إتقان المفاهيم

22. إذا مشّطت شعرك في يوم جاف فسوف يُشحن المشط بشحنة موجبة. هل يمكن أن يبقى شعرك متعادلاً؟ وضّح إجابتك.

22. لا. فوفق مفهوم حفظ الشحنة فإن شعرك يجب أن يصبح سالب الشحنة.

23. أعدّ قائمة ببعض المواد العازلة والمواد الموصلة.

23. ستختلف إجابات الطلاب، ولكنها قد تتضمن: العوازل: الهواء الجاف والخشب والبلاستيك والزجاج والملابس والماء المنزوع الأيونات. والموصلات: الفلزات وماء الصنبور وجسمك.

24. ما الخاصية التي تجعل الفلز موصلًا جيدًا، والمطاط عازلًا جيدًا؟

24. تحتوي الفلزات على إلكترونات حرة، أما المطاط فيحتوي على إلكترونات مرتبطة.

25. **غسّالة الملابس** عندما نخرج الجوارب من مجفّف الملابس تكون أحيانًا ملتصقة بملابس أخرى. لماذا؟

25. شُحنت بالدلك مع الملابس الأخرى، لذا فهي تنجذب إلى الملابس المتعادلة أو التي لها شحنة مخالفة.

26. **الأقراص المدمجة** لماذا يجذب قرص مدمج الغبار إذا مسحته بقطعة قماش نظيفة؟

26. إن عملية دلك القرص المدمج CD تؤدي إلى شحنه، فيجذب جسيمات متعادلة، كجسيمات الغبار.

27. **عملات معدنية** مجموع شحنة جميع إلكترونات عملة مصنوعة من النيكل يساوي مئات الآلاف من الكولوم. هل يخبرنا هذا بشيء عن صافي الشحنة على هذه العملة؟ وضح إجابتك.

27. لا، إن صافي الشحنة هو الفرق بين الشحنات الموجبة والسالبة. فيبقى صافي الشحنة على قطعة النقد صفرًا.

28. كيف تؤثر المسافة بين شحنتين في القوة المتبادلة بينهما؟ وإذا قلّت المسافة و بقي مقدار الشحنتين كما هو فماذا يحدث للقوة؟

28. تتناسب القوة الكهربائية عكسيًّا مع مربع المسافة بين الشحنتين. فعندما تقل المسافة ويبقى مقدار الشحنتين كما هو دون تغيير فإن القوة تزداد بما يتناسب مع مربع المسافة.

29. اشرح كيف يمكنك شحن موصل بشحنة سالبة إذا كان لديك قضيب موجب الشحنة فقط.

29. حرّك الموصل بحيث يصبح قريبًا من القضيب، ولكن دون أن يلامسه. صِل الموصل بالأرض بوجود القضيب المشحون، ثم أزل التأريض قبل إزالة القضيب المشحون. فيكتسب الموصل شحنة سالبة.

تطبيق المفاهيم

30. فيم تختلف شحنة الإلكترون عن شحنة البروتون؟ وفيم تتشابهان؟

30. شحنة البروتون تساوي تمامًا مقدار شحنة الإلكترون، ولكنها مختلفة عنها في النوع.

31. كيف يمكنك أن تحدّد ما إذا كان جسم ما موصلاً أم لا، باستخدام قضيب مشحون وكشّاف كهربائي؟

31. استخدم عازلًا معروفًا لتمسك إحدى نهايتي الجسم بالقرب من الكشّاف الكهربائي. المس النهاية الأخرى للجسم بالقضيب المشحون، إذا انفرجت ورقتا الكشّاف الكهربائي فإن الجسم يكون موصلًا.

32. قُرّب قضيب مشحون إلى مجموعة كرات بلاستيكية صغيرة جدًّا، فانجذبت بعض الكرات إلى القضيب، إلا أنها لحظة ملامستها للقضيب اندفعت مبتعدة عنه في اتجاهات مختلفة. وضّح ذلك.

32. بدايةً، تنجذب الكرات المتعادلة إلى القضيب المشحون، وعندما تلامس الكرات القضيب تكتسب شحنة مشابهة لشحنته، لذا فإنها تتنافر معه.

33. **البرق** يحدث البرق عادة عندما تنتقل الشحنات السالبة في الغيوم إلى الأرض. فإذا كان سطح الأرض متعادلاً فما الذي يوفر قوة الجذب المسؤولة عن سحب الإلكترونات نحو الأرض؟

33. الشحنة في الغيمة تتنافر مع الإلكترونات على الأرض في المنطقة المقابلة لها، مما يؤدي إلى فصل الشحنة، فتصبح شحنة هذه المنطقة القريبة من الغيمة موجبة، مما يؤدي إلى ظهور قوة تجاذب.

34. وضّح ما يحدث لورقتي كشّاف كهربائي مشحون بشحنة موجبة عند تقريب قضيب مشحون بالشحنات التالية منه، مع مراعاة عدم لمس القضيب للكشّاف الكهربائي:

a. شحنة موجبة.

b. شحنة سالبة.

34. a. يزداد انفراج ورقتي الكشّاف.

b. يقل انفراج ورقتي الكشّاف.

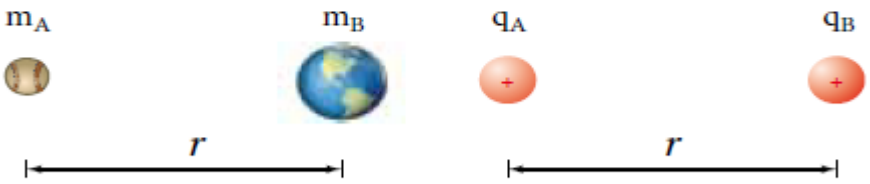
35. يبدو أن قانون كولوم وقانون نيوتن في الجذب العام متشابهان، كما هو موضح في **الشكل 13–1**. فيم تتشابه القوة الكهربائية وقوة الجاذبية؟ وفيم تختلفان؟

قانون كولوم

$$F = K\frac{q_A q_B}{r^2}$$

قانون الجذب العام

$$F = G\frac{m_A m_B}{r^2}$$



الشكل 13–1 (الرسم ليس وفق مقياس رسم)

35. التشابه: يعتمد التربيع العكسي على المسافة، تتناسب القوة طرديًّا مع حاصل ضرب كتلتين أو شحنتين.
الاختلاف: هناك إشارة واحدة فقط للكتلة لذا فإن قوة الجاذبية دائمًا قوة تجاذب، أما الشحنة فلها إشارتان لذا فإن القوة الكهربائية يمكن أن تكون إما قوة تجاذب أو قوة تنافر.

36. قيمة الثابت K في قانون كولوم أكبر كثيرًا من قيمة الثابت G في قانون الجذب العام. علامَ يدل ذلك؟

36. القوة الكهربائية أكبر كثيرًا.

37. وَصَف هذا الفصل طريقة كولوم لشحن كرتين A و B، بحيث تكون الشحنة على الكرة B نصف الشحنة على الكرة A تمامًا. اقترح طريقة تطبقها لتصبح شحنة الكرة B مساوية لثلث شحنة الكرة A.

37. بعد شحن الكرتين A و B بشحنتين متساويتين اجعل الكرة B تلامس كرتين أخريين غير مشحونتين ومماثلتين لها في الحجم، وتلامس كل منهما الأخرى. ستتوزّع الآن شحنة الكرة B بالتساوي على الكرات الثلاث، بحيث تحمل كل منها ثلث الشحنة الكلية.

38. قاس كولـوم انحراف الكرة A عندمـا كان للكرتين A وB الشـحنة نفسـها، وتبعد إحداهما عن الأخرى مسـافة مقدارها r. ثم جعل شحنة الكرة B تساوي ثلـث شـحنة الكـرة A. كم يجـب أن تكون المسـافة الجديدة بين الكرتين بحيث تنحرف الكرة A بمقدار مساوٍ لانحرافها السابق؟

38. لنحصل على القوة نفسـها بثلث مقدار الشحنة الأصليـة يجـب تقليـل المسـافة بين الشـحنتين بحيـث تكـون $d^2=\frac{1}{3}$، أو تسـاوي 0.58 مرة ضعف المسافة الابتدائية بينهما.

39. يؤثـر جسـمان مشـحونان أحدهمـا في الآخـر بقـوة مقدارها 0.145 N عندما كانا على بُعد معيّن أحدهما مـن الآخـر. فـإذا قُـرِّب أحدهمـا إلى الآخـر بحيث أصبحت المسافة بينهما رُبع المسافة السابقة فما مقدار القوة المؤثرة في كل منهما؟

39. أكبر من القوة الأصلية 16 مرة.

40. القـوى الكهربائيـة بـين الشـحنات كبـيرة جـدًّا عند مقارنتها بقوى الجاذبية بينها، ومع ذلك لا نشعر عادة بالقوى الكهربائية بيننا وبين المحيط من حولنا، إلا أننا نشعر بتأثيرات قوى الجاذبية مع الأرض. فسّر ذلك.

40. قـوى الجاذبيـة قـوى جـذب فقط. أمـا القوى الكهربائيـة فهي إما قوى جذب أو قوى تنافر، وبإمكاننا الشـعور فقط بالمجموع المتجهي لها، والذي يكون عادة صغيرًا

إتقان حل المسائل

2–1 القوة الكهربائية

41. شحنتان كهربائيتان، q_A و q_B، تفصل بينهما مسافة r، ويؤثـر كل منهـما في الآخر بقـوة مقدارهـا F. حلّل قانون كولوم، وحدّد القـوة الجديدة التي تنتج تحت الظروف التالية:

a. مضاعفة الشحنة q_A مرتين.

b. تقليل الشحنتان q_A و q_B إلى النصف.

c. مضاعفة r ثلاث مرات.

d. تقليل r إلى النصف.

e. مضاعفة q_A ثلاث مرات و r مرتين.

2–1 القوة الكهربائية

41. **a.** $2F$ **b.** $\frac{1}{4}F$

c. $\frac{1}{9}F$ **d.** $4F$

e. $\frac{3}{4}F$

42. البرق إذا نقلت صاعقة برق قوية شحنة مقدارها 25 C إلى الأرض فما عدد الإلكترونات المنقولة؟

$$(-25\ \text{C})\left(\frac{1\ \text{electron}}{-1.60\times10^{-19}\ \text{C}}\right) = 1.6\times10^{20}\ \text{electrons}$$

43. الذرات إذا كانت المسافة بين إلكترونين في ذرة 1.5×10^{-10} m فما مقدار القوة الكهربائية بينهما؟

$$F = \frac{Kq_Aq_B}{d^2} = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}{(1.5\times10^{-10}\ \text{m})^2}$$

$$= 1.0\times10^{-8}\ \text{N, away from each other}$$

44. شحنتان كهربائيتان مقدار كل منهما 2.5×10^{-5} C، والمسافة بينهما 15 cm. أوجد القوة التي تؤثر في كل منهما؟

$$F = \frac{Kq_Aq_B}{d^2} = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.5\times10^{-5}\ \text{C})(2.5\times10^{-5}\ \text{C})}{(1.5\times10^{-1}\ \text{m})^2}$$

$$= 2.5\times10^2\ \text{N, toward the other charge}$$

45. إذا كانت القوة التي تؤثر في كل من الشحنتين $+8\times10^{-5}$ C و $+3\times10^{-5}$ C تساوي 2.4×10^2 N فاحسب مقدار المسافة بينهما.

$$F = \frac{Kq_Aq_B}{d^2}$$

$$d = \sqrt{\frac{Kq_Aq_B}{F}} = \sqrt{\frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(8.0\times10^{-5}\ \text{C})(3.0\times10^{-5}\ \text{C})}{2.4\times10^2\ \text{N}}}$$

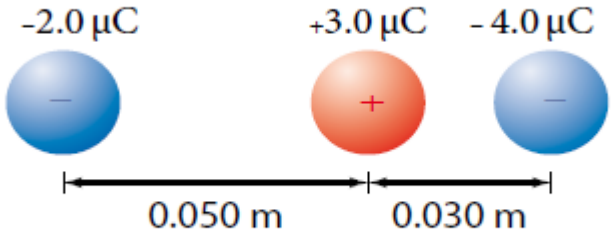
$$= 0.30\ \text{m}$$

46. إذا أثرت شحنتان موجبتان متماثلتان كل منهما في الأخرى بقوة تنافر مقدارها $6.4\times10^{-9}\ \text{N}$، عندما كانت إحداهما تبعد عن الأخرى مسافة $3.8\times10^{-10}\ \text{m}$ فاحسب مقدار شحنة كل منهما.

$$F = \frac{Kq_Aq_B}{d^2} = \frac{Kq^2}{d^2}$$

$$q = \sqrt{\frac{Fd^2}{K}} = \sqrt{\frac{(6.4\times10^{-9}\ \text{N})(3.8\times10^{-10}\ \text{m})^2}{9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2}} = 3.2\times10^{-19}\ \text{C}$$

47. تُسحب شحنة موجبة مقدارها $3.0\ \mu\text{C}$ بشحنتين سالبتين، كما هو موضح في **الشكل 14–1**. فإذا كانت إحدى الشحنتين السالبتين $-2.0\ \mu\text{C}$ تبعد مسافة $0.05\ \text{m}$ إلى الغرب، وتبعد الشحنة الأخرى $-4.0\ \mu\text{C}$ مسافة $0.030\ \text{m}$ إلى الشرق فما مقدار واتجاه القوة المحصلة المؤثرة في الشحنة الموجبة؟



الشكل 14–1

$$F_1 = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(3.0\times10^{-6}\ \text{C})(2.0\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.050\ \text{m})^2}$$

$$= 22\ \text{N west}$$

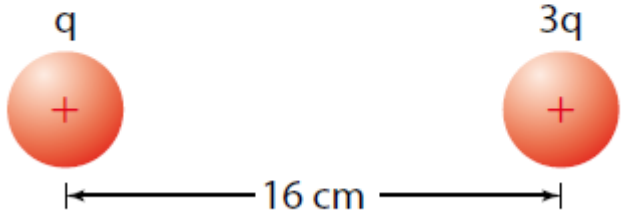
$$F_2 = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(3.0\times10^{-6}\ \text{C})(4.0\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.030\ \text{m})^2}$$

$$= 120\ \text{N east}$$

$$F_{net} = F_2 + F_1 = (1.2\times10^2\ \text{N}) - (2.2\times10^1\ \text{N})$$

$$= 98\ \text{N, east}$$

48. يوضح الشكل 15–1 كرتين مشحونتين بشحنتين موجبتين، شحنة إحداهما تساوي ثلاثة أضعاف شحنة الأخرى، والمسافة بين مركزيهما 16 cm. إذا كانت القوة المتبادلة بينهما 0.28 N فما مقدار الشحنة على كل منهما؟



الشكل 15–1

$$F = K\frac{q_A q_B}{d^2} = K\frac{q_A 3q_A}{d^2}$$

$$q_A = \sqrt{\frac{Fd^2}{3K}} = \sqrt{\frac{(0.28\ \text{N})(0.16\ \text{m})^2}{3(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)}} = 5.2\times10^{-7}\ \text{C}$$

$$q_B = 3q_A = 1.5\times10^{-6}\ \text{C}$$

49. الشحنة على عملة نقدية ما مقدار الشحنة المقيسة بالكولوم للإلكترونات الموجودة في قطعة نقدية مصنوعة من النيكل؟ استخدم الطريقة التالية لتجد الإجابة:

a. أوجد عدد الذرات في قطعة النقد إذا كانت كتلة هذه القطعة 5 g، و 75% منها نحاس، أما الـ 25% المتبقية منها فمن النيكل، لذا تكون كتلة كل مول من ذرات العملة 62 g.

b. أوجد عدد الإلكترونات في قطعة النقد، علمًا أن متوسط عدد الإلكترونات التي لكل ذرة يساوي 28.75.

c. أوجد شحنة الإلكترونات بالكولوم.

$$\text{A coin is } \frac{5\text{ g}}{62\text{ g}} = 0.08 \text{ mole.}$$

a. $\text{Thus, it has } (0.08)(6.02\times10^{23}) = 5\times10^{22} \text{ atoms}$

b. $(5\times10^{22} \text{ atoms})(28.75 \text{ electrons/atom}) = 1\times10^{24} \text{ electrons}$

c. $(1.6\times10^{-19} \text{ coulombs/electron})(1\times10^{24} \text{ electrons}) = 2\times10^{5} \text{ coulombs}$

مراجعة عامة

50. إذا لامَسَت كرة فلزية صغيرة شحنتها $1.2\times10^{-5}\text{C}$ كرة مماثلة متعادلة، ثم وضعت على بعد 0.15 m منها فما القوة الكهربائية بين الكرتين؟

$$F = K\frac{q_A q_B}{d^2} = (9.0\times10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\frac{(6.0\times10^{-6}\text{ C})(6.0\times10^{-6}\text{ C})}{(0.15\text{ m})^2} = 14 \text{ N}$$

51. **الذرات** ما القوة الكهربائية بين إلكترون وبروتون يبعد أحدهما عن الآخر $5.3\times10^{-11}\ \text{m}$؟ هذه المسافة تساوي نصف القطر التقريبي لذرة الهيدروجين.

$$F = K\frac{q_A q_B}{d^2} = (9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)\frac{(1.60\times10^{-19}\ \text{C})(1.60\times10^{-19}\ \text{C})}{(5.3\times10^{-11}\ \text{m})^2} = 8.2\times10^{-8}\ \text{N}$$

52. تؤثر قوة مقدارها 0.36 N في كرة صغيرة شحنتها 2.4 μC، وذلك عند وضعها على بُعد 5.5 cm من مركز كرة ثانية مشحونة بشحنة غير معروفة. ما مقدار شحنة الكرة الثانية؟

$$F = K\frac{q_A q_B}{d^2}$$

$$q_B = \frac{Fd^2}{Kq_A} = \frac{(0.36\ \text{N})(5.5\times10^{-2}\ \text{m})^2}{(9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(2.4\times10^{-6}\ \text{C})} = 5.0\times10^{-8}\ \text{C}$$

53. كرتان متماثلتان مشحونتان، المسافة بين مركزيهما 12 cm. فإذا كانت القوة الكهربائية بينهما 0.28 N فما شحنة كل كرة؟

$$F = K\frac{q_A q_B}{d^2}, \text{ where } q_A = q_B$$

$$q = \sqrt{\frac{Fd^2}{K}} = \sqrt{\frac{(0.28\ \text{N})(1.2\times10^{-1}\ \text{m})^2}{(9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)}}$$

$$= 6.7\times10^{-7}\ \text{C}$$

54. في التجربة المستخدم فيها جهاز كولوم، يبعد مركز كرة شحنتها $3.6\times10^{-8}\ C$ مسافة $1.4\ cm$ عن مركز كرة ثانية غير معلومة الشحنة. فإذا كانت القوة بين الكرتين $2.7\times10^{-2}\ N$ فما شحنة الكرة الثانية؟

$$F = K\frac{q_A q_B}{d^2}$$

$$q_B = \frac{Fd^2}{Kq_A} = \sqrt{\frac{(2.7\times10^{-2}\ N)(1.4\times10^{-2}\ m)^2}{(9.0\times10^{9}\ N\cdot m^2/C^2)(3.6\times10^{-8}\ C)}}$$

$$= 1.6\times10^{-8}\ C$$

55. إذا كانت القوة بين بروتون وإلكترون $3.5\times10^{-10}\ N$ فما المسافة بين الجسيمين؟

$$F = K\frac{q_A q_B}{d^2}$$

$$d = \sqrt{K\frac{q_A q_B}{F^2}}$$

$$= \sqrt{(9.0\times10^{9}\ N\cdot m^2/C^2)\frac{(1.60\times10^{-19}\ C)(1.6\times10^{-19}\ C)}{3.5\times10^{-10}\ N}} = 8.1\times10^{-10}\ m$$

التفكير الناقد

56. تطبيق المفاهيم احسب نسبة القوة الكهربائية إلى قوة الجاذبية بين الإلكترون والبروتون في ذرة الهيدروجين؟

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{K\frac{q_e q_p}{d^2}}{G\frac{m_e m_p}{d^2}} = \frac{Kq_e q_p}{Gm_e m_p}$$

$$= \frac{(9.0\times10^{9}\ N\cdot m^2/C^2)(1.60\times10^{-19}\ C)^2}{(6.67\times10^{-11}\ N\cdot m^2/kg^2)(9.11\times10^{-31}\ kg)(1.67\times10^{-27}\ kg)} = 2.3\times10^{39}$$

57. حلّل واستنتج وضعت الكرة A التي تحمل شحنة مقدارها $+64\ \mu C$ عند نقطة الأصل، ووضعت كرة ثانية B تحمل شحنة مقدارها $-16\ \mu C$ عند النقطة $+1.00\ m$ على محور x. أجب عن الأسئلة التالية:

a. أين يجب وضع كرة ثالثة C شحنتها $+12\ \mu C$ بحيث تكون القوة المحصلة المؤثرة فيها صفرًا؟

$$F_{AC} = K\frac{q_A q_C}{d_{AC}^2} = K\frac{q_B q_C}{d_{BC}^2} = F_{BC}, \text{ so}$$

$$\frac{q_A}{d_{AC}^2} = \frac{q_B}{d_{BC}^2}, \text{ and } 16d_{AC}^2 = 64d_{BC}^2, \text{ or}$$

$$d_{AC}^2 = 4d_{BC}^2, \text{ so } d_{AC} = 2d_{BC}$$

$+2.00\ m$ على المحور x

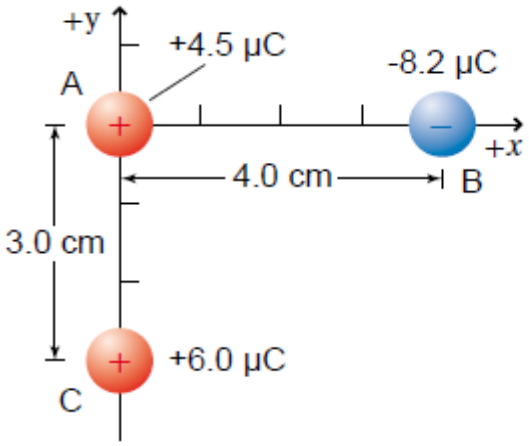
b. إذا كانت شحنة الكرة الثالثة C تساوي $+6\ \mu C$ فأين يجب وضعها على أن تبقى محصلة القوى المؤثرة فيها صفرًا؟

b. الشحنة الثالثة q_c، تُختصر من المعادلة، لذا فإن مقدارها و نوعها لا يكون مهمًّا.

c. إذا كانت شحنة الكرة الثالثة $-12\ \mu C$، فأين يجب وضعها على أن تبقى محصلة القوى المؤثرة فيها صفرًا؟

c. كما في الفرع b، يكون مقدار الشحنة الثالثة q_c ونوعها ليس مهمًّا أيضًا.

58. وضعت ثلاث كرات مشحونة، كما هو موضح في **الشكل 16–1**. أوجد القوة المحصلة المؤثرة في الكرة B.



الشكل 16–1

$$F_1 = F_{\text{A on B}}$$

$$= \frac{Kq_Aq_B}{d^2} = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(4.5\times10^{-6}\ \text{C})(-8.2\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.040\ \text{m})^2}$$

$$= -208\ \text{N} = 208\ \text{N, to left}$$

The distance between the other two charges is

$$\sqrt{(0.040\ \text{m})^2 + (0.030\ \text{m})^2} = 0.050\ \text{m}$$

$$\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{0.030\ \text{m}}{0.040\ \text{m}}\right)$$

$= 37°$ below the negative x-axis, or 217° from the positive x-axis.

$$F_2 = F_{\text{C on B}}$$

$$= \frac{Kq_Cq_B}{d^2} = \frac{(9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C})(8.2\times10^{-6}\ \text{C})(6.0\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.050\ \text{m})^2}$$

$= -177\ \text{N} = 177\ \text{N}$ at 217° from the positive x-axis (37° + 180°)

The components of F_2 are:

$F_{2x} = F_2 \cos\theta = (177\ \text{N})(\cos 217°) = -142\ \text{N} = 142\ \text{N}$ to the left

$F_{2y} = F_2 \sin\theta = (177\ \text{N})(\sin 217°) = -106\ \text{N} = 106\ \text{N}$ down

The components of the net (resultant) force are:

$F_{\text{net},x} = -208\ \text{N} - 142\ \text{N} = -350\ \text{N} = 350\ \text{N}$, to left

$F_{\text{net},y} = 106\ \text{N}$, down

$$F_{\text{net}} = \sqrt{(350\ \text{N})^2 + (106\ \text{N})^2} = 366\ \text{N} = 3.7\times10^2\ \text{N}$$

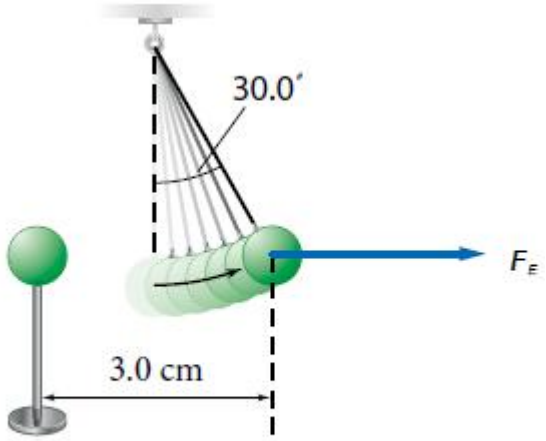
$$\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{106\ \text{N}}{350\ \text{N}}\right)$$

$= 17°$ below the negative x-axis

$F_{\text{net}} = 3.7\times10^2\ \text{N}$ at 197° from the positive x-axis

$F = 3.7\times10^2\ \text{N}$، في اتجاه يصنع زاوية 197°
بالنسبة لمحور x الموجب.

59. يوضح **الشكل 17–1** كرتي بيلسان، كتلة كل منهما 1.0 g، وشحنتاهما متساويتان، إحداهما معلّقة بخيط عازل، والأخرى قريبة منها ومثبتة على حامل عازل، والبعد بين مركزيهما 3.0 cm. فإذا اتزنت الكرة المعلّقة عندما شكّل الخيط العازل الذي يحملها زاوية مقدارها 30.0° مع الرأسي فاحسب كلًّا مما يأتي:



الشكل 17–1

a. F_g المؤثرة في الكرة المعلّقة.

$$F_g = mg = (1.0\times10^{-3}\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2) = 9.8\times10^{-3}\ \text{N}$$

b. F_E المؤثرة في الكرة المعلّقة.

b. F_E

$$\tan 30.0° = \frac{F_E}{F_g}$$

$$F_E = mg \tan 30.0°$$
$$= (1.0\times10^{-3}\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(\tan 30.0°)$$
$$= 5.7\times10^{-3}\ \text{N}$$

c. الشحنة على كل من الكرتين.

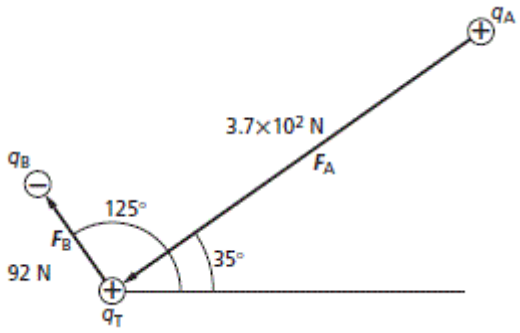
$$F = \frac{Kq_Aq_B}{d^2}$$
$$F = \frac{Kq^2}{d^2}$$
$$q = \sqrt{\frac{Fd^2}{K}} = \sqrt{\frac{(5.7\times10^{-3}\ \text{N})(3.0\times10^{-2}\ \text{m}^2)}{(9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)}} = 2.4\times10^{-8}\ \text{C}$$

60. وضعت شحنتان نقطيتان ساكنتان q_A و q_B بالقرب من شحنة اختبار موجبة، q_T، مقدارها $+7.2\ \mu\text{C}$. فإذا كانت الشحنة الأولى q_A موجبة وتساوي $3.6\ \mu\text{C}$ وتقع على بُعد $2.5\ \text{cm}$ من شحنة الاختبار q_T عند زاوية $35°$، وكانت الشحنة q_B سالبة ومقدارها $-6.6\ \mu\text{C}$ وتقع على بُعد $6.8\ \text{cm}$ من شحنة الاختبار عند زاوية $125°$:

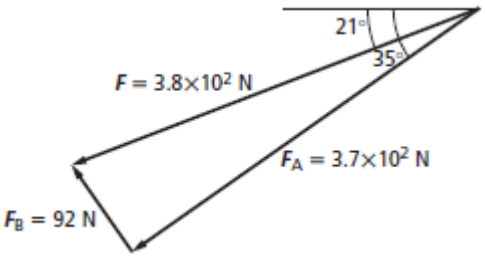
a. فحدّد مقدار كل قوة من القوتين اللتين تؤثران في شحنة الاختبار q_T.

$$F_A = \frac{Kq_Tq_A}{d^2} = \frac{(9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(7.2\times10^{-6}\ \text{C})(3.6\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.025\ \text{m})^2}$$
$$= 3.7\times10^{2}\ \text{N, away (toward } q_T\text{)}$$
$$F_B = \frac{Kq_Tq_A}{d^2} = \frac{(9.0\times10^{9}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(7.2\times10^{-6}\ \text{C})(6.6\times10^{-6}\ \text{C})}{(0.068\ \text{m})^2}$$
$$= 92\ \text{N, toward (away from } q_T\text{)}$$

b. ارسم مخطّط القوة.



c. حدّد بالرسم القوة المحصلة المؤثرة في شحنة الاختبار q_T.



الكتابة في الفيزياء

61. تاريخ العلم ابحث في الأجهزة المختلفة التي كانت تستخدم في القرنين السابع عشر والثامن عشر في دراسة الكهرباء الساكنة. قد تتطرق مثلاً إلى قارورة ليدن وآلة ويمشورست. ناقش كيف تم بناؤهما، ومبدأ عمل كل منهما.

61. يجب أن تتضمن الإجابات المعلومات التالية: اخترعت قارورة ليدن في منتصف أربعينيات القرن الثامن عشر، وكانت أول مكثف يتم استخدامه. وقد استخدمت خلال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر لتخزين الشحنات للكهرباء المتعلقة بالتجارب والعروض. أما آلة ويمشورت فقد استخدمت في القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين لتوليد وتفريغ الشحنات الكهربائية الساكنة. واستُبدل بها مولد فان دي جراف في القرن العشرين.

62. هنـاك قوى بـين جزيئات الماء تـؤدي إلى أن يكون الماء أكبر كثافة عندما يكون سائلًا بين $0^\circ C$ و $4^\circ C$ مقارنـة بحالته عندما يكون صلبًـا عند $0^\circ C$. هذه القـوى في طبيعتها مـا هي إلا قوى كهرسـكونية. ابحـث في القـوى الكهرسـكونية بـين الجزيئات، ومنها قوى فان درفال وقوى الاستقطاب، وصِف أثرها في المادة.

62. يجب أن يصف الطلاب التفاعل بين الشحنات الموجبة والسالبة على المستوى الجزيئي. وعليهم أن يلاحظوا أن شـدة هذه القوى هي المسؤولة عن الاختلافات في درجتي الانصهار والغليان، وعـن خصوصيـة تمدّد المـاء بـين $0^\circ C$ و $4^\circ C$.