

## CHAPTER 1: Electrostatics

How many electrons does it take to make up 5.00 C of charge?

- a.  $1.08 \times 10^{19}$
- b.  $1.17 \times 10^{19}$
- c.  $2.11 \times 10^{19}$
- d.  $3.12 \times 10^{19}$
- e.  $3.72 \times 10^{19}$

كم عدد الإلكترونات اللازمة لتشكيل شحنة مقدارها 5.00 C

- a.  $1.08 \times 10^{19}$
- b.  $1.17 \times 10^{19}$
- c.  $2.11 \times 10^{19}$
- d.  $3.12 \times 10^{19}$
- e.  $3.72 \times 10^{19}$

What is the total charge on  $3.72 \times 10^{19}$  electrons?

- a. 5.00 C
- b. 6.78 C
- c. 5.95 C
- d. 0.430 C
- e. 2.33 C

ما هي الشحنة الكلية لـ  $3.72 \times 10^{19}$  إلكترون؟

- a. 5.00 C
- b. 6.78 C
- c. 5.95 C
- d. 0.430 C
- e. 2.33 C

What is the net charge of 1 mole ( $6.02 \times 10^{23}$ ) of electrons?

- a.  $-5.48 \times 10^{-7}$  C
- b.  $5.48 \times 10^{-7}$  C
- c.  $-6.02 \times 10^3$  C
- d.  $-9.63 \times 10^4$  C
- e.  $9.63 \times 10^4$  C

ما صافي شحنة 1 مول من الإلكترونات؟

- a.  $-5.48 \times 10^{-7}$  C
- b.  $5.48 \times 10^{-7}$  C
- c.  $-6.02 \times 10^3$  C
- d.  $-9.63 \times 10^4$  C
- e.  $9.63 \times 10^4$  C

- (a) How many electrons are needed to form a charge of  $-2.00 \text{ nC}$
- (b) How many electrons must be removed from a neutral object to leave a net charge of  $0.500 \mu\text{C}$ ?

(a)  $1.25 \times 10^{10}$  (b)  $3.13 \times 10^{12}$

- (أ) كم عدد الإلكترونات اللازمة لتكوين شحنة قدرها  $-2.00 \text{ nC}$
- (ب) كم عدد الإلكترونات التي يجب إزالتها من الجسم المحايد لتترك شحنة صافية قدرها  $0.500 \mu\text{C}$ ؟

What is the total number of quarks in a helium nucleus consisting of 2 protons and 2 neutrons?

- a. 2  
b. 4  
c. 6  
d. 12

ما هو العدد الإجمالي للكواركات في نواة الهليوم المكونة من 2 بروتونات و 2 نيوترون؟

- a. 2  
b. 4  
c. 6  
d. 12

A top quark has an approximate charge of a ..... C

شحنة تقريبية للكوارك العلوي تساوي .....C

When a metal plate is given a positive charge, which of the following is taking place?

- a) Protons (positive charges) are transferred to the plate from another object.
- b) Electrons (negative charges) are transferred from the plate to another object.
- c) Electrons (negative charges) are transferred from the plate to another object, and protons (positive charges) are also transferred to the plate from another object.
- d) It depends on whether the object conveying the charge is a conductor or an insulator.

عند إعطاء لوحة معدنية شحنة موجبة ، أي مما يلي يحدث؟

- (أ) يتم نقل البروتونات (الشحنات الموجبة) اللوحة من جسم آخر.
- (ب) يتم نقل الإلكترونات (الشحنات السالبة) من اللوحة إلى جسم آخر.
- (ج) يتم نقل الإلكترونات (الشحنات السالبة) من اللوحة إلى جسم آخر ، والبروتونات (الشحنات الموجبة) يتم تحويلها أيضًا إلى اللوحة من جسم آخر.
- (د) يعتمد ذلك على ما إذا كان الجسم الذي ينقل الشحنة موصل أو عازل.

What fraction of the electrons would you have to remove from a 10.0 mg sphere of iron ( $Z = 26$ ,  $A = 56$ ) in order to make its charge 1.00 C?

- a. 0.224 %
- b. 0.482 %
- c.  $2.24 \times 10^{-4}$
- d.  $4.82 \times 10^{-4}$
- e.  $4.00 \times 10^{-7}$

ما هي نسبة الإلكترونات التي يجب عليك إزالتها من كرة 10.0 mg من الحديد ( $Z = 26$ ،  $A = 56$ ) لجعل شحنتها 1.00 C ؟

- a. 0.224 %
- b. 0.482 %
- c.  $2.24 \times 10^{-4}$
- d.  $4.82 \times 10^{-4}$
- e.  $4.00 \times 10^{-7}$

0.482% of the electrons are removed from a sphere of iron ( $Z = 26$ ,  $A = 56$ ), resulting in a net charge of 1.00 C on the sphere. What is the mass of the iron sphere?

- a. 4.64 mg
- b. 10.0 mg
- c. 3.19 mg
- d. 3.99 mg
- e. 6.20 mg

تتم إزالة 0.482% من الإلكترونات من كرة من الحديد ( $Z = 26$ ،  $A = 56$ ) مما ينتج عنه شحنة صافية قدرها 1.00 C على الجسم الكروي. ما هي كتلة الكرة الحديدية؟

- a. 4.64 mg
- b. 10.0 mg
- c. 3.19 mg
- d. 3.99 mg
- e. 6.20 mg

Two spheres carry electric charge, and a third charged sphere is now placed between the two charged spheres on a line connecting the two spheres' centers. **If the result of the placement of the third charge is that there is no net electrostatic force on each of the two original spheres, what can be said?**

- a. The original spheres carried charges of opposite sign.
- b. The original spheres carried charges of the same sign.
- c. The original spheres carried charges of equal magnitude.
- d. The new charge is placed equidistant from each of the two original charges.
- e. None of the choices may be said with certainty.**

كرتان تحملان شحنة كهربائية ، ويتم وضع كرة ثالثة مشحونة الآن بين الكرتين المشحنتين على خط يربط بين مركزي الكرتين. **إذا كانت نتيجة وضع الشحنة الثالثة عدم وجود قوة كهروستاتيكية على كل من الكرتين الأصليتين ، ماذا يمكن أن يقال؟**

- أ. حملت الكرتان الأصليتان اشارتان مختلفتان في الإشارة
- ب. حملت الكرتان الأصليتان اشارتان متشابهتان في الإشارة
- ج. حملت الكرتان الأصليتان اشارتان متساويتان في المقدار
- د. يتم وضع الشحنة الجديدة على مسافة متساوية من كل من الشحنتين الأصليتين.
- هـ. لا يمكن قول أي من الخيارات صحيح.

When a positively charged rod is brought near to an isolated neutral conductor without touching it, **will the rod experience an attractive force, a repulsive force, or no force at all?**

- a. an attractive force**
- b. a repulsive force
- c. no force at all

عندما يتم إحضار قضيب موجب الشحنة بالقرب من موصل محايد معزول دون لمسه ، **فهل سيختبر القضيب قوة جذب ، أو قوة تنافر ، أم لا قوة على الإطلاق؟**

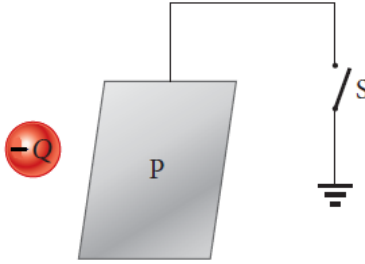
- أ. قوة جاذبة
- ب. قوة تنافر
- ج. لا قوة على الإطلاق

An uncharged metal plate (P) is connected by a conductor to ground through a switch (S). The switch (S) is initially closed. A negative charge  $-Q$  is brought close to P without touching it and then the switch (S) is opened.

After the switch (S) is open, the negative charge  $-Q$  is removed. After the negative charge  $-Q$  is removed, **what is the charge on the plate (P)?**

يتم توصيل لوحة معدنية غير مشحونة (P) بواسطة موصل إلى الأرض من خلال مفتاح (S). المفتاح (S) مبدئيًا مغلق. يتم وضع شحنة سالبة  $-Q$  بالقرب من P دون لمسها ثم يتم فتح المفتاح بعد

- المفتاح (S) مفتوح ، تتم إزالة الشحنة السالبة  $-Q$ . بعد إزالة الشحنة السالبة  $-Q$  ، **ما هي الشحنة على اللوحة (P)؟**



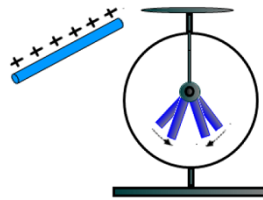
- It is now positively charged.
- It is now negatively charged.
- It is still uncharged.
- It cannot be determined without knowing how much charge was on the metal plate P before switch S was closed.

- أ. موجب الشحنة
- ب. سالب الشحنة
- ج. لا يزال غير مشحون
- د. لا يمكن تحديده دون معرفة كمية الشحنة الموجودة على اللوحة المعدنية قبل غلق المفتاح

A positively charged rod is brought near a charged electroscope. As a result of doing this, the electroscope leaves move closer to each other.

**What is the charge on the electroscope?**

يتم وضع قضيب موجب الشحنة بالقرب من مكشاف كهربائي مشحون. نتيجة للقيام بذلك ، تتحرك أوراق المكشاف بالقرب من بعضها البعض.  
**ما هي شحنة المكشاف الكهربائي؟**

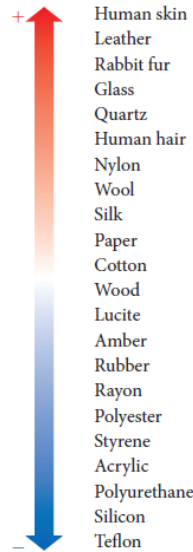


- Positive
- Negative**
- It is neutral
- It depends on the distance between the electroscope and the rod
- It depends on the material that the electroscope is made of

- أ. موجبة
- ب. سالبة
- ج. غير مشحون
- د. ذلك يعتمد على المسافة بين المكشاف والقضيب
- هـ. يعتمد ذلك على المادة التي يصنع منها المكشاف الكهربائي

When a rubber rod is rubbed with rabbit fur, the rod becomes

عندما يفرك قضيب مطاطي بفراء الأرنب ، يصبح القضيب



a) negatively charged.

b) positively charged.

c) neutral.

d) either negatively charged or positively charged, depending on whether the fur is always moved in the same direction or is moved back and forth

(أ) سالب الشحنة.

(ب) موجب الشحنة.

(ج) متعادل.

(د) إما سالبة الشحنة أو موجبة الشحنة ، اعتمادًا على ما إذا كان يتم تحريك الفراء دائمًا في نفس الاتجاه أو يتم تحريكه ذهابًا وإيابًا

### Concept Check 21.3

You place two charges a distance  $r$  apart. Then you double each charge and double the distance between the charges. How does the force between the two charges change?

- a) The new force is twice as large.
- b) The new force is half as large.
- c) The new force is four times larger.
- d) The new force is four times smaller.
- e) The new force is the same.

### مراجعة المفاهيم 1.3

إذا وضعت شحنتين بحيث تفصل بينهما مسافة  $r$ ، ثم ضاعفت كلًا من الشحنتين وضاعفت المسافة بينهما، فكيف سيتغير مقدار القوة المبذولة بين الشحنتين؟

- (a) ستكون القوة الجديدة ضعف هذا المقدار.
- (b) ستكون القوة الجديدة نصف هذا المقدار.
- (c) سيزيد مقدار القوة الجديدة بأربعة أضعاف.
- (d) سيقبل مقدار القوة الجديدة بأربعة أضعاف.
- (e) ستكون القوة الجديدة بالمقدار نفسه.

## Concept Check 21.5

Assuming that the lengths of the vectors in Figure 21.15 are proportional to the magnitudes of the forces they represent, what do they indicate about the magnitudes of the charges  $q_1$  and  $q_2$ ? (Hint: The distance between  $x_1$  and  $x_2$  is the same as the distance between  $x_2$  and  $x_3$ .)

a)  $|q_1| < |q_2|$

b)  $|q_1| = |q_2|$

c)  $|q_1| > |q_2|$

d) The answer cannot be determined from the information given in the figure.

## مراجعة المفاهيم 1.5

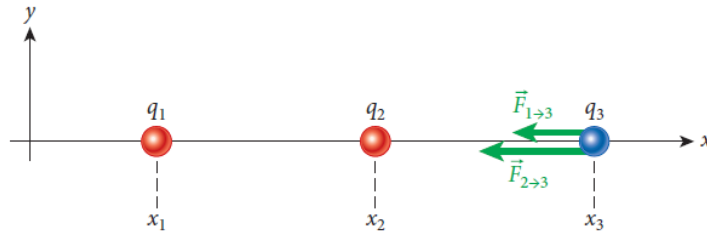
إذا افترضنا أن طول كل متجه من المتجهين في الشكل 1.15 يتناسب مع مقدار القوة الذي يمثله، فما الذي يشير إليه المتجهان بخصوص مقدار الشحنتين  $q_1$  و  $q_2$ ؟ (تلميح: المسافة بين  $x_1$  و  $x_2$  هي نفسها المسافة بين  $x_2$  و  $x_3$ .)

a)  $|q_1| < |q_2|$

b)  $|q_1| = |q_2|$

c)  $|q_1| > |q_2|$

d) لا يمكن تحديد الإجابة من المعلومات المعطاة في الشكل.



When two charges are separated by a distance  $d$ , the magnitude of the electrostatic force between them is  $F$ .

What would be the magnitude of the electrostatic force between them if the separation distance was  $d/2$ ?

a.  $F/4$

b.  $F/2$

c.  $2F$

d.  $4F$

عندما يتم فصل شحنتين بمسافة  $d$ ، يكون مقدار القوة الكهروستاتيكية بينهما هو  $F$ .

ما مقدار القوة الكهروستاتيكية بينهما إذا كانت المسافة الفاصلة بينهما  $d/2$ ؟

a.  $F/4$

b.  $F/2$

c.  $2F$

d.  $4F$

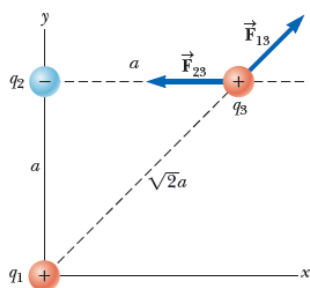
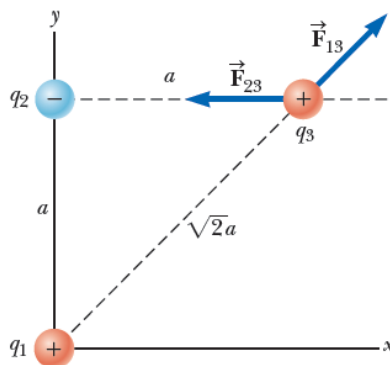
Consider three point charges located at the corners of a right triangle as shown, where  $q_1 = q_3 = 5.00 \mu\text{C}$ ,  $q_2 = 2.00 \mu\text{C}$ , and  $a = 0.100 \text{ m}$ .

Find the resultant force exerted on  $q_3$ .

ثلاث شحنات نقطية تقع في زوايا مثلث قائم الزاوية كما هو موضح ،

$q_1 = q_3 = 5.00 \mu\text{C}$ ,  $q_2 = 2.00 \mu\text{C}$ , and  $a = 0.100 \text{ m}$ .

أوجد القوة المحصلة المؤثرة على  $q_3$ .



Use Equation 22.1 to find the magnitude of  $\vec{F}_{23}$ :

$$F_{23} = k_e \frac{|q_2||q_3|}{a^2} = (8.988 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2) \frac{(2.00 \times 10^{-6} \text{ C})(5.00 \times 10^{-6} \text{ C})}{(0.100 \text{ m})^2} = 8.99 \text{ N}$$

Find the magnitude of the force  $\vec{F}_{13}$ :

$$F_{13} = k_e \frac{|q_1||q_3|}{(\sqrt{2}a)^2} = (8.988 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2) \frac{(5.00 \times 10^{-6} \text{ C})(5.00 \times 10^{-6} \text{ C})}{2(0.100 \text{ m})^2} = 11.2 \text{ N}$$

Find the  $x$  and  $y$  components of the force  $\vec{F}_{13}$ :

$$F_{13x} = (11.2 \text{ N}) \cos 45.0^\circ = 7.94 \text{ N}$$

$$F_{13y} = (11.2 \text{ N}) \sin 45.0^\circ = 7.94 \text{ N}$$

Find the components of the resultant force acting on  $q_3$ :

$$F_{3x} = F_{13x} + F_{23x} = 7.94 \text{ N} + (-8.99 \text{ N}) = -1.04 \text{ N}$$

$$F_{3y} = F_{13y} + F_{23y} = 7.94 \text{ N} + 0 = 7.94 \text{ N}$$

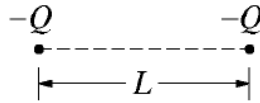
Express the resultant force acting on  $q_3$  in unit-vector form:

$$\vec{F}_3 = (-1.04\hat{i} + 7.94\hat{j}) \text{ N}$$



Two particles each with a charge  $-Q$  are fixed a distance  $L$  apart as shown. Each particle experiences a net electric force  $F$ . A particle with a charge  $+q$  is now fixed midway between the original two particles. As a result, the net electric force experienced by each negatively charged particle is reduced to  $F/2$ . **The value of  $q$  is**

تم تثبيت جسيمين لكل منهما شحنة  $-Q$  على المسافة  $L$  متباعدة كما هو موضح. كل جسيم يختبر صافي القوة الكهربائية  $F$ . تم الآن وضع شحنة  $+q$  في منتصف المسافة بين الشحنتين. ونتيجة لذلك، فإن صافي القوة التي تعاني منها كل شحنة سالبة يقل إلى  $F/2$ . **قيمة  $q$  هي**



- a.  $Q$
- b.  $Q/2$
- c.  $Q/4$
- d.  $Q/8$

- a.  $Q$
- b.  $Q/2$
- c.  $Q/4$
- d.  $Q/8$

$$F_1 = K \frac{Q Q}{L^2}$$

$$F_2 = K \frac{Q Q}{L^2} - K \frac{Q q}{\left(\frac{L}{2}\right)^2}$$

$$K \frac{Q^2}{L^2} - 4K \frac{Q q}{L^2} = \frac{1}{2} K \frac{Q^2}{L^2}$$

$$\therefore \frac{1}{2} K \frac{Q^2}{L^2} = 4 K \frac{Q q}{L^2}$$

$$q = \frac{Q}{8} \checkmark$$

Two ions are placed on the x-axis. One has a charge of  $+e$  and is located at the origin. The other has a charge of  $-4e$  and is located at  $x = +d$ , where  $d > 0$ .

Where on the x-axis could a third charge be placed such that the net electrostatic force on it caused by the other two charges is zero?

- a.  $x = -2d$
- b.  $x = -d$
- c.  $x = +d$
- d.  $x = +2d$

تم وضع اثنين من الأيونات على المحور السيني. واحد لديه شحنة  $+e$  ويقع في نقطة الأصل. الآخر لديه شحنة قدرها  $-4e$  ويقع عند  $x = +d$  ، حيث  $d > 0$ .

أين يمكن وضع شحنة ثالثة على المحور السيني بحيث تكون القوة الكهروستاتيكية الناتجة عن الشحنتين الأخريين صفراً؟

- a.  $x = -2d$
- b.  $x = -d$
- c.  $x = +d$
- d.  $x = +2d$

In the opposite corners of a square there are two identical ions. Each has a charge of  $-e$ . The length of one side of the square is  $L$ . In one of the other corners there is a third ion which has a charge of  $+e$ .

What is the magnitude of the net electrostatic force on the positive ion caused by the two negative ions?

- a.  $ke^2/2L^2$
- b.  $ke^2/L^2$
- c.  $\sqrt{2} ke^2/L^2$
- d.  $2ke^2/L^2$

في الزوايا المقابلة للمربع يوجد أيونان متطابقان. كل واحد لديه شحنة  $-e$ . طول أحد جوانب المربع هو  $L$ . وفي أحد الزوايا الأخرى يوجد أيون ثالث شحنته  $+e$ .  
ما مقدار القوة الكهروستاتيكية المؤثرة على الأيون الموجب الناتجة عن الأيونات السالبة؟

- a.  $ke^2/2L^2$
- b.  $ke^2/L^2$
- c.  $\sqrt{2} ke^2/L^2$
- d.  $2ke^2/L^2$

Three electrons are located at the vertices of an equilateral triangle, one at each vertex. The length of one side of the triangle is 1.00 nm.

**What is the magnitude of the net electrostatic force on each electron?**

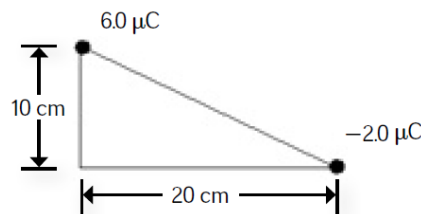
- a.  $2.30 \times 10^{-10} \text{ N}$
- b.  $3.25 \times 10^{-10} \text{ N}$
- c.  $3.99 \times 10^{-10} \text{ N}$
- d.  $4.60 \times 10^{-10} \text{ N}$

توجد ثلاثة إلكترونات عند رؤوس مثلث متساوي الأضلاع ،  
واحد عند كل رأس. طول أحد أضلاع المثلث يساوي 1.00  
نانومتر. ما مقدار صافي القوة الكهروستاتيكية المؤثرة على كل  
إلكترون؟

- a.  $2.30 \times 10^{-10} \text{ N}$
- b.  $3.25 \times 10^{-10} \text{ N}$
- c.  $3.99 \times 10^{-10} \text{ N}$
- d.  $4.60 \times 10^{-10} \text{ N}$

Two point charges are placed on two of the corners of a triangle as shown. **What magnitude of force would be felt by a  $6.0 \mu\text{C}$  charge placed at the right angle?**

توضع شحنتان نقطيتان على زاويتين من زوايا المثلث كما هو  
موضح. ما مقدار القوة التي تشعر بها شحنة  $6.0 \mu\text{C}$   
موضوعة في الزاوية القائمة؟

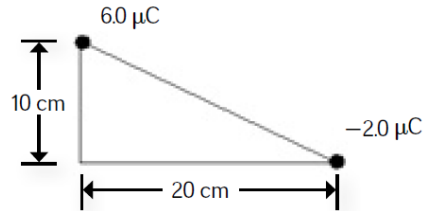


- a. 10 N
- b. 24 N
- c. 32 N
- d. 44 N
- e. 58 N

- a. 10 N
- b. 24 N
- c. 32 N
- d. 44 N
- e. 58 N

Two point charges are placed on two of the corners of a triangle as shown. **What is the direction of the force would be felt by a  $6.0 \mu\text{C}$  charge placed at the right angle relative to the horizontal (positive x-axis to the right)?**

توضع شحنتان نقطيتان على زاويتين من زوايا المثلث كما هو موضح. ما هو اتجاه القوة المحسوسة بشحنة  $6.0 \mu\text{C}$  موضوعة في الزاوية القائمة بالنسبة إلى الأفقي (محور x الموجب على اليمين)



- a.  $-18^\circ$
- b.  $+18^\circ$
- c.  $-45^\circ$
- d.  $+45^\circ$
- e.  $-85^\circ$
- f.  $+85^\circ$

- a.  $-18^\circ$
- b.  $+18^\circ$
- c.  $-45^\circ$
- d.  $+45^\circ$
- e.  $-85^\circ$
- f.  $+85^\circ$

A charge  $Q_1 = Q$  is positioned on the x axis at  $x = a$ . **Where should a charge  $Q_2 = 9Q$  be placed to produce a net electric force of zero on a charge placed at the origin?**

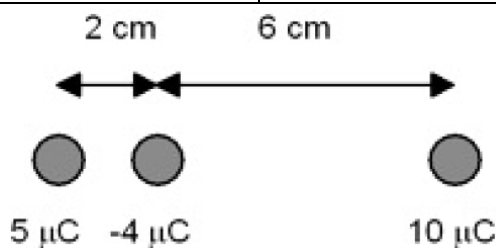
شحنة  $Q_1 = Q$  موضوعة على المحور x عند  $x = a$ . أين يجب وضع شحنة  $Q_2 = 9Q$  لإنتاج صافي قوة كهربائية مقدارها صفر على شحنة موضوعة في نقطة الأصل؟

- a. at  $x = 2a$
- b. at  $x = -2a$
- c. at  $x = 3a$
- d. at  $x = -3a$
- e. at  $x = 4a$

- a. at  $x = 2a$
- b. at  $x = -2a$
- c. at  $x = 3a$
- d. at  $x = -3a$
- e. at  $x = 4a$

What is the force on the  $-4 \mu\text{C}$  sphere?

ما هي القوة المؤثرة على الكرة  $-4 \mu\text{C}$  ؟

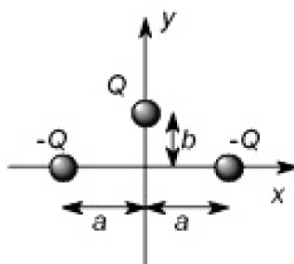


- a. 550 N, to the left
- b. 350 N, to the left**
- c. 0
- d. 350 N, to the right
- e. 550 N to the right

- a. 550 N, to the left
- b. 350 N, to the left
- c. 0
- d. 350 N, to the right
- e. 550 N to the right

Three charges of equal magnitude  $Q$  are held in the configuration shown. If a small positive charge,  $q$ , is placed at the origin what will be the magnitude and direction of the force it experiences? (Note: Pay attention to the sign on each of the three charges.)

يتم الاحتفاظ بثلاث شحنة متساوية الحجم  $Q$  في التكوين الموضح. إذا وُضعت شحنة موجبة صغيرة،  $q$ ، عند نقطة الأصل، فما مقدار واتجاه القوة التي تتعرض لها؟ (ملاحظة: انتبه للعلامة الموجودة على كل من الرسوم الثلاثة.)



- a.  $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 b a^2}$  in positive  $y$ -direction
- b.  $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 b^2}$  in negative  $y$ -direction**
- c.  $\frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 a b^2}$  in positive  $x$ -direction
- d.  $\frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 a^2}$  in negative  $x$ -direction
- e. 0

- a.  $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 b a^2}$  in positive  $y$ -direction
- b.  $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 b^2}$  in negative  $y$ -direction
- c.  $\frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 a b^2}$  in positive  $x$ -direction
- d.  $\frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 a^2}$  in negative  $x$ -direction
- e. 0

A small ball with a mass of 40 g and a charge of  $-0.3 \mu\text{C}$  is suspended from the ceiling on a string. The ball is suspended a distance of 7.0 cm above an insulating floor. **If a second small ball with a mass of 50 g and a charge of  $0.6 \mu\text{C}$  is placed on the floor directly beneath the first ball, what is the tension in the string?**

- a. 0.04 N
- b. 0.06 N
- c. 0.33 N
- d. 0.39 N
- e. 0.72 N**

كرة صغيرة كتلتها 40 جم وشحنة مقدارها  $0.3 \mu\text{C}$  - معلقة من السقف بخيط. تم تعليق الكرة لمسافة 7.0 سم فوق أرضية عازلة. **إذا وُضعت كرة ثانية صغيرة كتلتها 50 جم وشحنة مقدارها  $0.6 \mu\text{C}$  على الأرض أسفل الكرة الأولى مباشرة ، فما مقدار الشد في الخيط ؟**

- a. 0.04 N
- b. 0.06 N
- c. 0.33 N
- d. 0.39 N
- e. 0.72 N**

Two equal masses of charge 36 nC each are suspended at the end of two 1 m strings of negligible mass. The ropes make an angle of  $5^\circ$  with respect to each other. **What is the tension in one of the strings?**

- a. 0.060 N
- b. 0.044 N
- c. 0.019 N
- d. 0.023 N
- e. 0.035 N**

يتم تعليق كتلتين متساويتين من الشحنة 36 nC في نهاية خيطين كل منهما 1 متر ذوى كتلة مهملة. الحبال تصنع وزاوية 5 درجات بالنسبة لبعضها البعض. **ما هو الشد في أحد الأوتار؟**

- a. 0.060 N
- b. 0.044 N
- c. 0.019 N
- d. 0.023 N
- e. 0.035 N**

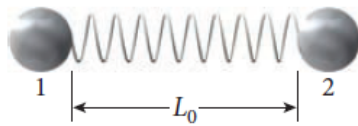
Two initially uncharged identical metal spheres are connected by an insulating spring (unstretched length 0.75 m, spring constant  $k = 35.0 \text{ N/m}$ ). Charge  $+2q$  is placed on the first sphere and  $-q$  on the second sphere, causing the spring to contract to a length of 0.54 m. Recall that the force exerted by a spring is  $k \Delta x$ , where  $\Delta x$  is the change in the spring's length from its unstretched/uncompressed length.

**Determine the charge  $q$ .**

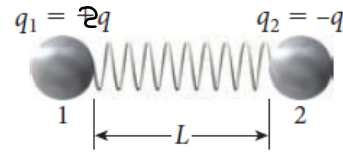
يتم توصيل اثنين من الكرات المعدنية المتماثلة غير المشحونة في البداية بواسطة زنبرك عازل (طول غير ممتد 0.75 متر ، ثابت الزنبرك  $k = 35.0 \text{ نيوتن / متر}$ ). (يتم وضع  $+2q$  Charge على الكرة الأولى و  $-q$  على الكرة الثانية ، مما يتسبب في حدوث تقلص الزنبرك بطول 0.54 م. تذكر أن القوة التي ينتجها الزنبرك هي  $k\Delta x$  ، حيث  $\Delta x$  هو التغير في طول الزنبرك من طوله غير الممتد / غير المضغوط.

**أوجد الشحنة  $q$ .**

Before charging



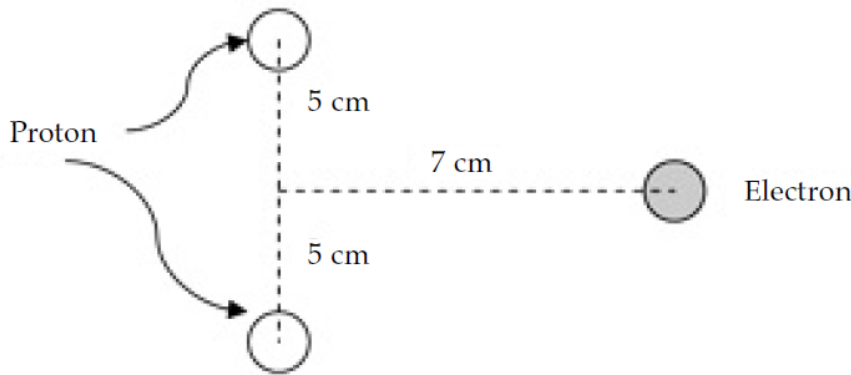
After charging



- a.  $1.19 \times 10^{-10} \text{ C}$
- b.  $1.09 \times 10^{-5} \text{ C}$**
- c.  $2.06 \times 10^{-5} \text{ C}$
- d.  $1.75 \times 10^{-5} \text{ C}$
- e.  $3.62 \times 10^{-5} \text{ C}$

- a.  $1.19 \times 10^{-10} \text{ C}$
- b.  $1.09 \times 10^{-5} \text{ C}$
- c.  $2.06 \times 10^{-5} \text{ C}$
- d.  $1.75 \times 10^{-5} \text{ C}$
- e.  $3.62 \times 10^{-5} \text{ C}$

Find the magnitude and direction of the electrostatic force on the electron in the figure shown.



- a.  $5.07 \times 10^{-26}$  N to the left  
 b.  $5.07 \times 10^{-26}$  N to the right  
 c. 0 N  
 d.  $6.23 \times 10^{-26}$  N to the left  
 e.  $6.23 \times 10^{-26}$  N to the right

21.13 Consider an electron with mass  $m$  and charge  $-e$  moving in a circular orbit with radius  $r$  around a fixed proton with mass  $M$  and charge  $+e$ . The electron is held in orbit by the electrostatic force between itself and the proton. Which one of the following expressions for the speed of the electron is correct?

- a)  $v = \sqrt{\frac{ke^2}{mr}}$       c)  $v = \sqrt{\frac{2ke^2}{mr^2}}$       e)  $v = \sqrt{\frac{ke^2}{2Mr}}$   
 b)  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$       d)  $v = \sqrt{\frac{me^2}{kr}}$

1.13 فُكِّر في إلكترون كتلته  $m$  وشحنته  $-e$  يتحرك في مدار دائري نصف قطره  $r$  حول بروتون ثابت كتلته  $M$  وشحنته  $+e$ . ويبقى الإلكترون في مداره بفعل القوة كهروستاتيكية بينه وبين البروتون. أي من التعبيرات التالية صحيح لسرعة الإلكترون؟

- a)  $v = \sqrt{\frac{ke^2}{mr}}$       c)  $v = \sqrt{\frac{2ke^2}{mr^2}}$       e)  $v = \sqrt{\frac{ke^2}{2Mr}}$   
 b)  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$       d)  $v = \sqrt{\frac{me^2}{kr}}$

21.14 Consider an electron with mass  $m$  and charge  $-e$  located a distance  $r$  from a fixed proton with mass  $M$  and charge  $+e$ . The electron is released from rest. Which one of the following expressions for the magnitude of the initial acceleration of the electron is correct?

- a)  $a = \frac{2ke^2}{mMr}$       c)  $a = \frac{1}{2}me^2k^2$       e)  $a = \frac{ke^2}{mr^2}$   
 b)  $a = \sqrt{\frac{2e^2}{mkr}}$       d)  $a = \frac{2ke^2}{mr}$

1.14 فُكِّر في إلكترون كتلته  $m$  وشحنته  $-e$  يبغد مسافة  $r$  عن بروتون ثابت كتلته  $M$  وشحنته  $+e$ . فبدأ الإلكترون حركته من وضع السكون. أي من التعبيرات التالية صحيحة للتعجلة الابتدائية التي سينتج عنها الإلكترون؟

- a)  $a = \frac{2ke^2}{mMr}$       c)  $a = \frac{1}{2}me^2k^2$       e)  $a = \frac{ke^2}{mr^2}$   
 b)  $a = \sqrt{\frac{2e^2}{mkr}}$       d)  $a = \frac{2ke^2}{mr}$



Charges 1 and 2 exert repulsive forces on each other.  $q_1 = 4q_2$ . Which statement is true?



A.  $F_{1 \text{ on } 2} > F_{2 \text{ on } 1}$

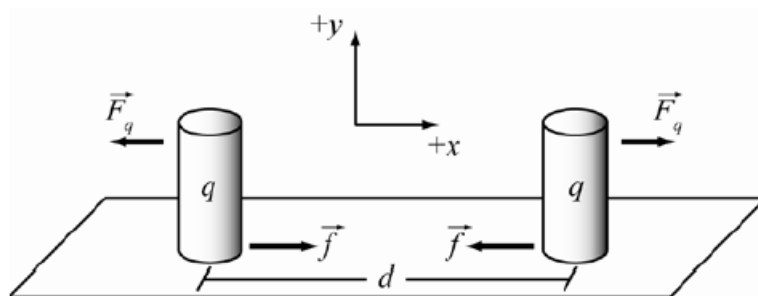
B.  $F_{1 \text{ on } 2} = F_{2 \text{ on } 1}$

C.  $F_{1 \text{ on } 2} < F_{2 \text{ on } 1}$

Two cylindrical glass beads each of mass  $m = 10.0 \text{ mg}$  are set on their flat ends on a horizontal insulating surface separated by a distance  $d = 2.00 \text{ cm}$ .

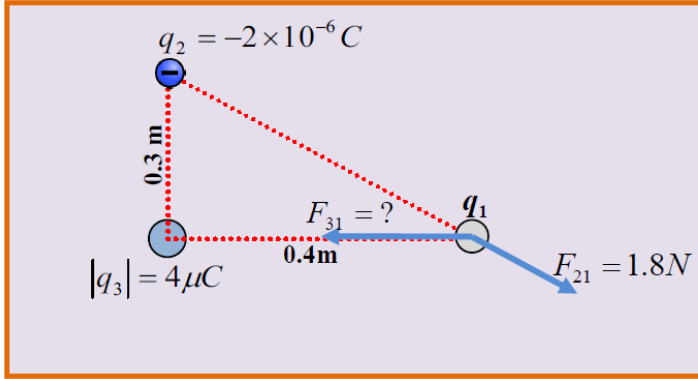
The coefficient of static friction between the beads and the surface is  $\mu_s = 0.200$ . The beads are then given identical charges (magnitude and sign).

**What is the minimum charge needed to start the beads moving?**



$$F = f \Rightarrow \frac{kq^2}{d^2} = \mu mg \Rightarrow q = \sqrt{d^2 \mu mg / k}$$

$$q = \sqrt{\frac{(0.0200 \text{ m})^2 (0.200)(1.00 \cdot 10^{-5} \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)}{(8.99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2)}} = 9.3433 \cdot 10^{-10} \text{ C}$$



21. معتمداً على البيانات بالرسم أجب عما يلي:

a- ما نوع الشحنة ( $q_1$ ) ومقدارها.

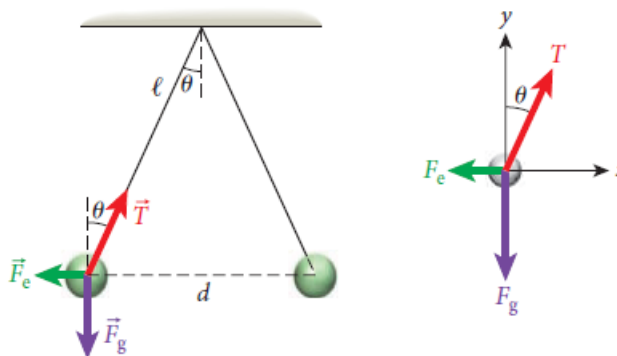
b- ما نوع الشحنة ( $q_3$ )

c- ما مقدار القوة المتبادلة بين الشحنتين 1 و 3 ؟

d- أوجد محصلة القوى المؤثرة على الشحنة  $q_1$  وبينها على الرسم.

**PROBLEM**

Two identical charged balls hang from the ceiling by insulated ropes of equal length,  $\ell = 1.50$  m (Figure 21.17). A charge  $q = 25.0$   $\mu\text{C}$  is applied to each ball. Then the two balls hang at rest, and each supporting rope has an angle of  $25.0^\circ$  with respect to the vertical (Figure 21.17a). What is the mass of each ball?

**SOLUTION**

$$T \sin \theta - F_e = 0,$$

$$T \cos \theta - F_g = 0.$$

$$F_e = k \frac{q^2}{d^2},$$

$$F_g = mg,$$

$$\sin \theta = \frac{d/2}{\ell}.$$

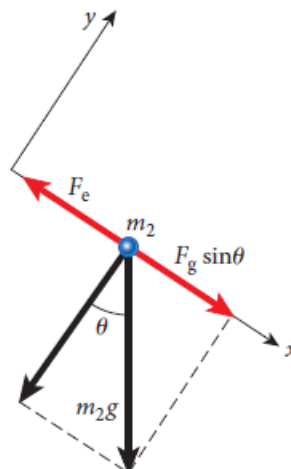
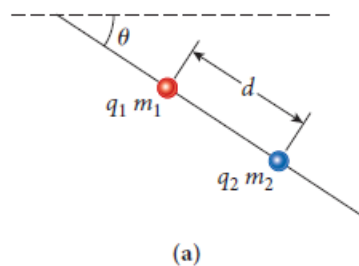
$$\frac{T \sin \theta}{T \cos \theta} = \frac{F_e}{F_g}$$

$$\tan \theta = \frac{F_e}{F_g}.$$

$$m = 0.764 \text{ kg}.$$

**PROBLEM**

A bead with charge  $q_1 = +1.28 \mu\text{C}$  is fixed in place on an insulating wire that makes an angle of  $\theta = 42.3^\circ$  with respect to the horizontal (Figure 21.20a). A second bead with charge  $q_2 = -5.06 \mu\text{C}$  slides without friction on the wire. At a distance  $d = 0.380 \text{ m}$  between the beads, the net force on the second bead is zero. What is the mass,  $m_2$ , of the second bead?

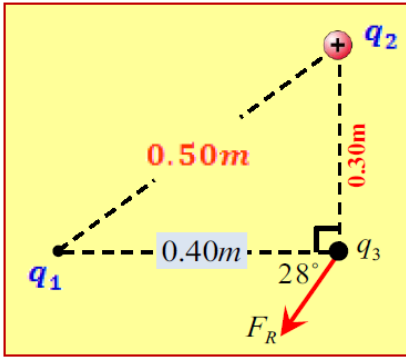
**SOLUTION**

$$F_e = k \frac{|q_1 q_2|}{d^2}$$

$$F_g = m_2 g \sin \theta.$$

$$k \frac{|q_1 q_2|}{d^2} = m_2 g \sin \theta$$

$$m_2 = \frac{k q_1 q_2}{d^2 g \sin \theta} = \frac{(8.99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2)(1.28 \mu\text{C})(5.06 \mu\text{C})}{(0.380 \text{ m})^2 (9.81 \text{ m/s}^2)(\sin 42.3^\circ)} = 0.0610746 \text{ kg}.$$

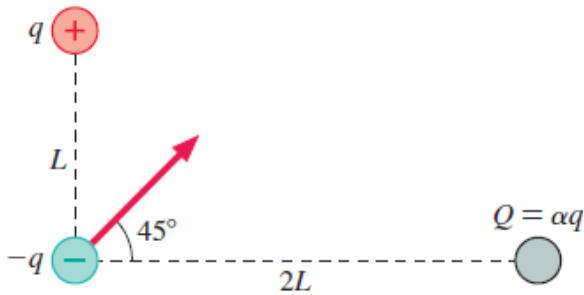


يُبين الشكل المجاور محصلة القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة  $|q_3| = 3.0 \times 10^{-9} C$  الواقعة في مجال شحنتين نقطيتين. إذا كان الهواء يحيط بالشحنتين والنقطة:

a- ما نوع كل من الشحنتين ( $q_1$ ،  $q_3$ ) ؟

- الشحنة  $q_3$  : ..... - الشحنة  $q_1$  : .....

b- جد مقدار القوة الكهربائية المحصلة المؤثرة في الشحنة ( $q_3$ ) إذا كانت  $|q_2| = 2.0 \times 10^{-9} C$



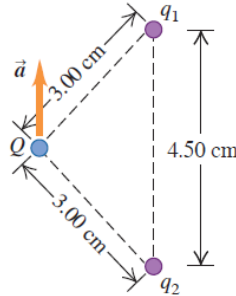
shows three charges and the net force on charge  $-q$ . Charge  $Q$  is some multiple  $a$  of  $q$ .

**What is  $a$ ?**

Two point charges  $q_1$  and  $q_2$  are held in place 4.50 cm apart. Another point charge  $Q = -1.75$  mC, of mass 5.00 g, is initially located 3.00 cm from both of these charges and released from rest. You observe that the initial acceleration of  $Q$  is  $324 \text{ m/s}^2$  upward, parallel to the line connecting the two point charges.

Find  $q_1$  and  $q_2$ .

يتم تثبيت شحنتين نقطيتين  $q_1$  و  $q_2$  البعد بينهما 4.50 سم. يوجد شحنة نقطية أخرى  $Q = -1.75 \text{ mC}$ ، كتلتها 5.00 جم، تقع مبدئياً على بعد 3.00 cm من هاتين الشحنتين وتحرر من السكون. تلاحظ أن العجلة الأولية لـ  $Q$  تساوي  $324 \text{ m/s}^2$  لأعلى، بالتوازي إلى الخط الذي يربط بين رسوم النقطتين. أوجد  $q_1$  و  $q_2$ .



**SET UP:** Since we know the acceleration of  $Q$ , Newton's second law gives us the magnitude of the force on it. We can then add the force components using  $F = F_{Qq_1} \cos \theta + F_{Qq_2} \cos \theta = 2F_{Qq_1} \cos \theta$ . The electrical

force on  $Q$  is given by Coulomb's law,  $F_{Qq_1} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|Qq_1|}{r^2}$  (for  $q_1$ ) and likewise for  $q_2$ .

**EXECUTE:** First find the net force:  $F = ma = (0.00500 \text{ kg})(324 \text{ m/s}^2) = 1.62 \text{ N}$ . Now add the force components, calling  $\theta$  the angle between the line connecting  $q_1$  and  $q_2$  and the line connecting  $q_1$  and  $Q$ .

$F = F_{Qq_1} \cos \theta + F_{Qq_2} \cos \theta = 2F_{Qq_1} \cos \theta$  and  $F_{Qq_1} = \frac{F}{2 \cos \theta} = \frac{1.62 \text{ N}}{2 \left( \frac{2.25 \text{ cm}}{3.00 \text{ cm}} \right)} = 1.08 \text{ N}$ . Now find the charges

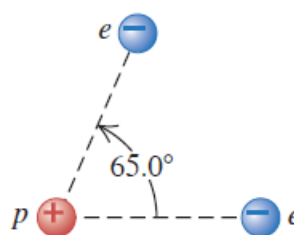
by solving for  $q_1$  in Coulomb's law and use the fact that  $q_1$  and  $q_2$  have equal magnitudes but opposite

signs.  $F_{Qq_1} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|Q|q_1}{r^2}$  and  $q_1 = \frac{r^2 F_{Qq_1}}{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} |Q|} = \frac{(0.0300 \text{ m})^2 (1.08 \text{ N})}{(9.00 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2)(1.75 \times 10^{-6} \text{ C})} = 6.17 \times 10^{-8} \text{ C}$ .

$q_2 = -q_1 = -6.17 \times 10^{-8} \text{ C}$ .

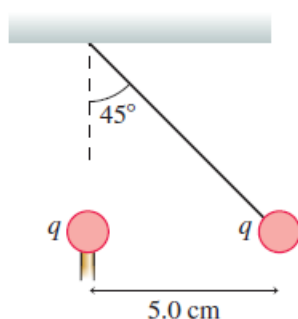
**21.41 ••** If two electrons are each  $1.50 \times 10^{-10}$  m from a proton (Fig. E21.41), find the magnitude and direction of the net electric force they will exert on the proton.

Figure E21.41



Taking components, we get  $F_{1x} = 1.023 \times 10^{-8}$  N;  $F_{1y} = 0$ .  $F_{2x} = F_2 \cos 65.0^\circ = 4.32 \times 10^{-9}$  N;  $F_{2y} = F_2 \sin 65.0^\circ = 9.27 \times 10^{-9}$  N.  $F_x = F_{1x} + F_{2x} = 1.46 \times 10^{-8}$  N;  $F_y = F_{1y} + F_{2y} = 9.27 \times 10^{-9}$  N.  $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 1.73 \times 10^{-8}$  N.  $\tan \theta = \frac{F_y}{F_x} = \frac{9.27 \times 10^{-9}}{1.46 \times 10^{-8}} = 0.6349$  which gives  $\theta = 32.4^\circ$ . The net force is  $1.73 \times 10^{-8}$  N and is directed toward a point midway between the two electrons.

**III** A 0.020 g plastic bead hangs from a lightweight thread. Another bead is fixed in position beneath the point where the thread is tied. If both beads have charge  $q$ , the moveable bead swings out to the position shown. What is  $q$ ?



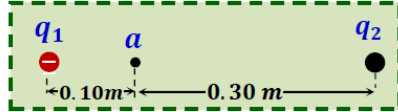
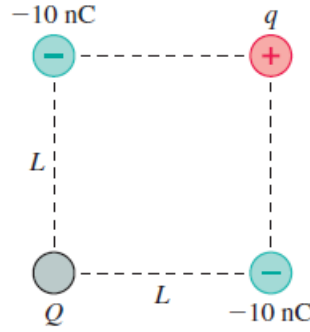
$$\Sigma F_y = T \cos 45^\circ - mg = 0 \Rightarrow T = \frac{mg}{\cos 45^\circ}$$

$$\Sigma F_x = k \frac{q^2}{r^2} - T \sin 45^\circ = 0 \Rightarrow q^2 = \frac{r^2}{k} T \sin 45^\circ$$

$$q = \sqrt{\frac{r^2}{k} T \sin 45^\circ} = \sqrt{\frac{r^2}{k} \left( \frac{mg}{\cos 45^\circ} \right) \sin 45^\circ} = r \sqrt{\frac{mg}{k} \tan 45^\circ}$$

$$= (0.050 \text{ m}) \sqrt{\frac{(0.020 \times 10^{-3} \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)}{9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2}} (1) = 7.4 \text{ nC}$$

Figure P20.55 shows four charges at the corners of a square of side  $L$ . What magnitude and sign of charge  $Q$  will make the force on charge  $q$  zero?



وضع إلكترون حراً في النقطة (a) فبقي ساكناً. فإذا كانت ( $q_1 = -9.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ ) وأبعدت الشحنة ( $q_1$ ) نهائياً عن الإلكترون

• جد القوة المؤثرة على الإلكترون؟

$$\frac{|q_1|}{(r_1)^2} = \frac{|q_2|}{(r_2)^2} \rightarrow |q_2| = \frac{|q_1|}{r_1^2} \times r_2^2 = \frac{9.0 \times 10^{-9} \times 0.1^2}{0.3^2} = 1.0 \times 10^{-9} \text{ C} \quad \text{الإجابة:}$$

وحيث أن نقطة انعدام المجال تقع بين الشحنتين فإن الشحنتين من النوع نفسه ما يعني أن ( $q_2 = -1.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ )

$$F_c = k_c \frac{|q_2| \times |q_e|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1.0 \times 10^{-9} \times 1.6 \times 10^{-19}}{0.3^2} = 1.0 \times 10^{-17} \text{ N}$$

وحيث أن الإلكترون والشحنة ( $q_2$ ) من النوع نفسه فإن القوة بينهما قوة تنافر أي أن القوة المؤثرة في الإلكترون تكون جهة اليسار