أساس تصنيف الشحنات الكهربائية.

مكونات الذرة



شكل (١) مكونات الذرة

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

تصنيف المواد

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

اولاً 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 .

ثانياً العوازل Insulators

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

ثالثاً اشباه الموصلات Semiconductors

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

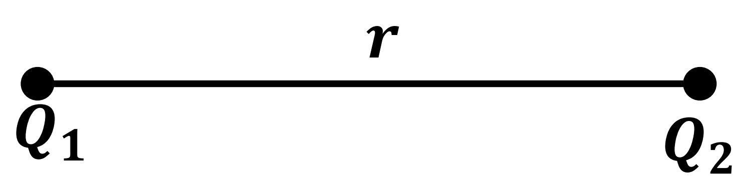
The Experimental Law of Coulomb قانون كولوم التجريبي

$F \propto \frac{1}{r^2}$ → تناسب عكسي مع مربع المسافة

$F \propto |Q_1 Q_2|$ → تناسب طردي مع حاصل ضرب مقدار الشحنتين

$F \propto \frac{|Q_1 Q_2|}{r^2}$ → ثابت التناسب

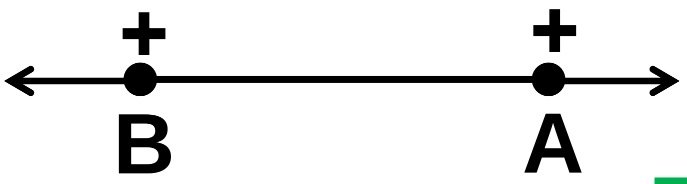
$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} = 9 \times 10^9 \, \frac{N.m^2}{C^2}$$

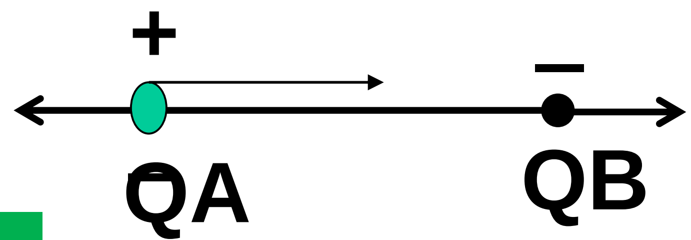


$$\overrightarrow{F} = k \frac{|Q_1 Q_2|}{r^2} \, \hat{x}$$

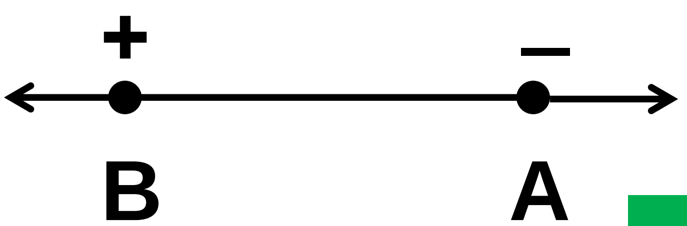
حيث قوة كولوم كمية اتجاهية تقاس بالنيوتن واتجاهها باتجاه الخط الواصل بين الشحنتين.

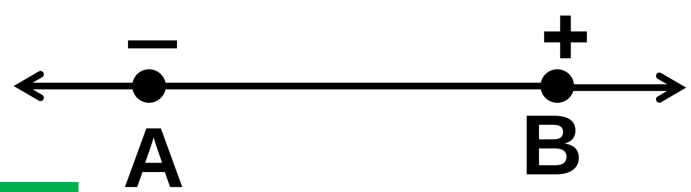
القوة بين الشحنتين النقطيتين التي تحمل شحنة متشابهة هي قوة تنافر اما اذا كانت الشحنتين تحمل شحنة مختلفة فان القوة هي قوة تجاذب.



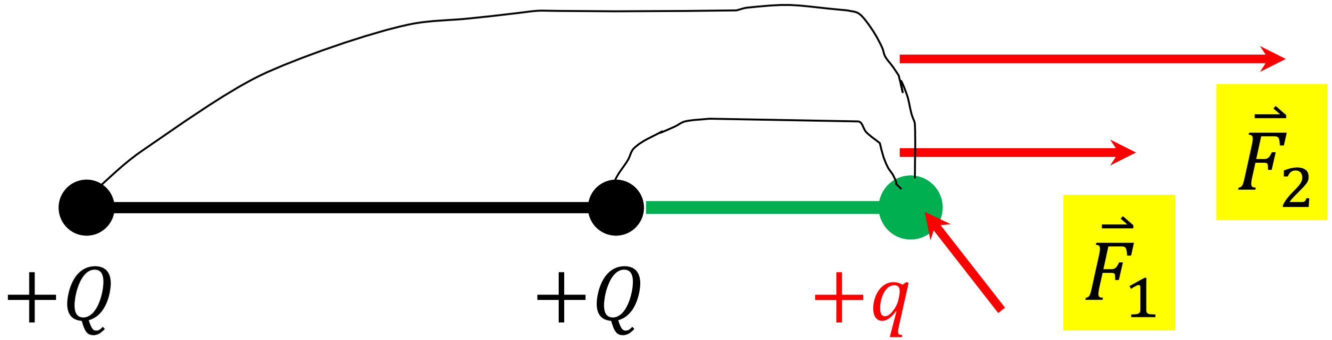


قوة تنافر



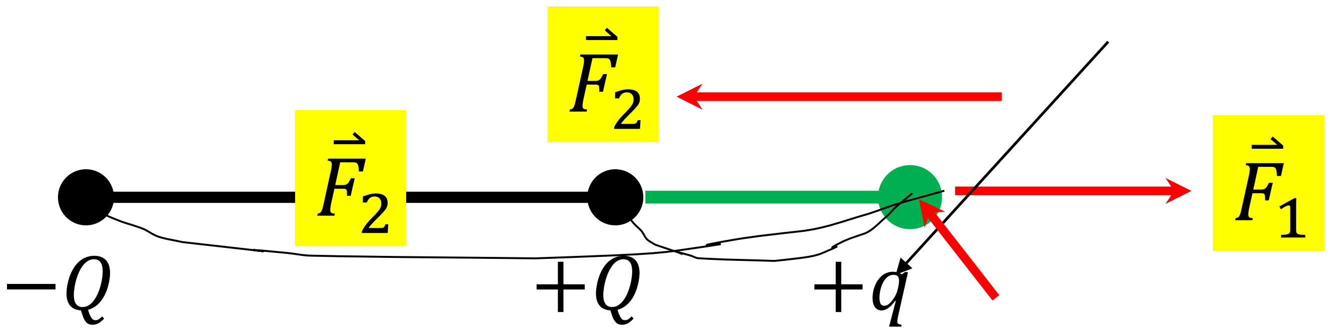


قوة تجاذب



1

$$\vec{F} = \vec{F}_1(q,Q) + \vec{F}_2(q,Q)$$

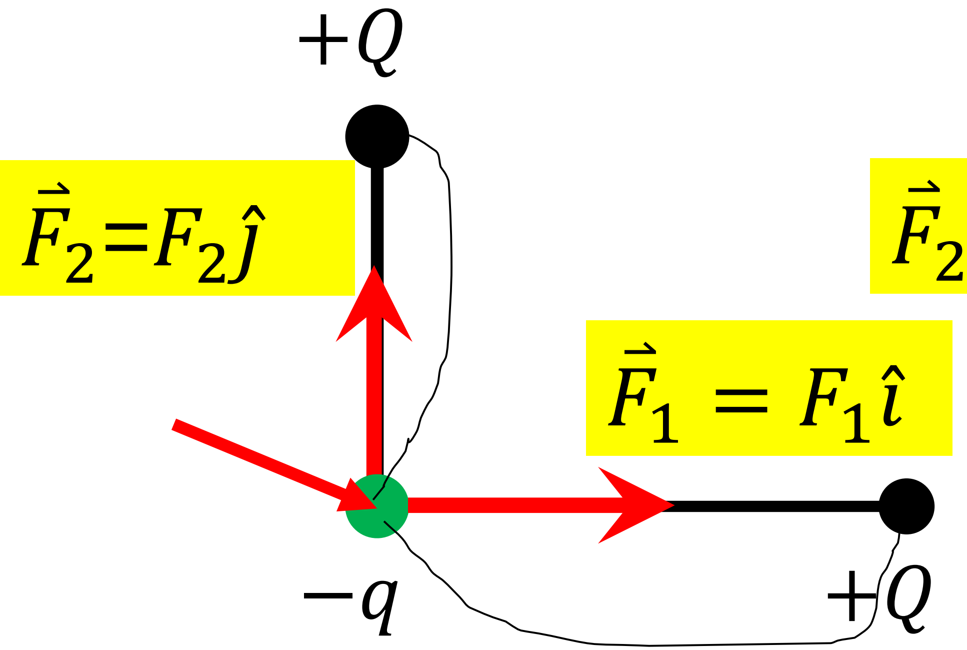


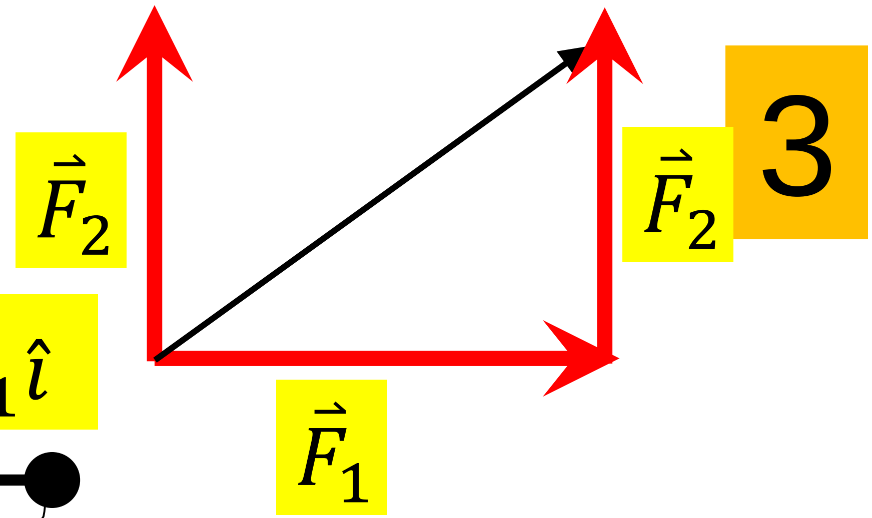
2

$$\vec{F} = \vec{F}_1(q,Q) - \vec{F}_2(q,Q)$$

إيجاد محصلة القوى لشحنتين على محور واحد

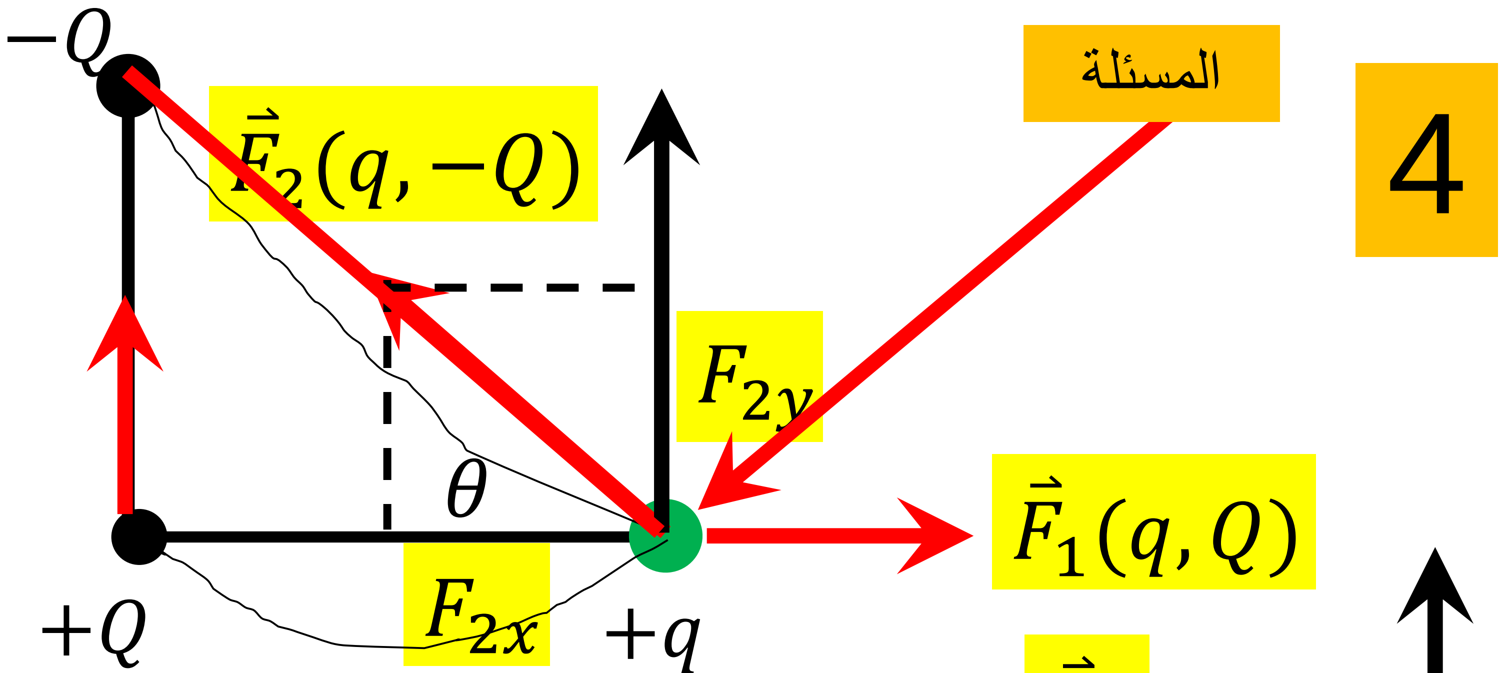
إيجاد محصلة القوى على محورين متعامدين

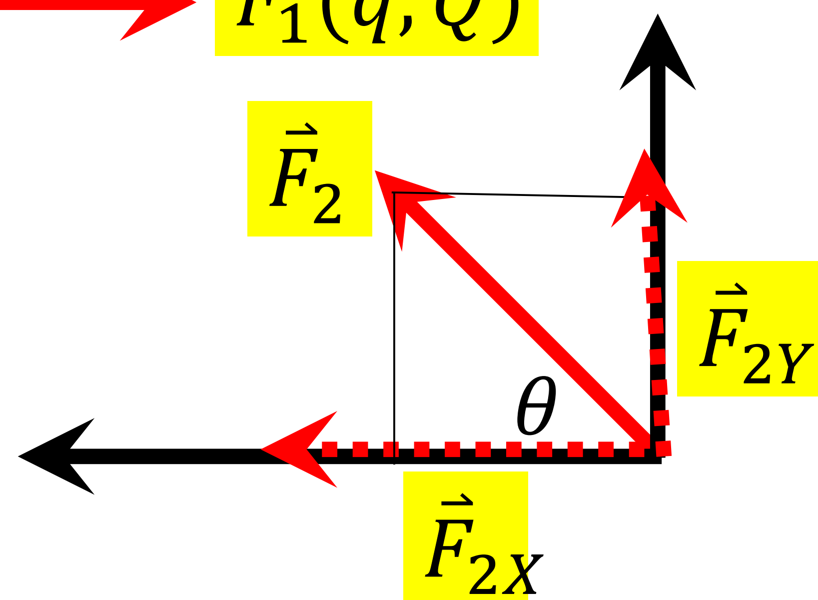




$$\overrightarrow{|F|} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

إيجاد محصلة القوى لمركبة تصنع زاوية مع المحور الأفقي





$$\vec{F}_2(q,-Q) = -F_{2x}\hat{\imath} + F_{2y}\hat{\jmath}$$

$$F_{2x} = F_2\cos(\theta)$$

$$F_{2y} = F_2\sin(\theta)$$

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

$$\vec{F}_1(q,q) = k\frac{q^2}{r^2}\hat{r}$$

$$= -9\times10^9\frac{10^{-12}}{10^{-2}}\hat{\imath}$$

$$\vec{F}_1(q,q) = -0.9N\hat{\imath}$$

$$\vec{F}_2(q,q) = 0.9N\widehat{ij}$$

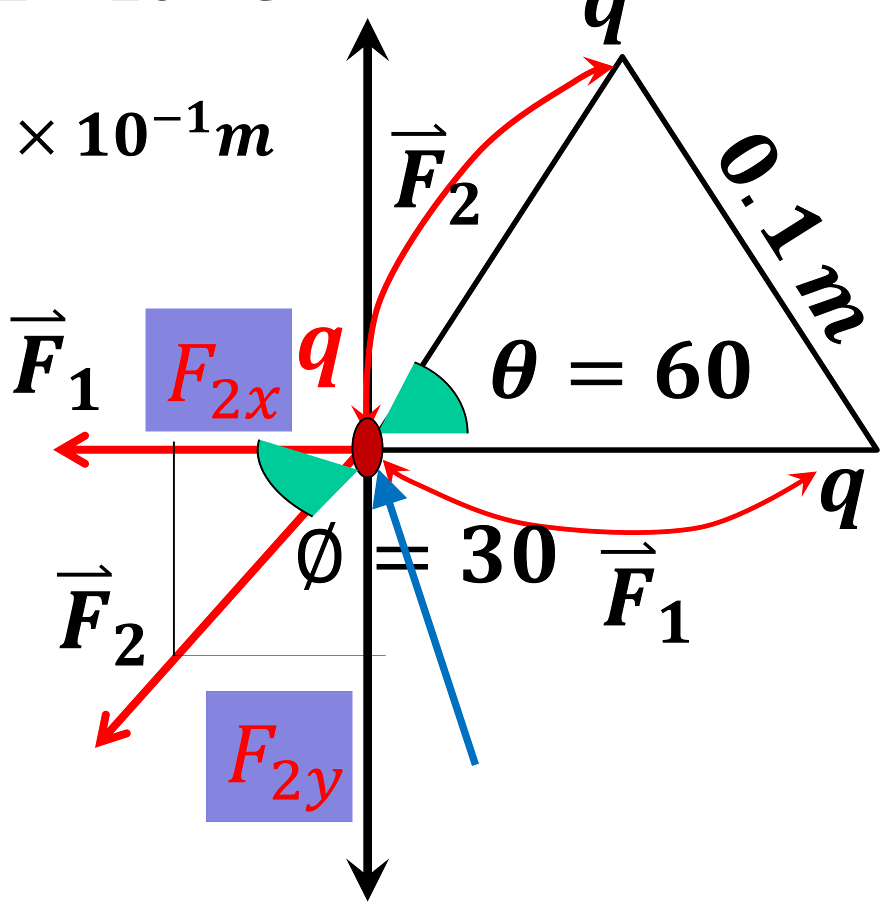
$$\vec{F}_2(q,q) = -F_{2x}\hat{\imath} - F_{2y}\hat{\jmath}$$

$$F_{2x} = F_2\cos(60)$$

$$F_{2y} = F_2\sin(60)$$

$q = 1\times10^{-6}C$

r$= 1\times10^{-1}m$



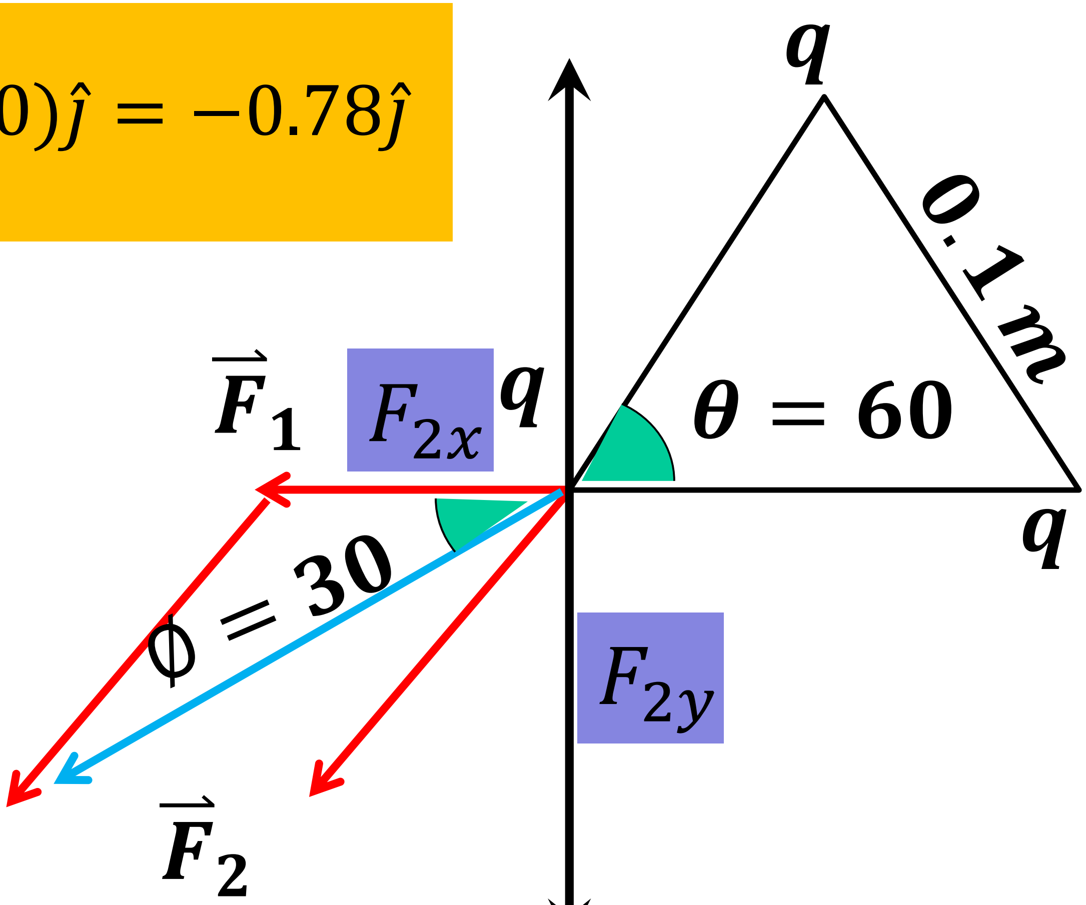
$$\sum F_x = (-F_1 - F_{2x} = F\cos(60))\hat{\imath}$$
$$= (-0.9 - 0.5 * 0.9)\hat{\imath} = -1.35\hat{\imath}$$

$$\sum F_y = -F_{2y} = F\sin(60)\hat{\jmath} = -0.78\hat{\jmath}$$

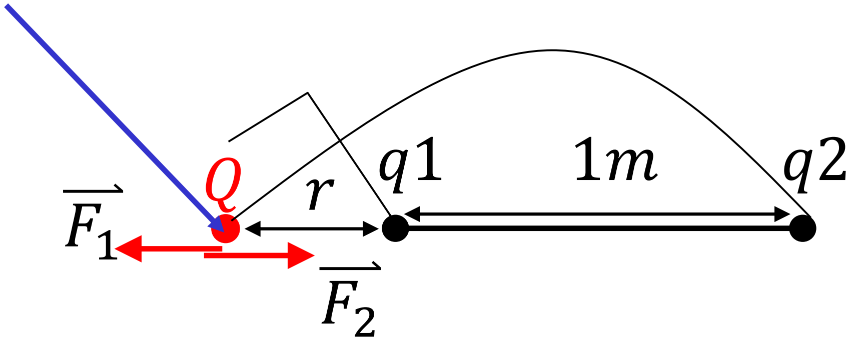
$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

$$F = \sqrt{1.82 + 0.6}$$
$$= 1.55N$$

$$\tan(\emptyset\ ) = \frac{F_y}{F_x} = 0.577$$



مثال: شحنتان $q1=2\times10^{-4}C$ و $q2=-2\times10^{-4}C$ ، والمسافة بينهما متر واحد، ووضعت شحنة أخرى $Q=1\times10^{-5}C$ على مسافة r من الشحنة q1، احسب المسافة r عندما تكون محصلة القوى المؤثرة على الشحنة Q تساوي صفر



$$\overrightarrow{F_1}(Q,q1) = k\frac{|Q| \quad |q1|}{r^2}\hat{r}$$

$$\overrightarrow{F_1}(Q,q1) = -k\frac{|1\times10^{-5}| \quad |2\times10^{-4}|}{r^2}\hat{x}$$

F1 قوة التنافر بين الشحنتين Q و $q1$ والمسافة بينهما r والإشارة السالبة تعني أن اتجاه القوة باتجاه المحور الأفقي السالب .

$$\overrightarrow{F_2}(Q,q2) = k\frac{|Q| \quad |q2|}{r^2}\hat{r}$$

$$\overrightarrow{F_2}(Q,q2) = k\frac{|1\times10^{-5}| \quad |2\times10^{-4}|}{(1+r)^2}\hat{x}$$

F2قوة التجاذب بين الشحنتين Q و $q2$ و المسافة بينهما(1+r) و أن اتجاه القوة باتجاه المحور الأفقي الموجب.

بما أن محصلة القوة المؤثرة على الشحنة Q تساوي صفر .

$$\sum F = F_2 - F_1 = 0$$

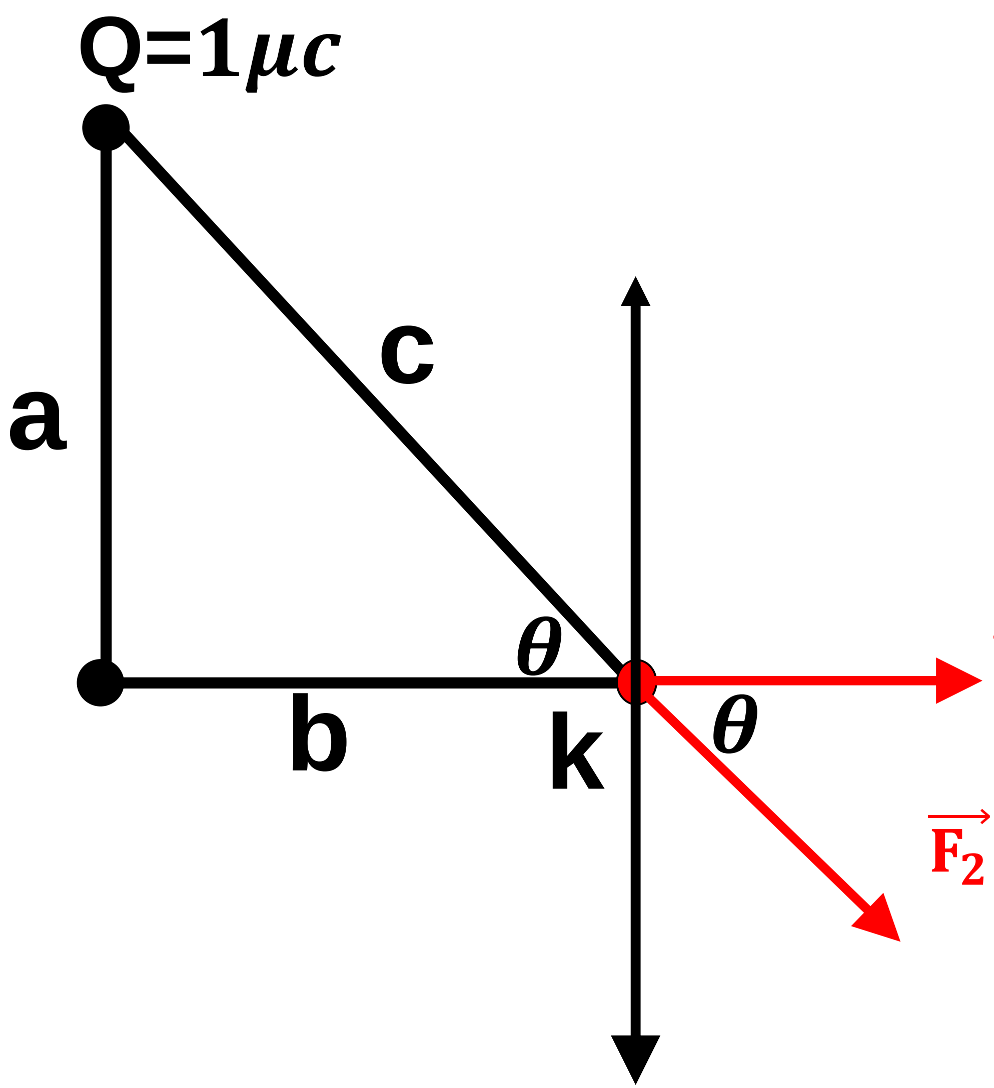
$$\cancel{k}\,\frac{|1\times \cancel{10}^{-5}|\quad|-2\times \cancel{10}^{-4}|}{(1+r)^2} = \cancel{k}\,\frac{|1\times \cancel{10}^{-5}|\quad|2\times \cancel{10}^{-4}|}{r^2}$$

$$\frac{1}{(1+r)^2} = \frac{1}{r^2}$$

$$r^2 = 1 + 2r + r^2$$ r=-0.5m

1+2r=0 2r=-1

مثال: ثلاث شحنات كهربائية متشابهة مقدار كل منهما $(1\mu c)$وضعت في زوايا مثلث قائم الزاوية اطول اضلاعه a=3cm, b=4cmكما في الشكل التالي. احسب القوى المؤثرة في النقطة k .



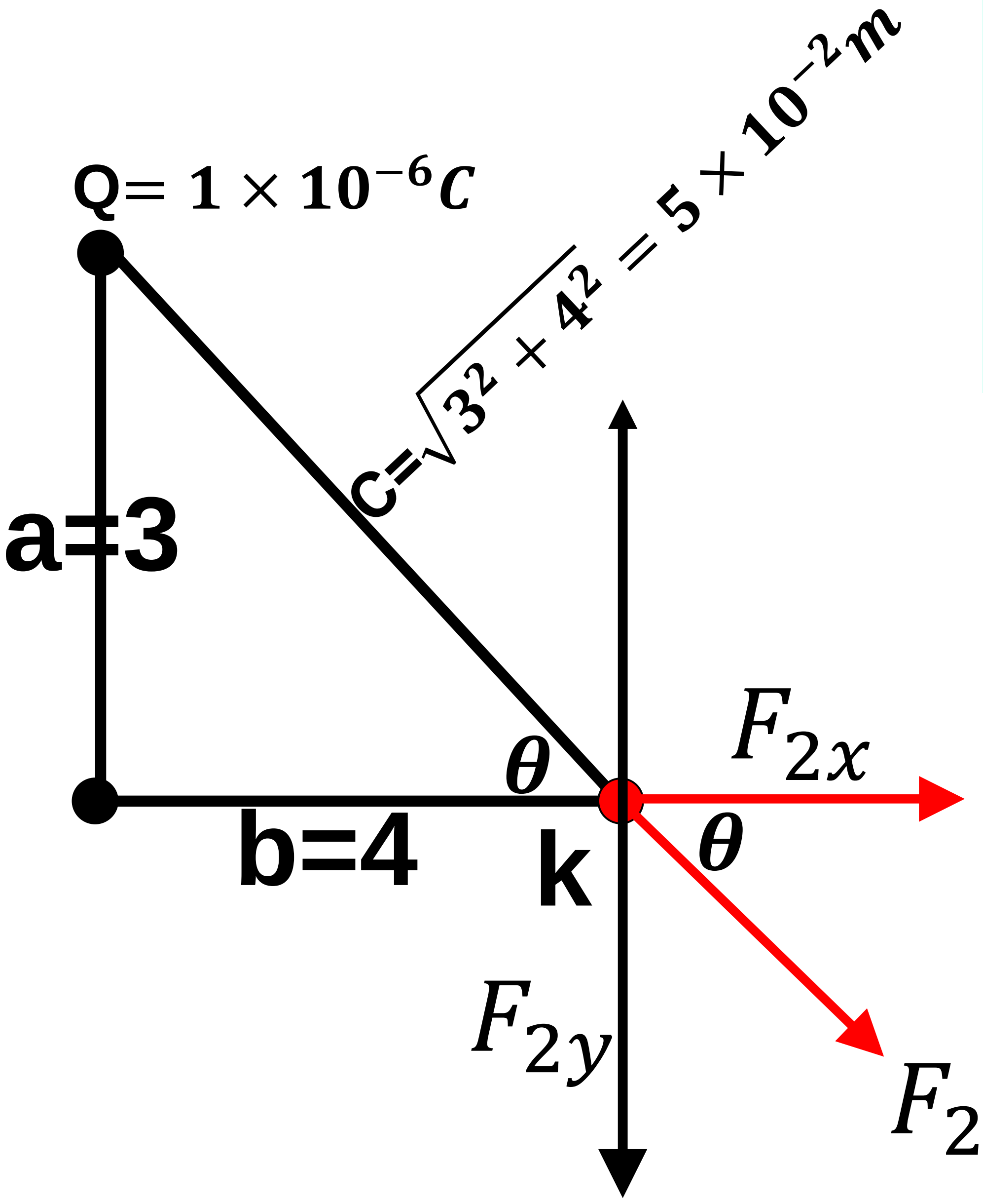
$$Q = 1 \times 10^{-6} C$$

$$a = 3 \times 10^{-2} m$$

$$b = 4 \times 10^{-2} m$$

$$\overrightarrow{F_1} = K \frac{|1 \times 10^{-6}| \quad |1 \times 10^{-6}|}{b^2} \hat{i}$$

$$\overrightarrow{F_2} = K \frac{|1 \times 10^{-6}| \quad |1 \times 10^{-6}|}{c^2} \widehat{ij}$$



$$\overrightarrow{F_1}(Q,Q) = 9 \times 10^9 \frac{|1\times10^{-6}| \quad |1\times10^{-6}|}{16\times10^{-4}} \hat{x}$$

$$\overrightarrow{F_1}(Q,Q) = 9 \times 10^9 \frac{1 \times 10^{-12}}{16 \times 10^{-4}} \hat{x} = 5.6N\hat{\imath}$$

$$\overrightarrow{F_2}(Q,Q) = 9 \times 10^9 \frac{|1\times10^{-6}| \quad |1\times10^{-6}|}{25\times10^{-4}} \widehat{ij}$$

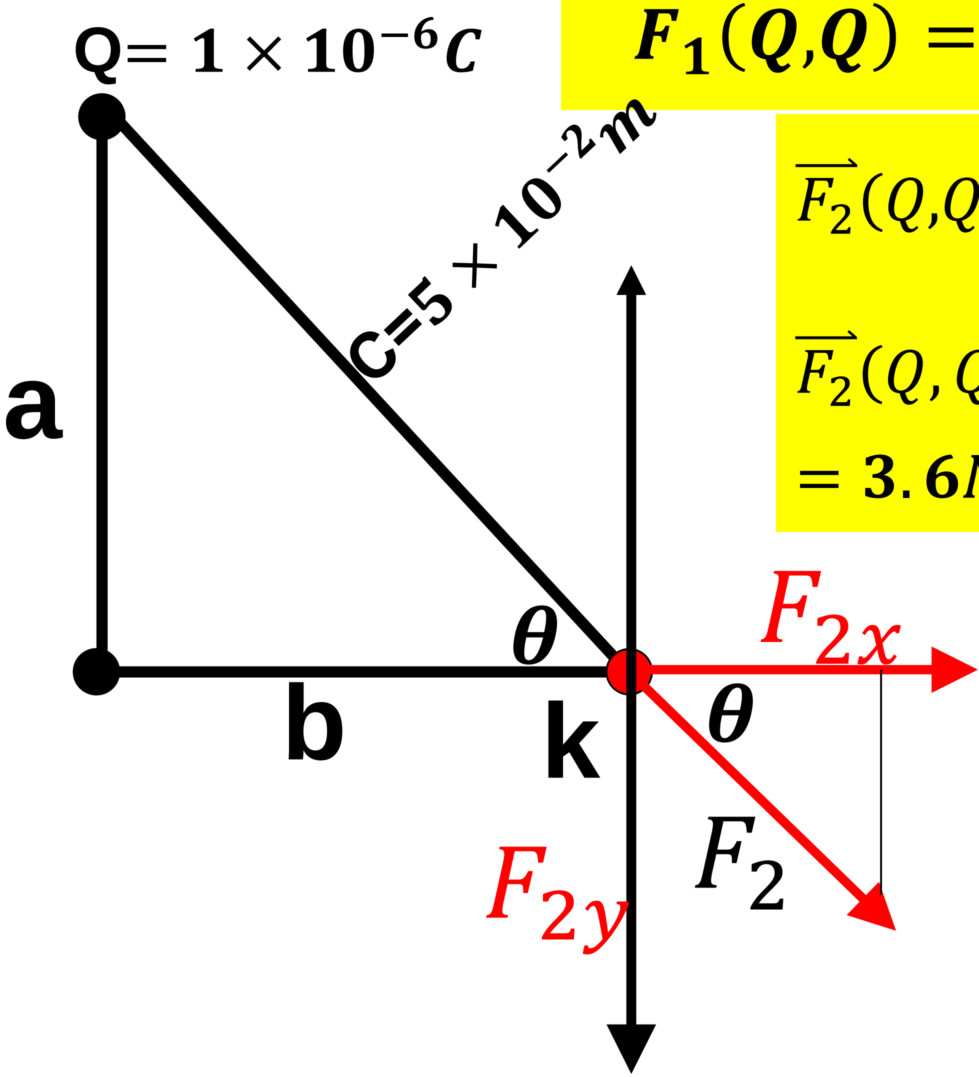
$$\overrightarrow{F_2}(Q,Q) = 9 \times 10^9 \frac{1 \times 10^{-12}}{25 \times 10^{-4}} \widehat{xy} = \mathbf{3.6N}\widehat{xy}$$

$$\overrightarrow{F_2}(Q,Q) = \begin{matrix} F_{2x} = F_2\cos(\theta) \\ F_{2y} = F_2\sin(\theta) \end{matrix}$$

$$\cos(\theta) = \frac{\mathbf{4}}{\mathbf{5}} \qquad \sin(\theta) = \frac{\mathbf{3}}{\mathbf{5}}$$

$$\overrightarrow{F_1}(Q,Q) = 9 \times 10^9 \frac{|1\times10^{-6}| \quad |1\times10^{-6}|}{\left(4\times10^{-2^2}\right)=16\times10^{-4}} \hat{i}$$

$$\overrightarrow{F_1}(Q,Q) = 9 \times 10^9 \frac{1\times10^{-12}}{16\times10^{-4}} \hat{x} = 5.6N\hat{i}$$



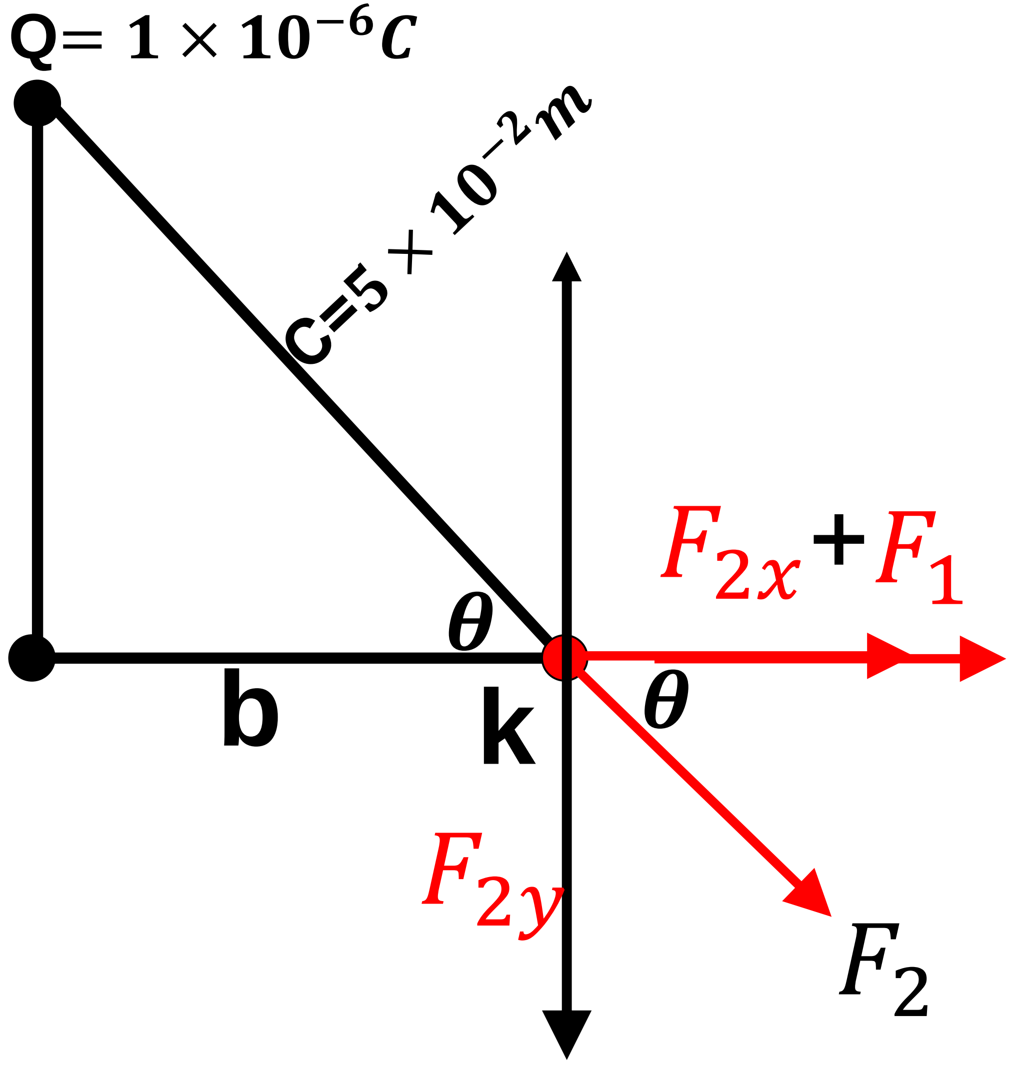
$$\overrightarrow{F_2}(Q,Q) = 9 \times 10^9 \frac{|1\times10^{-6}| \quad |1\times10^{-6}|}{25\times10^{-4}} \widehat{ij}$$

$$\overrightarrow{F_2}(Q,Q) = 9 \times 10^9 \frac{1 \times 10^{-12}}{25 \times 10^{-4}} \widehat{ij}$$

$$= 3.6N\widehat{xy}$$

$$\overrightarrow{F_2}(Q,Q) = \begin{matrix} F_{2x} = F_2\cos(\theta) \\ F_{2y} = F_2\sin(\theta) \end{matrix}$$

$$\cos(\theta) = \frac{4}{5} \sin(\theta) = \frac{3}{5}$$



$$F_{2x} = F_2 \times \frac{4}{5}$$

$$= 3.6 \times \frac{4}{5} \times 10^{-2}\hat{\imath}$$

$$F_{2y} = F_2 \times \frac{3}{5}$$

$$= -3.6 \times \frac{3}{5} \times 10^{-2}\hat{\jmath}$$

$$\sum F_x = \overset{F_1}{5.6} + \overset{F_2}{3.6} \times \frac{4}{5}$$

$$\sum F_y = -\overset{F_2}{3.6} \times \frac{3}{5}$$

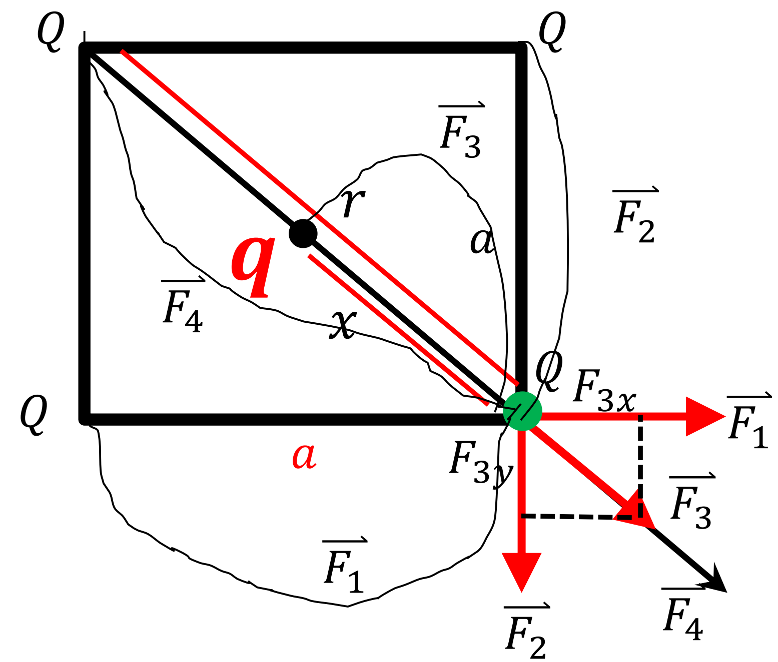
$$\sum F = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2}$$

س(2-9)كتاب: شحنة مقدارها Q وضعت في كل رأس من رؤوس مربع طول ضلعه a .ما مقدار ونوعية الشحنة التي يجب أن توضع في مركز المربع لتجعل القوة تساوي صفرا في كل رأس من رؤوسه. (الجواب: $-0.95Q$ C).

$$\overrightarrow{F_1}(Q,Q) = k\frac{Q^2}{a^2}\hat{\imath}$$

$$\overrightarrow{F_2}(Q,Q) = -k\frac{Q^2}{a^2}\hat{\jmath}$$

$$\sin(\theta) = \frac{1}{\sqrt{2}} \qquad \cos(\theta) = \frac{1}{\sqrt{2}}$$



$$\overrightarrow{F_3}(Q,q) = k\frac{Qq}{x^2}\hat{r} = k\frac{2Qq}{a^2}\widehat{\imath\jmath}$$

$$\overrightarrow{F_3}(Q,q) = F_{3x}\hat{\imath} - F_{3y}\hat{\jmath}$$

$$F_{3x} = F\cos(\theta) = \frac{1}{\sqrt{2}}k\frac{2Qq}{a^2} = \sqrt{2}k\frac{Qq}{a^2}$$

$$F_{3y} = F\sin(\theta) = \frac{1}{\sqrt{2}}k\frac{2Qq}{a^2} = \sqrt{2}k\frac{Qq}{a^2}$$

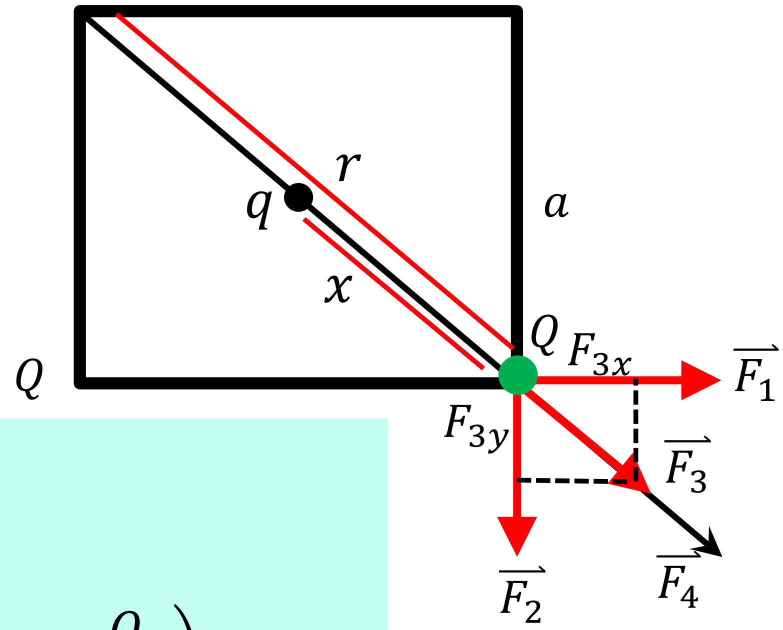
$$r = \sqrt{a^2 + a^2} = \sqrt{2}a$$

$$x = \frac{r}{2} = \frac{\sqrt{2}a}{2} = \frac{a}{\sqrt{2}}$$

$$\overrightarrow{F_4}(Q,Q) = F_{4x}\hat{\imath} - F_{4y}\hat{\jmath}$$

$$F_{4x} = F\cos(\theta) = \frac{1}{\sqrt{2}}k\frac{Q^2}{2a^2}$$

and $\quad F_{4y} = F\sin(\theta) = \frac{1}{\sqrt{2}}k\frac{Q^2}{2a^2}$



$$\sum F_x = F_1 + F_{3x} + F_{4x} =$$

$$k\frac{Q^2}{a^2} + \sqrt{2}k\frac{Qq}{a^2} + \frac{1}{\sqrt{2}}k\frac{Q^2}{2a^2} = k\frac{Q}{a^2}\left(Q + q\sqrt{2} + \frac{Q}{2\sqrt{2}}\right)\hat{\imath}$$

$$\sum F_y = -F_2 - F_{3y} - F_{4y} = -k\frac{Q^2}{a^2} - \sqrt{2}k\frac{Qq}{a^2} - \frac{1}{\sqrt{2}}k\frac{Q^2}{a^2}$$

$$= -k\frac{Q}{a^2}\left(Q + q\sqrt{2} + \frac{Q}{2\sqrt{2}}\right)\hat{\jmath}$$

$$\sum F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{2}F_x = 0 \Longrightarrow F_x = 0$$

$$\left(Q + q\sqrt{2} + \frac{Q}{2\sqrt{2}}\right) = 0 \therefore q = -\frac{1}{\sqrt{2}}\left(Q + \frac{Q}{2\sqrt{2}}\right) = -0.95Q$$

س(7-2)كتاب: ثلاث كرات صغيرة متناظرة كتلة كل منهما 10^{-2} Kg معلقة من نقطة مشتركة بثلاث خيوط من مادة عازلة طول كل منهما متر واحد . أعطيت هذه الكرات الثلاث شحنات كهربائية متساوية فانفرجت وشكلت فيما بينها مثلثا متساوي الأضلاع طول ضلعه 0.1m احسب مقدار الشحنة التي أعطيت لكل واحدة من الكرات الثلاث.
(الجواب: 6×10^{-5} C).

$$\overrightarrow{F_1}(Q,Q) = -k\frac{Q^2}{10^{-2}}\hat{\imath}\ and\ \overrightarrow{F_2}(Q,Q) = k\frac{Q^2}{10^{-2}}\widehat{\imath\jmath}$$

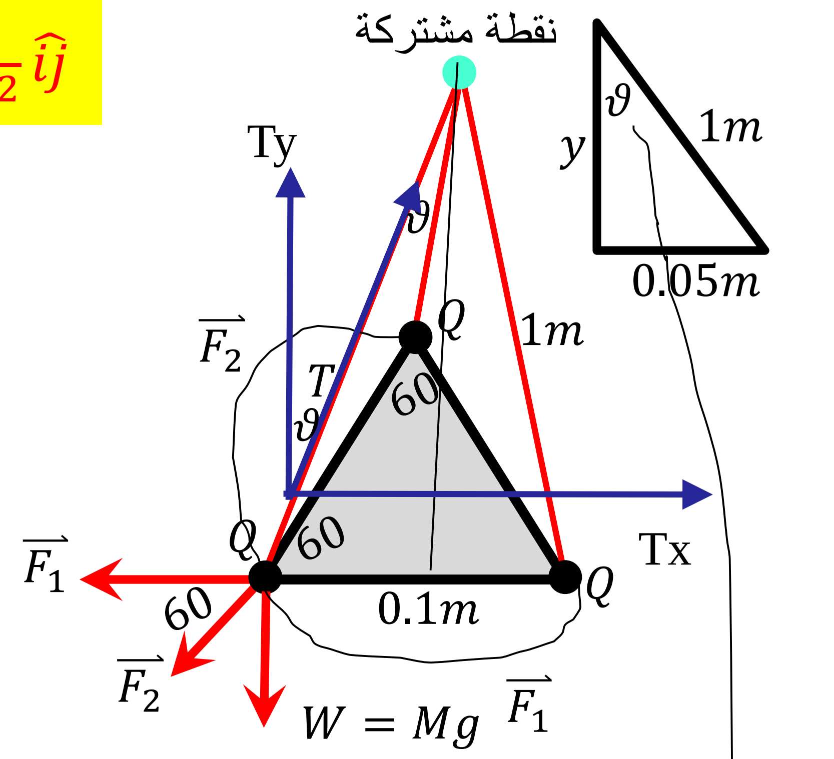
$$\overrightarrow{F_2}(Q,Q) = -F_{2x}\hat{\imath} - F_{2y}\hat{\jmath}$$

$$\therefore \overrightarrow{F_2}(Q,Q) = -F_2\cos(60)\hat{\imath} - F_2\sin(60)\hat{\jmath}$$

$$T = T\sin(\vartheta)\hat{\imath} + T\cos(\vartheta)\hat{\jmath}$$

$$\text{w}= -mg\hat{\jmath}$$

$$\sin(\vartheta) = 0.05 \rightarrow \vartheta = 2.8$$



$$\sin(\vartheta) = 0.05 \rightarrow \vartheta = 2.8$$

$$\sum F_x = T\sin(\vartheta) - F_I - F_2\cos(60) = 0 \therefore T\sin(\vartheta) = F_I + 0.5F_2$$

$$\sum F_y = T\cos(\vartheta) - mg - F_2\sin(60) = 0$$

$$\therefore T\cos(\vartheta) = mg + 0.86F_2$$

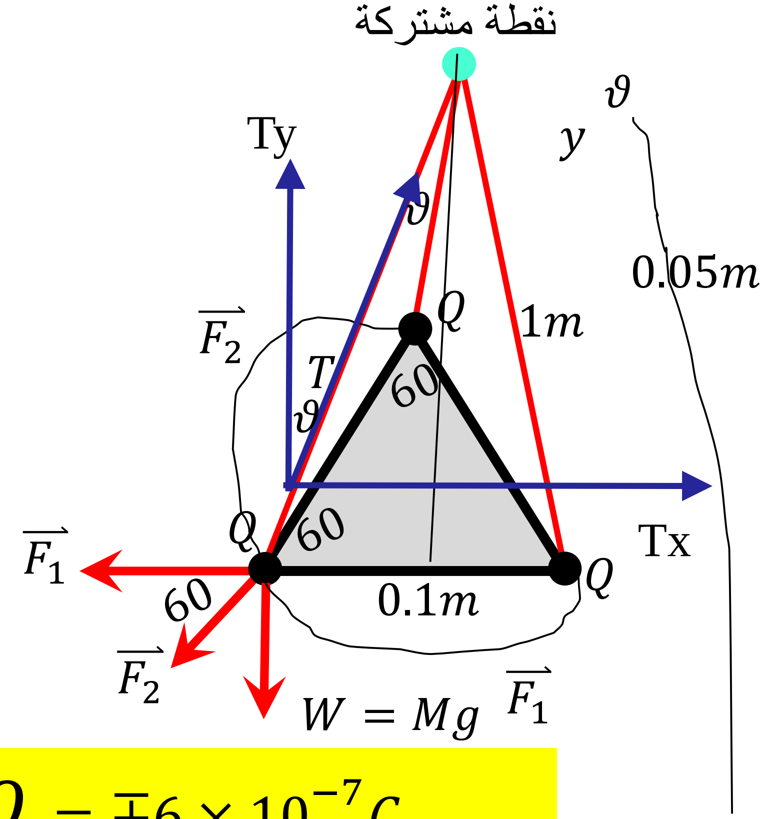
$$\therefore 1.5F_I = 0.049(0.1) + 0.049F_1$$

$$\tan(\vartheta) = \frac{1.5F_I}{mg + 0.86F_1} = 0.049$$

$$F_I = \frac{0.0049}{1.458} = 0.0033$$

$$\therefore k\frac{Q^2}{10^{-2}} = 0.0033$$

$$\therefore Q^2 = \frac{33\times10^{-6}}{9\times10^9} = 36\times10^{-14}$$



$$\therefore Q = \mp 6\times10^{-7}C$$