المحاضرة 1
اكتشفت الكهربية الساكنة منذ 600 سنة قبل الميلاد عندما لاحظ عالم يوناني انجذاب قصاصات من الورق إلى ساق دُلك بالصوف. ومن ثم توالت التجارب إلى يومنا هذا لتكشف المزيد من خصائص الكهربية الساكنة ولتصبح الكهرباء عنصراً أساسياً في حياتنا العملية. في هذه المحاضرة سندرس باختصار بعض خصائص الكهربية الساكنة.

المحاضرة (2) و (3)
القوى الموجودة في الطبيعة هي نتيجة لأربع قوى أساسية هي: القوى النووية والقوى الكهربية والقوى المغناطيسية وقوى الجاذبية الأرضية. وفي هذا الجزء من المقرر سوف نركز على القوى الكهربية وخواصها. حيث أن القوة الكهربية هي التي تربط النواة بالإلكترونات لتكون الذرة، هذا بالإضافة إلى أهمية الكهرباء في حياتنا العملية. وقانون كولوم موضوع هذه المحاضرة هو أول قانون يحسب القوى الكهربية المتبادلة بين الشحنات الكهربية.

المحاضرة (4) و(5)
سنقوم بإدخال مفهوم المجال الكهربي الناشئ عن الشحنة أو الشحنات الكهربية، والمجال الكهربي هو الحيز المحيط بالشحنة الكهربية والذي تظهر فيه تأثير القوى الكهربية. كذلك سندرس تأثير المجال الكهربي على شحنة في حالة أن كون السرعة الابتدائية تساوي صفراً وكذلك في حالة شحنة متحركة.

المحاضرة (6)
كذلك سندرس تأثير المجال الكهربي على شحنة في حالة أن كون السرعة الابتدائية تساوي صفراً وكذلك في حالة شحنة متحركة.

المحاضرة (7) و(8) و(9)
سنقدم طريقة أخرى لحساب المجال الكهربي باستخدام "قانون جاوس" الذي يسهل حساب المجال الكهربي لتوزيع متصل من الشحنة على شكل توزيع طولي أو سطحي أو حجمي. يعتمد قانون جاوس أساساً على مفهوم التدفق الكهربي الناتج من المجال الكهربي أو الشحنة الكهربائية، ولهذا سنقوم أولاً بحساب التدفق الكهربي الناتج عن المجال الكهربي، وثانياً سنقوم بحساب التدفق الكهربي الناتج عن شحنة كهربية، ومن ثم سنقوم بإيجاد قانون جاوس واستخدامه في بعض التطبيقات الهامة في مجال

الكهربية الساكنة.

المحاضرة (10) و(11) و(12)
الفصل سوف نتعلم كيف يمكننا التعبير عن التأثير الكهربي في الفراغ المحيط بشحنة أو أكثر بواسطة كمية قياسية تسمى الجهد الكهربي The electric potential. وحيث أن الجهد الكهربي كمية قياسية وبالتالي فسيكون التعامل معه أسهل في التعبير عن التأثير الكهربي من المجال الكهربي.
في هذا الموضوع سندرس المواضيع التالية:-
(1) تعريف الجهد الكهربي.
(2) علاقة الجهد الكهربي بالمجال الكهربي.
(3) حساب الجهد الكهربي لشحنة في الفراغ.
(4) حساب المجال الكهربي من الجهد الكهربي.

المحاضرة (13) و(14)
يعتبر هذا الفصل تطبيقاً على المفاهيم الأساسية للكهربية الساكنة، حيث سنركز على التعرف على خصائص المكثفات Capacitors وهي من الأجهزة الكهربية التي لا تخلو منها أية دائرة كهربية. ويعد المكثف بمثابة مخزن للطاقة الكهربية. والمكثف عبارة عن موصلين يفصل بينهما مادة عازلة.

المحاضرة (15)
سنركز دراستنا على الشحنات الكهربية في حالة حركة أي "تيار كهربي". حيث نتعامل في حياتنا العملية مع العديد من الأجهزة الكهربية التي تعمل من خلال مرور شحنات كهربية فيها مثل البطارية والضوء وغيرها من الأمثلة الأخرى. ويجب أن نميز بين نوعين من التيار الكهربي وهما التيار الثابت والتيار المتردد

لمحاضرة (16) و(17) و(18)
سنتعامل في هذا الفصل مع الدوائر الكهربية التي تحتوي على بطارية ومقاومة ومكثف. سنقوم بتحليل هذه الدوائر الكهربية معتمدين على قاعدة كيرشوف Kirchhoff's rule لحساب التيار الكهربي المار في كل عنصر من عناصر الدائرة الكهربية. وبداية سنتعرف على مفهوم القوة الدافعة الكهربية Electromotive force.

رمز الكمية	الكمية	الوحدة	رمز الواحدة	الأبعاد
I	التيار	أمبير (وحدات قياسية)	A	A
Q	شحنة كهربائية, كمية الكهرباء	كولوم	C	A·s
V	فرق الجهد	فولت	V	$J/C = kg{\cdot}m^2{\cdot}s^{-3}{\cdot}A^{-1}$
R، Z، X	مقاومة، معاوقة، مفاعلة بالترتيب	أوم	Ω	$V/A = kg{\cdot}m^2{\cdot}s^{-3}{\cdot}A^{-2}$
P	مقاومية	أوم متر	Ω·m	$kg{\cdot}m^3{\cdot}s^{-3}{\cdot}A^{-2}$
P	القدرة الكهربائية	واط	W	$V{\cdot}A = kg{\cdot}m^2{\cdot}s^{-3}$
C	سعة كهربائية	فاراد	F	$C/V = kg^{-1}{\cdot}m^{-2}{\cdot}A^2{\cdot}s^4$
F^{-1}	مرانة	مقلوب الفاراد	F^{-1}	$kg{\cdot}m^2{\cdot}A^{-2}{\cdot}s^{-4}$
ε	سماحية	فاراد لكل متر	F/m	$kg^{-1}{\cdot}m^{-3}{\cdot}A^2{\cdot}s^4$
Y، G، B	مسامحة, مواصلة، مطاوعة	سيمنز	S	$\Omega^{-1} = kg^{-1}{\cdot}m^{-2}{\cdot}s^3{\cdot}A^2$
σ	موصلية	سيمنز في متر	S/m	$kg^{-1}{\cdot}m^{-3}{\cdot}s^3{\cdot}A^2$
ϕ	تدفق مغناطيسي	فيبر	Wb	$V{\cdot}s = kg{\cdot}m^2{\cdot}s^{-2}{\cdot}A^{-1}$
B	كثافة التدفق المغناطيسي أو المجال المغناطيسي	تيسلا	T	$Wb/m^2 = kg{\cdot}s^{-2}{\cdot}A^{-1}$
H	شدة المجال المغناطيسي	أمبير لكل متر	A/m	$A{\cdot}m^{-1}$
$\mathfrak{R}$	ممانعة	أمبير لكل فيبر	A/Wb	$kg^{-1}{\cdot}m^{-2}{\cdot}s^2{\cdot}A^2$
L	محاثة مغناطيسية	هنري	H	$Wb/A = V{\cdot}s/A = kg{\cdot}m^2{\cdot}s^{-2}{\cdot}A^{-2}$
μ	نفاذية	هنري على متر	H/m	$kg{\cdot}m{\cdot}s^{-2}{\cdot}A^{-2}$
χ	قابلية مغناطيسية	بلا أبعاد	χ	-

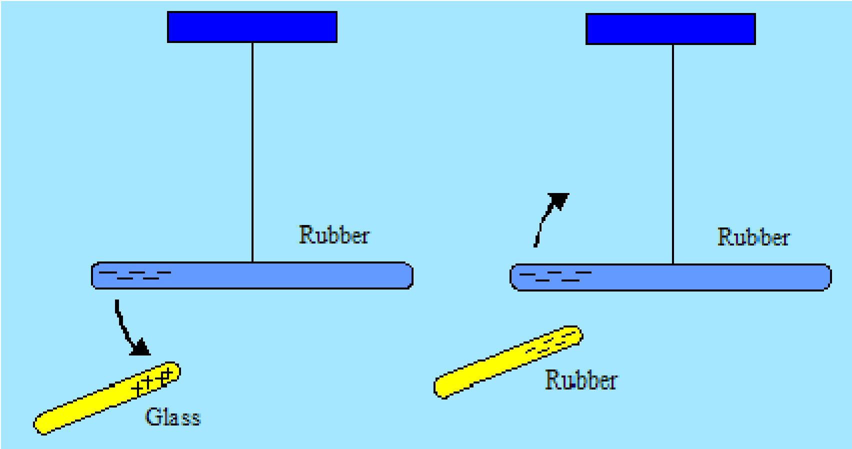
Electrostatics الكهربائية الساكنة

الكهربية الساكنة من علوم الفيزياء الأساسية ولها العديد من التطبيقات في حياتنا العملية مثل ماكنات التصوير وطابعات الليزر والمعجلات النووية، ولدراسة هذا العلم سوف نقوم بشرح مفاهيمه الاساسية التي يعتمد عليها هذا العلم، وتتلخص تلك المفاهيم في مفهوم الشحنة الكهربية والمجال الكهربي والفيض الكهربي والجهد الكهربي، سنقوم أيضا بدراسة بعد التطبيقات الاساسية مثل المكثف الكهربي والتيار الكهربي المستمر وتحليل الدوائر الكهربية باستخدام قاعدة كيرشوف.

الشحنة الكهربائية والتكهرب

جميع المواد في الحالة العادية تكون متعادلة كهربائيا Normal. هذه المواد تحتوي على كميات متساوية من الشحنة تنتقل من واحد إلى الأخر أثناء عملية الدلك (الشحن)، كما هو الحالة في دلك الزجاج بالحرير، فإن الزجاج يكتسب شحنة موجبة من الحرير بينما يصبح الحرير مشحوناً بشحنة سالبة، ولكن كلاً من الزجاج والحرير معاً متعادل كهربياً. وهذا ما يعرف بالحفاظ على الشحنة Conservation of electric charge.

بواسطة التجارب يمكن إثبات أن هناك نوعين مختلفين من الشحنة. فمثلاً عن طريق دلك ساق من الزجاج بواسطة قطعة من الحرير وتعليقها بخيط عازل. فإذا قربنا ساقاً آخر مشابها تم دلكه بالحرير أيضا من الساق المعلق فإنه سوف يتحرك في اتجاه معاكس، أي أن الساقين يتنافران *Repel*. وبتقريب ساق من البلاستيك تم دلكه بواسطة الصوف فإن الساق المعلق سوف يتحرك باتجاه الساق البلاستيك أي أنهما يتجاذبان *Attract*.اذن فان ضاهرة التكهرب هي عملية انتقال الشحنات من جسم الى اخر اثناء عملية الدلك rubbing حيث نقول ان كلا الجسمين قد تكهرب electrified اي ان الجسمين اكتسبا شحنات كهربائية ويكون كلاهما ذو خاصية جذب الاشياء الخفيفة .توجد الكثير من الظواهر في حياتنا اليومية تدل على التكهرب منها سماع طقطقة خفيفة اثناء تمشيط الشعر ،التعرض لصعقة كهربائية خفيفة عندما نمسك باب السيارة مثلا ....وغيرها من الامثلة .



Charge is Quantized الشحنة كمية محافظة

في عهد العالم Franklin's كان الاعتقاد السائد بأن الشحنة الكهربية شيء متصل كالسوائل مثلا. ولكن بعد اكتشاف النظرية الذرية للمواد غيرت هذه النظرة تماماً حيث تبين أن الشحنة الكهربية عبارة عن عدد صحيح من الإلكترونات السالبة أو البروتونات الموجبة، وبالتالي فإن أصغر شحنة يمكن الحصول عليها هي شحنة إلكترون مفرد وقيمتها $1.6x10^{-19}c$. وعملية الدلك لشحن ساق من الزجاج هي عبارة عن انتقال لعدد صحيح من الشحنة السالبة إلى الساق. وتجربة ميليكان تثبت هذه الخاصية.

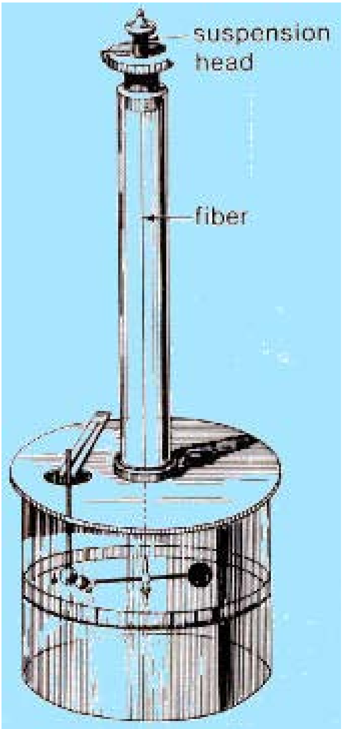
المكونات الأساسية للذرة من حيث قيمة الشحنة والكتلة:

Particle	Symbol	Charge	Mass
Proton	*p*	1.6×10^{-19}C	1.67×10^{-27}K
Neutron	*n*	0	1.67×10^{-27}K
Electron	*e*	-1.6×10^{-19}C	1.67×10^{-31}K

Dangers and uses of static charge فوائد ومضار الشحنات الساكنة

Coulomb's Law   قانون كولوم

In 1785, Coulomb established the fundamental law of *electric force* between two stationary, charged particles. Experiments show that an electric force has the following properties:



في عام 1785 اجرى العالم كولوم مجموعة تجارب من اجل وضع القانون الاساسي للقوة الكهربائية بين شحنتين ساكنتين حيث استنتج ثلاث نقاط :

(1) The force is *inversely proportional* to the square of separation, r^2, between the two charged particles.

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

(2) The force is *proportional* to the product of charge q_1 and the charge q_2 on the particles.

$$F \propto q_1 q_2$$

(3) The force is *attractive* if the charges are of opposite sign and *repulsive* if the charges have the same sign.

We can conclude that

نستنتج ان القوة الكهربائية بين شحنتين كهربائيتين تتناسب طرديا مع حاصل ضرب الشحنتين وعكسيا مع مربع المسافة بينهما

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

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

where *K* is the coulomb constant = 9 × 10^9 N.m^2/C^2. ثابت كولوم

The above equation is called *Coulomb's law*, which is used to calculate the force between electric charges. In that equation *F* is measured in Newton (N), *q* is measured in unit of coulomb (C) and *r* in meter (m).

The constant *K* can be written as

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

where ε_o is known as the *Permittivity constant of free space.*
ثابت السماحية للفراغ

ε_o = 8.85 x 10^{-12} C^2/N.m^2

$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} = \frac{1}{4\pi \times 8.85 \times 10^{-12}} = 9 \times 10^9 Nm^2/C^2$$

Calculation of the electric force ***حساب القوة الكهربائية***

القوى الكهربية تكون ناتجة من تأثير شحنة على شحنة أخرى أو من تأثير توزيع معين لعدة شحنات على شحنة معينة q_1 على سبيل المثال، ولحساب القوة الكهربية المؤثرة على تلك الشحنة نتبع الخطوات التالية:-

Electric force between two electric charges القوة الكهربائية بين شحنتين

في حالة وجود شحنتين فقط والمراد هو حساب تأثير القوى الكهربية لشحنة على الأخرى. الحالة في الشكل (a) Figure تمثل شحنات متشابهة إما موجبة أو سالبة حيث القوة المتبادلة هي قوة تنافر *Repulsive force*.

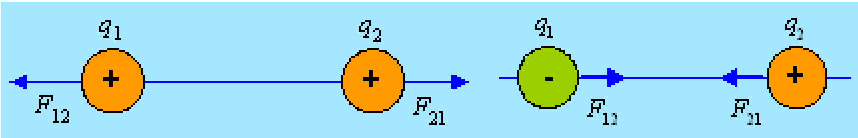


Figure (a) ***Figure (b)***

لحساب مقدار القوة المتبادلة نسمى الشحنة الأولى q_1 والثانية q_2

مقداراً $$F_{12} = K\frac{q_1 q_2}{r^2} = F_{21}$$

واتجاها $$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

أي أن القوتين متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.

كذلك الحال في الشكل (b) Figure والذي يمثل شحنتين مختلفتين، حيث القوة المتبادلة قوة تجاذب *Attractive force*. وهنا أيضا نتبع نفس الخطوات السابقة وتكون القوتان متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه أيضاً.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

لاحظ اتجاه أسهم القوة على الرسم.

Example

احسب مقدار شحنتين متشابهتين اذا كانت قوة التنافر تساوي 0.1 N

Calculate the value of two equal charges if they repel one another with a force of 0.1N when situated 50cm apart in a vacuum.

Solution

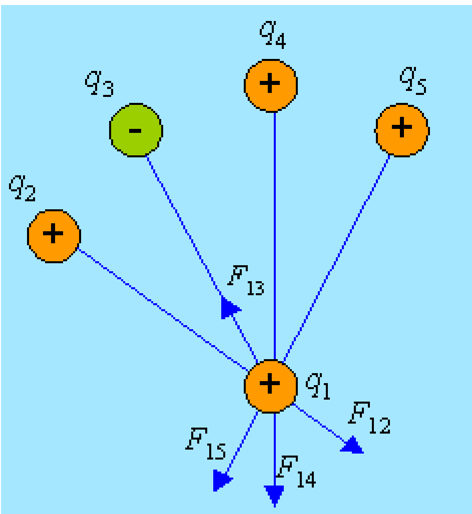
$$F = K\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Since $q_1 = q_2$

$$0.1 = \frac{9\times10^{9}\times q^{2}}{(0.5)^{2}}$$

$$q = 1.7\times10^{-6}C = 1.7\mu C$$

وهذه هي قيمة الشحنة التي تجعل القوة المتبادلة تساوي 0.1N.



القوة الكهربائية بين اكثر من شحنتين

Electric force between more than two electric charges

في حالة التعامل مع أكثر من شحنتين والمراد حساب القوى الكهربية الكلية The resultant

المؤثرة على شحنة q_1 كما في الشكل Figure 2.3 فإن هذه القوة electric forces هي F_1 وهى الجمع الاتجاهي لجميع القوى المتبادلة مع الشحنة q_1 أي أن

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14} + \vec{F}_{15}$$

ولحساب قيمة واتجاه F_1 نتبع الخطوات التالية:-

1) حدد متجهات القوة المتبادلة مع الشحنة q_1 على الشكل وذلك حسب إشارة الشحنات وللسهولة نعتبر أن الشحنة q_1 قابلة للحركة وباقي الشحنات ثابتة.

2) نأخذ الشحنتين $q_1\&q_2$ أولا حيث أن الشحنتين موجبتان. إذاً q_1 تتحرك بعيدا عن الشحنة q_2 وعلى امتداد الخط الواصل بينهما ويكون المتجه F_{12} هو اتجاه القوة المؤثرة على الشحنة q_1 نتيجة الشحنة q_2 وطول المتجه يتناسب مع مقدار القوة. وبالمثل نأخذ الشحنتين $q_1\&q_3$ ونحدد اتجاه القوة F_{13} ثم نحدد F_{14} وهكذا.

3) هنا نهمل القوى الكهربية المتبادلة بين الشحنات q_2 & q_3 & q_4 لأننا نحسب القوى المؤثرة على q_1.

4) لحساب مقدار متجهات القوة كل على حده نعوض في قانون كولوم كالتالي:-

$$F_{12} = K\,\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$F_{13} = K\,\frac{q_1 q_3}{r^2}$$

$$F_{14} = K\,\frac{q_1 q_4}{r^2}$$

5) تكون محصلة هذه القوى هي F_1 ولكن كما هو واضح على الشكل فإن خط عمل القوى مختلف ولذلك نستخدم طريقة تحليل

المتجهات إلى مركبتين كما يلي

$$F_{1x} = F_{12x} + F_{13x} + F_{14x}$$

$$F_{1y} = F_{12y} + F_{13y} + F_{14y}$$

- **مقدار محصلة القوى**

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

- **واتجاهها**

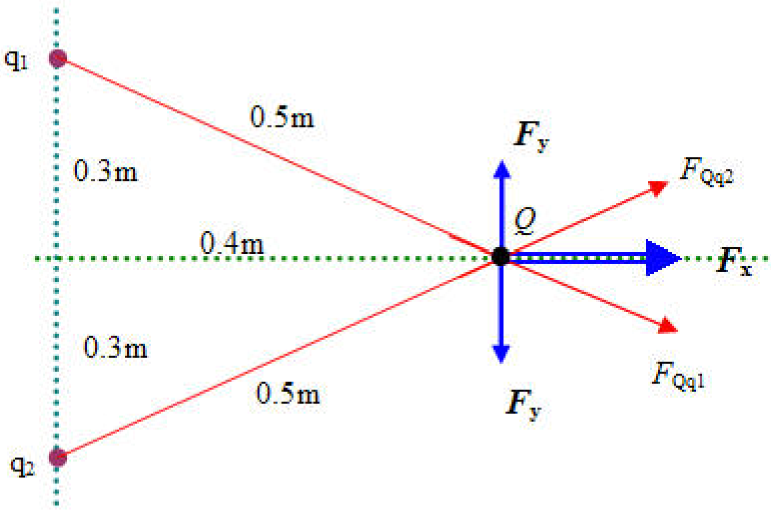
$$\theta = \tan^{-1} \frac{F_y}{F_x}$$

نتبع هذه الخطوات لأن القوة الكهربية كمية متجهة.

أمثلة محلولة عن قانون كولوم

Example

In figure 2.4, two equal positive charges $q=2\times10^{-6}$C interact with a third charge $Q=4\times10^{-6}$C. Find the magnitude and direction of the resultant force on Q.



Solution

لإيجاد محصلة القوى الكهربية المؤثرة على الشحنة Q نطبق قانون كولوم لحساب مقدار القوة التي تؤثر بها كل شحنة على الشحنة Q. وبما أن الشحنتين q1&q2 متساويتان وتبعدان نفس المسافة عن الشحنة Q فإن القوتين متساويتان في مقدار وقيمة القوة

$$F_{Qq1} = K\frac{qQ}{r^2} = 9\times10^9\frac{(4\times10^{-6})(2\times10^{-6})}{(0.5)^2} = 0.29\,N = F_{Qq2}$$

بتحليل متجه القوة إلى مركبتين ينتج:

$$F_x = F\cos\theta = 0.29\left(\frac{0.4}{0.5}\right) = 0.23\,N$$

$$F_y = -F\sin\theta = -0.29\left(\frac{0.3}{0.5}\right) = -0.17\,N$$

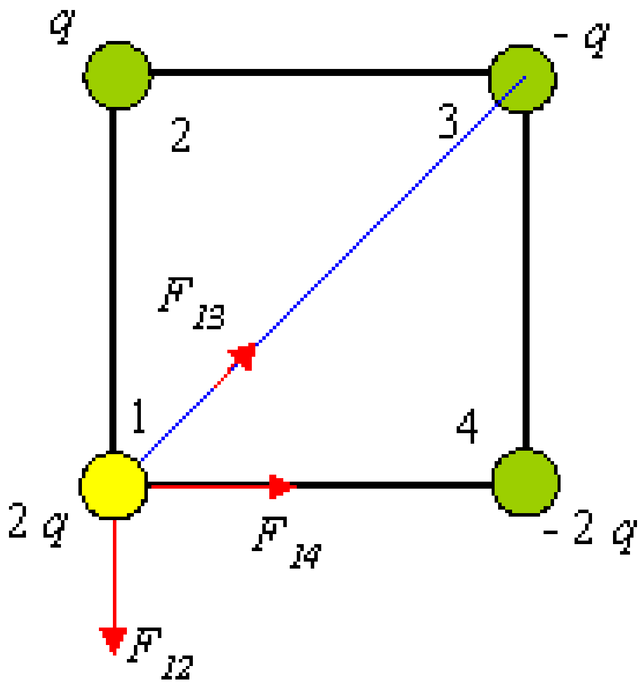
وبالمثل يمكن إيجاد القوة المتبادلة بين الشحنتين $q2$ و Q وهي $F_{Qq}2$
وبالتحليل الاتجاهي نلاحظ أن مركبتي y متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.

$$\sum F_x = 2 \times 0.23 = 0.46N$$
$$\sum F_y = 0$$

وبهذا فإن مقدار القوة المحصلة هي N0.46 واتجاهها في اتجاه محور X الموجب

Example

In figure 2.5 what is the resultant force on the charge in the lower left corner of the square? Assume that $q=1\times10^{-7}$ C and a = 5cm



Solution

For simplicity we number the charges as shown in figure 2.5, then we determine the direction of the electric forces acted on the charge in the lower left corner of the square q_1

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14}$$

$$F_{12} = K\frac{2qq}{a^2}$$

$$F_{13} = K\frac{2qq}{2a^2}$$

$$F_{14} = K\frac{2q2q}{a^2}$$

لاحظ هنا أننا أهملنا التعويض عن إشارة الشحنات عند حساب مقدار القوى. وبالتعويض في المعادلات ينتج أن:

F_{12} **= 0.072 N,**

F_{13} **= 0.036 N,**

F_{14} **= 0.144 N**

لاحظ هنا أننا لا نستطيع جمع القوى الثلاث مباشرة لأن خط عمل القوى مختلف، ولذلك لحساب المحصلة نفرض محورين متعامدين x,y ونحلل القوى التي لا تقع على هذين المحورين أي متجه القوة F_{13} ليصبح

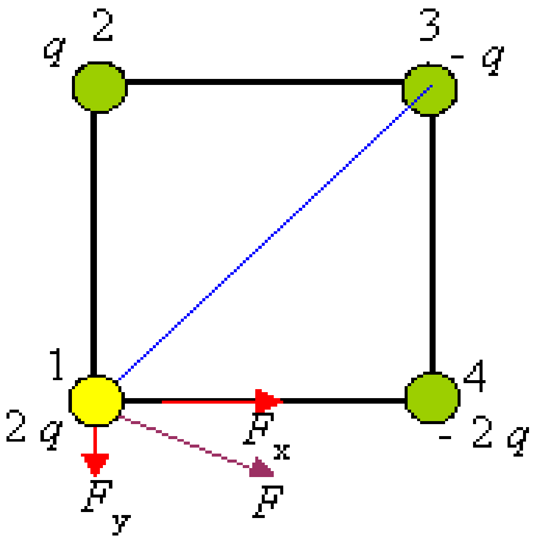
$F_{13x} = F_{13}\sin 45 = 0.025$ N &

$F_{13y} = F_{13}\cos 45 = 0.025$ N

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

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

الإشارة السالبة تدل على أن اتجاه مركبة القوة في اتجاه محور y السالب.



The resultant force equals

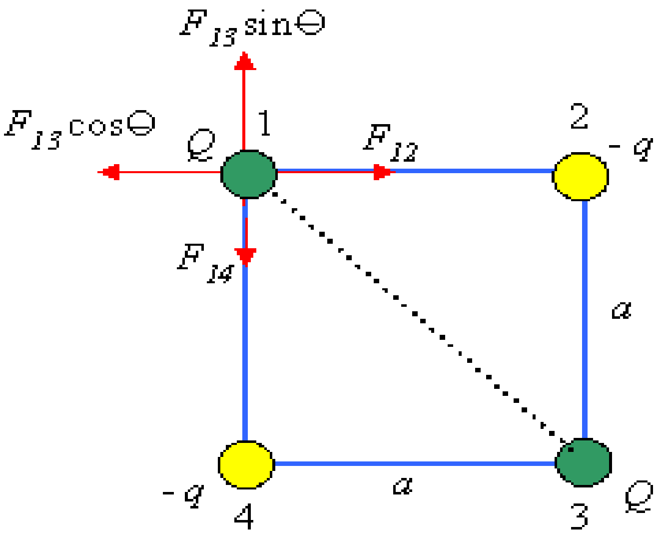
$$F_1 = \sqrt{(F_x)^2 + (F_y)^2}$$ **= 0.175 N**

The direction with respect to the x-axis equals

$$\theta = \tan^{-1}\frac{F_y}{F_x}$$ **= -15.5°**

Example 2.4

A charge Q is fixed at each of two opposite corners of a square as shown in figure 2.6. A charge q is placed at each of the other two corners. (a) If the resultant electrical force on Q is Zero, how are Q and q related.



Solution

حتى تكون محصلة القوى الكهربية على الشحنة Q نتيجة الشحنات الأخرى مساوية للصفر، فإنه يجب أن تكون تلك القوى متساوية في المقدار ومتعاكسة في الاتجاه عند الشحنة Q رقم (1) مثلا، وحتى يتحقق ذلك نفرض أن كلتي الشحنتين (2) و (4) سالبة و Q (1) و (3) موجبة ثم نعين القوى المؤثرة على الشحنة (1).

نحدد اتجاهات القوى على الشكل بعد تحليل متجه القوة F13 نلاحظ أن هناك أربعة متجهات قوى متعامدة، كما هو موضح في الشكل أدناه، وبالتالي يمكن أن تكون محصلتهم تساوى صفراً إذا كانت محصلة المركبات الأفقية تساوى صفراً وكذلك محصلة المركبات الرأسية

$$F_x = 0 \Rightarrow \qquad F_{12} - F_{13x} = 0$$

then

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

$$K\frac{Qq}{a^2} = K\frac{QQ}{2a^2}\frac{1}{\sqrt{2}} \quad \Rightarrow \quad q = \frac{Q}{2\sqrt{2}}$$

$$F_x = 0 \Rightarrow \quad F_{13y} - F_{14} = 0$$

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

$$K\frac{QQ}{2a^2}\frac{1}{\sqrt{2}} = K\frac{Qq}{a^2} \quad \Rightarrow \quad q = \frac{Q}{2\sqrt{2}}$$

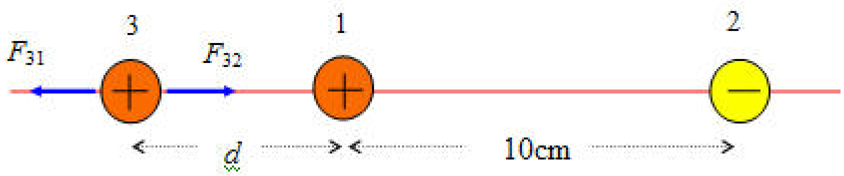
$$Q = 2\sqrt{2}\, q$$

وهذه هي العلاقة بين Q و q التي تجعل محصلة القوى على Q تساوى صفر مع ملاحظة أن إشارة q تعاكس إشارة Q أي أن

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

Example

Two fixed charges, 1μC and -3μC are separated by 10cm as shown in figure 2.7 (a) where may a third charge be located so that no force acts on it? (b) is the equilibrium stable or unstable for the third charge?



Solution

المطلوب من السؤال هو أين يمكن وضع شحنة ثالثة بحيث تكون محصلة القوى الكهربية المؤثرة عليها تساوى صفراً، أي أن تكون في وضع اتزان equilibrium. (لاحظ أن نوع الشحنة ومقدارها لا يؤثر في تعيين نقطة الاتزان). حتى يتحقق هذا فإنه يجب أن تكون القوى المؤثرة متساوية في المقدار ومتعاكسة في الاتجاه. وحتى يتحقق هذا الشرط فإن الشحنة الثالثة يجب أن توضع خارج الشحنتين وبالقرب من الشحنة الأصغر. لذلك نفرض شحنة موجبة $q3$ كما في الرسم ونحدد اتجاه القوى المؤثرة عليها.

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

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

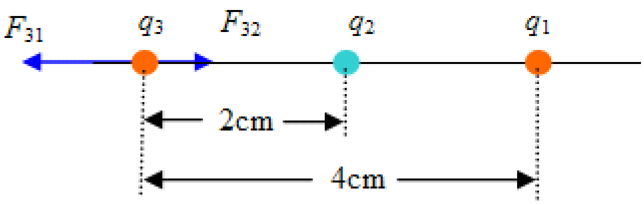
$$\frac{1\times 10^{-6}}{d^2} = \frac{3\times 10^{-6}}{(d+10)^2}$$

نحل هذه المعادلة ونوجد قيمة d

(b) This equilibrium is unstable!! Why!!

Example

Two charges are located on the positive x-axis of a coordinate system, as shown in figure 2.8. Charge q_1=2nC is 2cm from the origin, and charge q_2=-3nC is 4cm from the origin. What is the total force exerted by these two charges on a charge q_3=5nC located at the origin?



Solution

The total force on q_3 is the vector sum of the forces due to q_1 and q_2 individually.

$$F_{31} = \frac{(9\times 10^{9})(2\times 10^{-9})(5\times 10^{-9})}{(0.02)^2} = 2.25\times 10^{-4}\,N$$

$$F_{32} = \frac{(9\times 10^{9})(3\times 10^{-9})(5\times 10^{-9})}{(0.04)^2} = 0.84\times 10^{-4}\,N$$

حيث أن الشحنة $q1$ موجبة فإنها تؤثر على الشحنة $q3$ بقوة تنافر مقدارها $F31$ واتجاهها كما هو موضح في الشكل، أما الشحنة $q2$ سالبة فإنها تؤثر على الشحنة $q3$ بقوة تجاذب مقدارها $F32$. وبالتالي فإن القوة المحصلة $F3$ يمكن حسابها بالجمع الاتجاهي كالتالي:

$$F_3 = F_{31} + F_{32}$$

$$\therefore F_3 = 0.84 \times 10^{-4} - 2.25 \times 10^{-4} = -1.41 \times 10^{-4}\,N$$

The total force is directed to the left, with magnitude 1.41x10^{-4}N.