

Lista de Exercícios

Fundamentos de Física, Resnick, 8. Edição

Data da entrega: 25 de novembro

Exercícios: 5, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 25, 27, 29

8 Uma esfera positivamente carregada é colocada nas proximidades de um condutor neutro inicialmente isolado, e o condutor é colocado em contato com a terra. O condutor fica carregado positivamente, carregado negativamente ou permanece neutro (a) se a esfera é afastada e, em seguida, a ligação com a terra é removida, e (b) se a ligação com a terra é removida e, em seguida, a esfera é afastada?

9 A Fig. 21-20 mostra quatro sistemas nos quais partículas de carga $+q$ ou $-q$ são mantidas fixas. Em todos os sistemas as partículas sobre o eixo x estão equidistantes do eixo y . Considere a partícula central do sistema 1. A partícula está sujeita às forças eletrostáticas F_1 e F_2 das outras duas partículas. (a) Os módulos F_1 e F_2 dessas forças são iguais ou diferentes? (b) O módulo da força total a que a partícula central está submetida é maior, me-

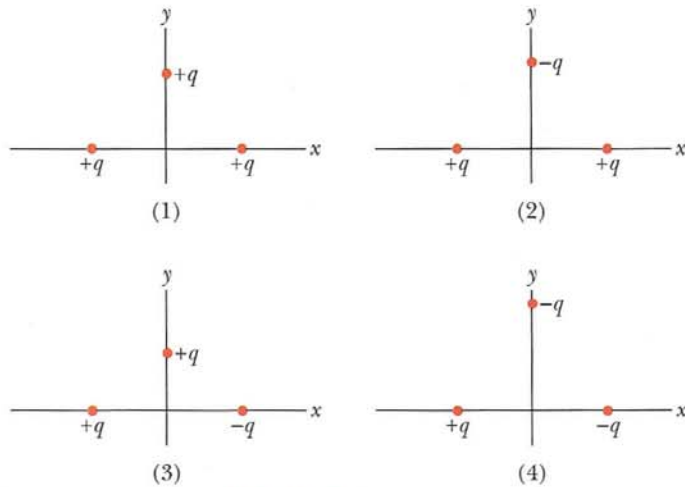


FIG. 21-20 Pergunta 9.

nor ou igual a $F_1 + F_2$? (c) As componentes x das duas forças se somam ou se subtraem? (d) As componentes y das duas forças se somam ou se subtraem? (e) A orientação da força total a que está submetida a partícula do meio está mais próxima das componentes que somam ou das componentes que se subtraem? (f) Qual é a orientação dessa força total? Considere agora os outros sistemas. Qual é a orientação da força total exercida sobre a partícula central (g) no sistema 2; (h) no sistema 3; (i) no sistema 4? (Em cada sistema, considere a simetria da distribuição de cargas e determine as componentes que se somam e se subtraem.)

10 A Fig. 21-21 mostra quatro sistemas de partículas carregadas. Coloque os sistemas em ordem de acordo com o módulo da força eletrostática total a que está submetida a partícula de carga $+Q$, em ordem decrescente.

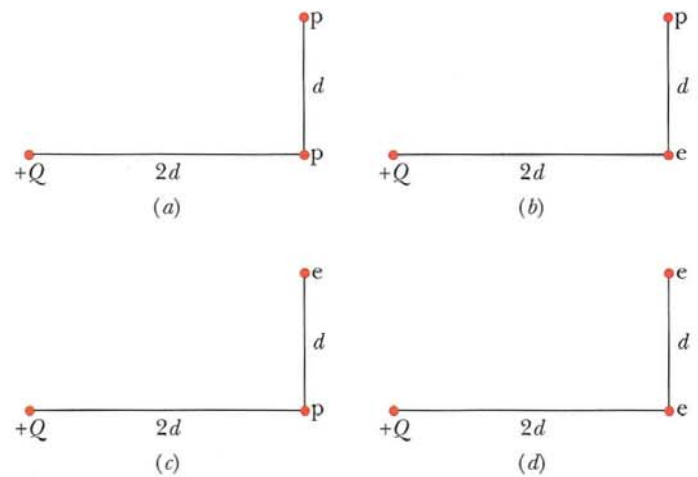


FIG. 21-21 Pergunta 10.

PROBLEMAS

• • • O número de pontos indica o grau de dificuldade do problema



Informações adicionais disponíveis em *O Circo Voador da Física*, de Jearl Walker, Rio de Janeiro: LTC, 2008.

seção 21-4 Lei de Coulomb

•1 Qual deve ser a distância entre a carga pontual $q_1 = 26,0 \mu\text{C}$ e a carga pontual $q_2 = -47,0 \mu\text{C}$ para que a força eletrostática entre as duas cargas tenha um módulo de $5,70 \text{ N}$?

•2 Duas partículas de mesma carga são colocadas a $3,2 \times 10^{-3} \text{ m}$ de distância uma da outra e liberadas a partir do repouso. A aceleração inicial da primeira partícula é $7,0 \text{ m/s}^2$ e a da segunda é $9,0 \text{ m/s}^2$. Se a massa da primeira partícula é $6,3 \times 10^{-7} \text{ kg}$, determine (a) a massa da segunda partícula; (b) o módulo da carga de cada partícula.

•3 Uma partícula com uma carga de $+3,00 \times 10^{-6} \text{ C}$ está a $12,0 \text{ cm}$ de distância de uma segunda partícula com uma carga de $-1,50 \times 10^{-6} \text{ C}$. Calcule o módulo da força eletrostática entre as partículas.

•4 Duas esferas condutoras iguais, 1 e 2, possuem cargas iguais e estão separadas por uma distância muito maior que o diâmetro (Fig. 21-22a). A força eletrostática a que a esfera 2 está submetida devido à presença da esfera 1 é \vec{F} . Uma terceira esfera 3, igual às duas primeiras, que dispõe de um cabo não-condutor e está inicialmente neutra, é colocada em contato primeiro com a esfera 1 (Fig. 21-22b), depois com a esfera 2 (Fig. 21-22c) e, finalmente, re-

movida (Fig. 21-22d). A força eletrostática à qual a esfera 2 agora está submetida tem módulo F' . Qual é o valor da razão F'/F ?

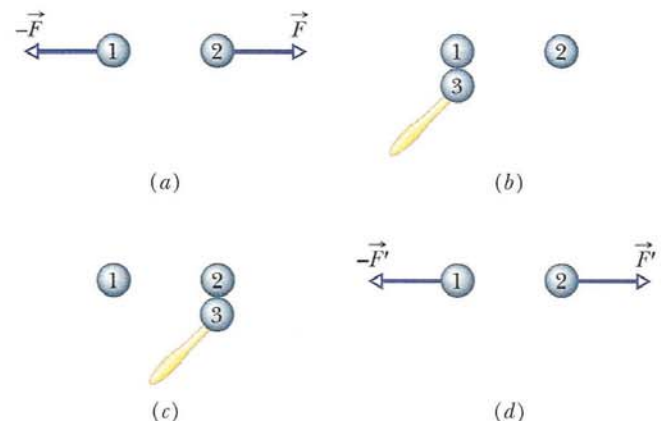


FIG. 21-22 Problema 4.

•5 Da carga Q que uma pequena esfera contém inicialmente, uma parte q é transferida para uma segunda esfera situada nas proximidades. As duas esferas podem ser consideradas como car-

gas pontuais. Para que valor de q/Q a força eletrostática entre as duas esferas é máxima?

•6 Na descarga de retorno de um relâmpago típico, uma corrente de $2,5 \times 10^4$ A é mantida por $20 \mu\text{s}$. Qual é o valor da carga transferida?

•7 Duas esferas condutoras iguais, mantidas fixas, se atraem mutuamente com uma força eletrostática de $0,108$ N quando a distância entre os centros é $50,0$ cm. As esferas são ligadas por um fio condutor de diâmetro desprezível. Quando o fio é removido, as esferas se repelem com uma força de $0,0360$ N. Supondo que a carga total das esferas era inicialmente positiva, determine: (a) a carga negativa inicial de uma das esferas; (b) a carga positiva inicial da outra esfera.

•8 Na Fig. 21-23, quatro partículas formam um quadrado. As cargas são $q_1 = q_4 = Q$ e $q_2 = q_3 = q$. (a) Qual deve ser o valor da razão Q/q para que a força eletrostática total a que as partículas 1 e 3 estão submetidas seja nula? (b) Existe algum valor de q para o qual a força eletrostática a que todas as partículas estão submetidas seja nula? Justifique sua resposta.

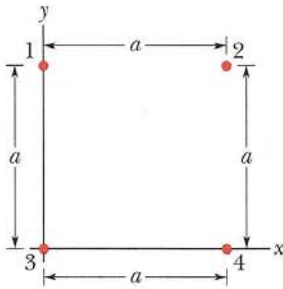


FIG. 21-23 Problemas 8, 9 e 62.

•9 Na Fig. 21-23, as cargas das partículas são $q_1 = -q_2 = 100$ nC e $q_3 = -q_4 = 200$ nC. O lado do quadrado é $a = 5,0$ cm. Determine (a) a componente x e (b) a componente y da força eletrostática a que está submetida a partícula 3.

•10 Três partículas são mantidas fixas sobre um eixo x . A partícula 1, de carga q_1 , está em $x = -a$; a partícula 2, de carga q_2 , está em $x = +a$. Determine a razão q_1/q_2 para que a força eletrostática a que está submetida a partícula 3 seja nula (a) se a partícula 3 estiver no ponto $x = +0,500a$; (b) se a partícula 3 estiver no ponto $x = +1,50a$.

•11 Na Fig. 21-24, três partículas carregadas estão sobre um eixo x . As partículas 1 e 2 são mantidas fixas. A partícula 3 está livre para se mover, mas a força eletrostática exercida sobre ela pelas partículas 1 e 2 é zero. Se $L_{23} = L_{12}$, qual é o valor da razão q_1/q_2 ?

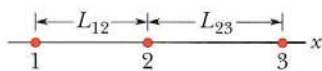


FIG. 21-24 Problemas 11 e 56.

•12 A Fig. 21-25 mostra quatro esferas condutoras iguais, que estão separadas por grandes distâncias. A esfera W (que estava inicialmente neutra) é colocada em contato com a esfera A e depois as esferas são novamente separadas. Em seguida, a esfera W é colocada em contato com a esfera B (que possuía inicialmente uma carga de $-32e$) e depois as esferas são novamente separadas. Finalmente, a esfera W é colocada em contato com a esfera C

(que possuía inicialmente uma carga de $+48e$), e depois as esferas são novamente separadas. A carga final da esfera W é $+18e$. Qual era a carga inicial da esfera A?

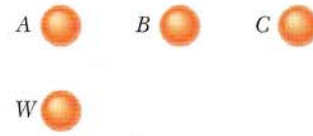


FIG. 21-25 Problema 12.

•13 Na Fig. 21-26a, as partículas 1 e 2 têm uma carga de $20,0 \mu\text{C}$ cada uma e estão separadas por uma distância $d = 1,50$ m. (a) Qual é o módulo da força eletrostática que a partícula 2 exerce sobre a partícula 1? Na Fig. 21-26b, a partícula 3, com uma carga de $20,0 \mu\text{C}$, é posicionada de modo a completar um triângulo equilátero. (b) Qual é o módulo da força eletrostática a que a partícula 1 é submetida devido à presença das partículas 2 e 3?

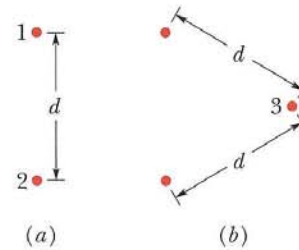


FIG. 21-26 Problema 13.

•14 Na Fig. 21-27a, a partícula 1 (de carga q_1) e a partícula 2 (de carga q_2) são mantidas fixas no eixo x , separadas por uma distância de $8,00$ cm. A força que as partículas 1 e 2 exercem sobre uma partícula 3 (de carga $q_3 = +8,00 \times 10^{-19}$ C) colocada entre elas é $\vec{F}_{3,\text{tot}}$. A Fig. 21-27b mostra o valor da componente x dessa força em função da coordenada x do ponto em que a partícula 3 é colocada. A escala do eixo x é definida por $x_s = 8,0$ cm. Determine (a) o sinal da carga q_1 ; (b) o valor da razão q_2/q_1 .

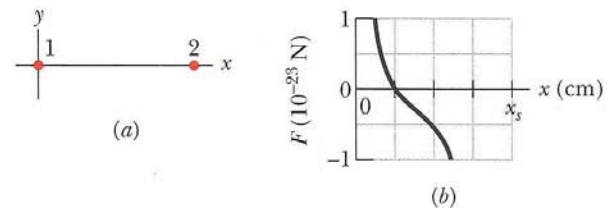


FIG. 21-27 Problema 14.

•15 Na Fig. 21-28, a partícula 1, de carga $+1,0 \mu\text{C}$, e a partícula 2, de carga $-3,0 \mu\text{C}$, são mantidas a uma distância $L = 10,0$ cm uma da outra sobre um eixo x . Determine (a) a coordenada x e (b) a coordenada y de uma partícula 3 de carga desconhecida q_3 para que a força total exercida sobre ela pelas partículas 1 e 2 seja nula.

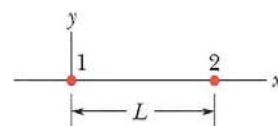


FIG. 21-28 Problemas 15, 19, 32, 64 e 69.

••16 Na Fig. 21-29a, três partículas positivamente carregadas são mantidas fixas em um eixo x . As partículas B e C estão tão próximas que as distâncias entre elas e a partícula A podem ser consideradas iguais. A força total a que a partícula A está submetida devido à presença das partículas B e C é $2,014 \times 10^{-23}$ N no sentido negativo do eixo x . Na Fig. 21-27b, a partícula B foi transferida para o lado oposto de A , mas mantida à mesma distância. Nesse caso, a força total a que a partícula A está submetida passa a ser $2,877 \times 10^{-24}$ N no sentido negativo do eixo x . Qual é o valor da razão q_C/q_B ?

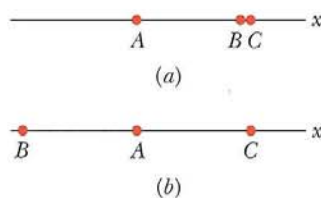


FIG. 21-29 Problema 16.

••17 As cargas e coordenadas de duas partículas mantidas fixas no plano xy são $q_1 = +3,0 \mu\text{C}$, $x_1 = 3,5$ cm, $y_1 = 0,50$ cm e $q_2 = -4,0 \mu\text{C}$, $x_2 = -2,0$ cm, $y_2 = 1,5$ cm. Determine (a) o módulo e (b) a orientação da força eletrostática que a partícula 1 exerce sobre a partícula 2. Determine também (c) a coordenada x e (d) a coordenada y de uma terceira partícula de carga $q_3 = +4,0 \mu\text{C}$ para que a força exercida sobre ela pelas partículas 1 e 2 seja nula.

••18 Duas partículas são mantidas fixas em um eixo x . A partícula 1, de carga $40 \mu\text{C}$, está situada em $x = -2,0$ cm; a partícula 2, de carga Q , está situada em $x = 3,0$ cm. A partícula 3 está inicialmente no eixo y e é liberada, a partir do repouso, no ponto $y = 2,0$ cm. O valor absoluto da carga da partícula 3 é $20 \mu\text{C}$. Determine o valor de Q para que a aceleração inicial da partícula 3 seja (a) no sentido positivo do eixo x ; (b) no sentido positivo do eixo y .

••19 Na Fig. 21-28, a partícula 1, de carga $+q$, e a partícula 2, de carga $+4,00q$, são mantidas a uma distância $L = 9,00$ cm sobre um eixo x . Se uma partícula 3 de carga q_3 permanece imóvel ao ser colocada nas proximidades das partículas 1 e 2, determine (a) a razão q_3/q ; (b) a coordenada x da partícula 3; (c) a coordenada y da partícula 3.

••20 A Fig. 21-30 mostra um sistema de quatro partículas carregadas, com $\theta = 30,0^\circ$ e $d = 2,00$ cm. A carga da partícula 2 é $q_2 = +8,00 \times 10^{-19}$ C; a carga das partículas 3 e 4 é $q_3 = q_4 = -1,60 \times 10^{-19}$ C. (a) Qual deve ser a distância D entre a origem e a partícula 2 para que a força que age sobre a partícula 1 seja nula? (b) Se as partículas 3 e 4 são aproximadas do eixo x mantendo-se simétricas em relação a este eixo, o valor da distância D é maior, menor ou igual ao do item (a)?

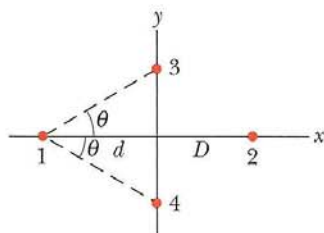


FIG. 21-30 Problema 20.

••21 Na Fig. 21-31, as partículas 1 e 2, de carga $q_1 = q_2 = +3,20 \times 10^{-19}$ C, estão sobre o eixo y , a uma distância $d = 17,0$

cm da origem. A partícula 3, de carga $q_3 = +6,40 \times 10^{-19}$ C, é deslocada ao longo do eixo x , de $x = 0$ até $x = +5,0$ m. Para que valor de x o módulo da força eletrostática exercida pelas partículas 1 e 2 sobre a partícula 3 é (a) mínimo e (b) máximo? Quais são os valores (c) mínimo e (d) máximo do módulo?

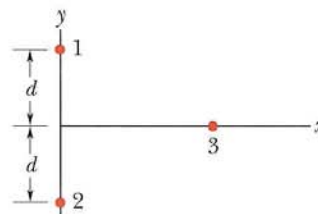


FIG. 21-31 Problema 21.

••22 A Fig. 21-32a mostra um sistema de três partículas carregadas separadas por uma distância d . As partículas A e C estão fixas no lugar sobre o eixo x , mas a partícula B pode se mover ao longo de uma circunferência com centro na partícula A . Durante o movimento, um segmento de reta ligando os pontos A e B faz um ângulo θ com o eixo x (Fig. 21-32b). As curvas da Fig. 21-32c mostram, para duas situações, o módulo F_{tot} da força eletrostática total que as outras partículas exercem sobre a partícula A . Esta força total está plotada em função do ângulo θ e como múltiplo da uma força de referência F_0 . Assim, por exemplo, na curva 1, para $\theta = 180^\circ$, vemos que $F_{\text{tot}} = 2F_0$. (a) Para a situação correspondente à curva 1, qual é a razão entre a carga da partícula C e a carga da partícula B (incluindo o sinal)? (b) Qual é a mesma razão para a situação correspondente à curva 2?

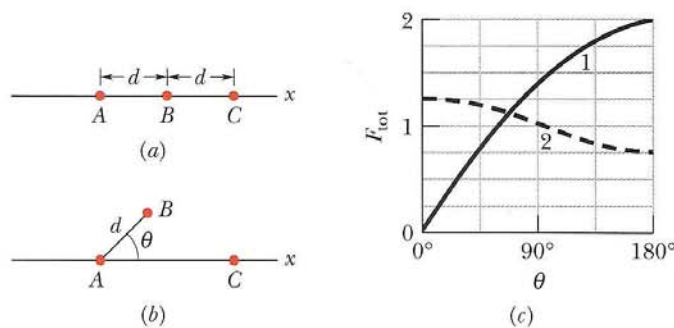


FIG. 21-32 Problema 22.

••23 Uma casca esférica não-condutora, com um raio interno de $4,0$ cm e um raio externo de $6,0$ cm, possui uma distribuição de cargas não-homogênea. A densidade volumétrica de carga ρ é a carga por unidade de volume, medida em coulombs por metro cúbico. No caso dessa casca, $\rho = b/r$, onde r é a distância em metros a partir do centro da casca e $b = 3,0 \mu\text{C}/\text{m}^2$. Qual é a carga total da casca?

seção 21-5 A Carga É Quantizada

•24 Qual é o módulo da força eletrostática entre um íon de sódio monoionizado (Na^+ , de carga $+e$) e um íon de cloro monoionizado (Cl^- , de carga $-e$) em um cristal de sal de cozinha, se a distância entre os íons é $2,82 \times 10^{-10}$ m?

•25 O módulo da força eletrostática entre dois íons iguais separados por uma distância de $5,0 \times 10^{-10}$ m é $3,7 \times 10^{-9}$ N. (a) Qual é a carga de cada íon? (b) Quantos elétrons estão “faltando” em cada íon (fazendo, assim, com que o íon possua uma carga elétrica diferente de zero)?

•26 Uma corrente de 0,300 A que atravesse o peito pode produzir fibrilação no coração de um ser humano, perturbando o ritmo dos batimentos cardíacos com efeitos possivelmente fatais. Se a corrente dura 2,00 min, quantos elétrons de condução atravessam o peito da vítima?

•27 Quantos elétrons é preciso remover de uma moeda para deixá-la com uma carga de $+1,0 \times 10^{-7}$ C?

•28 Duas pequenas gotas d'água esféricas, com cargas iguais de $-1,00 \times 10^{-16}$ C, estão separadas por uma distância entre os centros de 1,00 cm. (a) Qual é o valor do módulo da força eletrostática a que cada uma está submetida? (b) Quantos elétrons em excesso possui cada gota?

•29 A atmosfera da Terra é constantemente bombardeada por raios cósmicos provenientes do espaço sideral, constituídos principalmente por prótons. Se a Terra não possuísse uma atmosfera, cada metro quadrado da superfície terrestre receberia em média 1500 prótons por segundo. Qual seria a corrente elétrica recebida pela superfície de nosso planeta?

•30 A Fig. 21-33a mostra duas partículas carregadas, 1 e 2, que são mantidas fixas sobre um eixo x . O valor absoluto da carga da partícula 1 é $|q_1| = 8,00e$. A partícula 3, de carga $q_3 = +8,0e$, que estava inicialmente sobre o eixo x , nas vizinhanças da partícula 2, é deslocada no sentido positivo do eixo x . Em consequência, a força eletrostática total $\vec{F}_{2,\text{tot}}$ a que está sujeita a partícula 2 varia. A Fig. 21-33b mostra a componente x dessa força em função da coordenada x da partícula 3. A escala do eixo x é definida por $x_s = 0,80$ m. A curva possui uma assíntota $F_{2,\text{tot}} = 1,5 \times 10^{-25}$ N para $x \rightarrow \infty$. Determine o valor da carga q_2 da partícula 2, em unidades de e , incluindo o sinal.

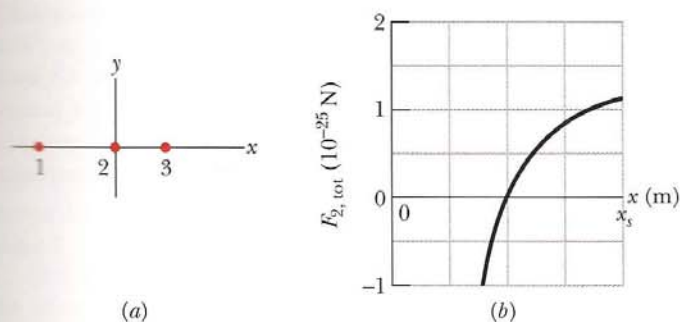


FIG. 21-33 Problema 30.

•31 Calcule o número de coulombs de carga positiva que estão presentes em 250 cm³ de água (neutra). (Sugestão: Um átomo de hidrogênio contém um próton; um átomo de oxigênio contém oito prótons.)

•32 Na Fig. 21-28, as partículas 1 e 2 são mantidas fixas sobre o eixo x , separadas por uma distância $L = 8,00$ cm. As cargas das partículas são $q_1 = +e$ e $q_2 = -27e$. A partícula 3, de carga $q_3 = +4e$, colocada sobre o eixo dos x , entre as partículas 1 e 2, é submetida a uma força eletrostática total $\vec{F}_{3,\text{tot}}$. (a) Em que posição deve ser colocada a partícula 3 para que o módulo de $\vec{F}_{3,\text{tot}}$ seja mínimo? (b) Qual é o valor do módulo de $\vec{F}_{3,\text{tot}}$ nessa situação?

•33 Na Fig. 21-34, as partículas 2 e 4, de carga $-e$, são mantidas fixas sobre o eixo y , nas posições $y_2 = -10,0$ cm e $y_4 = 5,00$ cm. As partículas 1 e 3, de carga $-e$, podem ser deslocadas ao longo do eixo x . A partícula 5, de carga $+e$, é mantida fixa na origem. Inicialmente, a partícula 1 se encontra no ponto $x_1 =$

$-10,0$ cm e a partícula 3 no ponto $x_3 = 10,0$ cm. (a) Para que ponto sobre o eixo x a partícula 1 deve ser deslocada para que a força eletrostática total \vec{F}_{tot} a que a partícula 5 está submetida sofra uma rotação de 30° no sentido anti-horário? (b) Com a partícula 1 mantida fixa na nova posição, para que ponto sobre o eixo x a partícula 3 deve ser deslocada para que \vec{F}_{tot} volte à direção original?

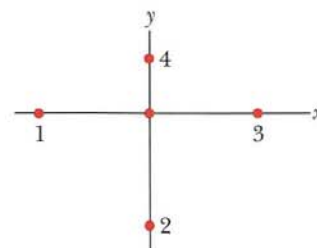


FIG. 21-34 Problema 33.

•34 A Fig. 21-35 mostra dois elétrons, 1 e 2, sobre o eixo x , e dois íons, 3 e 4, de carga $-q$, sobre o eixo y . O ângulo θ é o mesmo para os dois íons. O elétron 2 está livre para se mover; as outras três partículas são mantidas fixas a uma distância horizontal R do elétron 2, e seu objetivo é impedir que o elétron 2 se mova. Para valores fisicamente possíveis de $q \leq 5e$, determine (a) o menor valor possível de θ ; (b) o segundo menor valor possível de θ ; (c) o terceiro menor valor possível de θ .

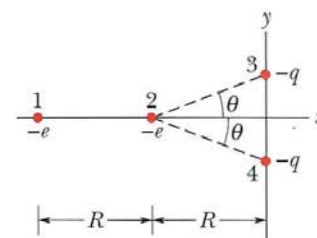


FIG. 21-35 Problema 34.

•35 Nos cristais de cloreto de cério, os íons de cério, Cs^+ , estão nos oito vértices de um cubo, com um íon de cloro, Cl^- , no centro (Fig. 21-36). A aresta do cubo tem 0,40 nm. Os íons Cs^+ possuem um elétron a menos (e , portanto, uma carga $+e$), e os íons Cl^- possuem um elétron a mais (e , portanto, uma carga $-e$). (a) Qual é o módulo da força eletrostática total exercida sobre o íon Cl^- pelos íons Cs^+ situados nos vértices do cubo? (b) Se um dos íons Cs^+ está faltando, dizemos que o cristal possui um defeito; qual é o módulo da força eletrostática total exercida sobre o íon Cl^- pelos íons Cs^+ restantes?

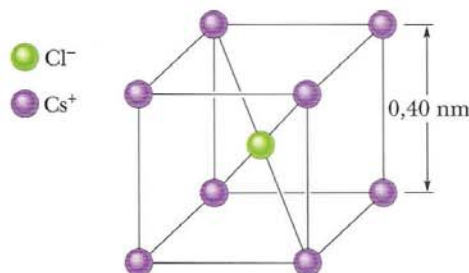


FIG. 21-36 Problema 35.

seção 21-6 A Carga É Conservada

•36 Elétrons e pósitrons são produzidos em reações nucleares envolvendo prótons e nêutrons conhecidas pelo nome genérico de *decaimento beta*. (a) Se um próton se transforma em um nêutron, é produzido um elétron ou um pósitron? (b) Se um nêutron se transforma em um próton, é produzido um elétron ou um pósitron?

•37 Determine X nas seguintes reações nucleares: (a) ${}^1\text{H} + {}^9\text{Be} \rightarrow \text{X} + \text{n}$; (b) ${}^{12}\text{C} + {}^1\text{H} \rightarrow \text{X}$; (c) ${}^{15}\text{N} + {}^1\text{H} \rightarrow {}^4\text{He} + \text{X}$. (Sugestão: Consulte o Apêndice F.)

Problemas Adicionais

38 Na Fig. 21-37, quatro partículas são mantidas fixas sobre o eixo x , separadas por uma distância $d = 2,00$ cm. As cargas das partículas são $q_1 = +2e$, $q_2 = -e$, $q_3 = +e$ e $q_4 = +4e$, onde $e = 1,60 \times 10^{-19}$ C. Em termos dos vetores unitários, determine a força eletrostática a que está submetida (a) a partícula 1; (b) a partícula 2.

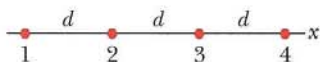


FIG. 21-37 Problema 38.

39 Na Fig. 21-38, a partícula 1, de carga $+4e$, está a uma distância $d_1 = 2,00$ mm do solo, e a partícula 2, de carga $+6e$, está sobre o solo, a uma distância horizontal $d_2 = 6,00$ mm da partícula 1. Qual é a componente x da força eletrostática exercida pela partícula 1 sobre a partícula 2?

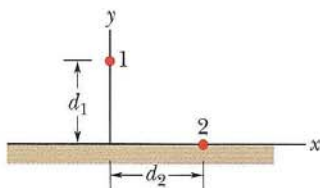


FIG. 21-38 Problema 39.

40 Uma partícula de carga Q é mantida fixa na origem de um sistema de coordenadas xy . No instante $t = 0$, uma partícula ($m = 0,800$ g, $q = +4,00 \mu\text{C}$) está situada sobre o eixo x , no ponto $x = 20,0$ cm, e se move com uma velocidade de $50,0$ m/s no sentido positivo do eixo y . Para que valor de Q a partícula executa um movimento circular uniforme? (Despreze o efeito da força gravitacional sobre a partícula.)

41 Uma barra não-condutora carregada, com um comprimento de $2,00$ m e uma seção reta de $4,00 \text{ cm}^2$, está sobre o semi-eixo x positivo com uma das extremidades na origem. A *densidade volumétrica de carga* ρ é a carga por unidade de volume em coulombs por metro cúbico. Determine quantos elétrons em excesso existem na barra se (a) ρ é uniforme, com um valor de $-4,00 \mu\text{C}/\text{m}^3$; (b) o valor de ρ é dado pela equação $\rho = bx^2$, onde $b = -2,00 \mu\text{C}/\text{m}^5$.

42 Uma carga de $6,0 \mu\text{C}$ é dividida em duas partes, que são mantidas a uma distância de $3,00$ mm. Qual é o maior valor possível da força eletrostática entre as duas partes?

43 Quantos megacoulombs de carga elétrica positiva existem em $1,00$ mol de hidrogênio (H_2) neutro?

44 A Fig. 21-39 mostra uma barra longa, não-condutora, de massa desprezível, de comprimento L , articulada no centro e equilibrada por um bloco de peso W a uma distância x da extremidade esquerda. Nas extremidades direita e esquerda da barra existem pequenas esferas condutoras de carga positiva q e $2q$, respectivamente. A uma distância vertical h abaixo das esferas existem esferas fixas de carga positiva Q . (a) Determine a distância x para que a barra fique equilibrada na horizontal. (b) Qual deve ser o valor de h para que a barra não exerça nenhuma força vertical sobre o apoio quando está equilibrada na horizontal?

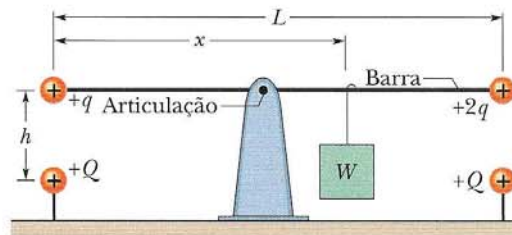


FIG. 21-39 Problema 44.

45 Um nêutron é composto por um quark “up”, com uma carga de $+2e/3$, e dois quarks “down”, cada um com uma carga de $-e/3$. Se os dois quarks “down” estão separados por uma distância de $2,6 \times 10^{-15}$ m no interior do nêutron, qual é o módulo da força eletrostática entre eles?

46 Na Fig. 21-40, três esferas condutoras iguais são dispostas de modo a formar um triângulo equilátero de lado $d = 20,0$ cm. Os raios das esferas são muito menores que d , e as cargas das esferas são $q_A = -2,00$ nC, $q_B = -4,00$ nC e $q_C = +8,00$ nC. (a) Qual é o módulo da força eletrostática entre as esferas A e C? Em seguida, é executado o seguinte procedimento: A e B são ligadas por um fio fino, que depois é removido; B é ligada à terra pelo fio, que depois é removido; B e C são ligadas pelo fio, que depois é removido. Determine o novo valor (a) do módulo da força eletrostática entre as esferas A e C; (b) do módulo da força eletrostática entre as esferas B e C.

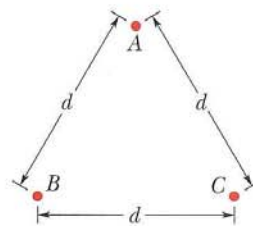


FIG. 21-40 Problema 46.

47 Qual seria o módulo da força eletrostática entre duas cargas pontuais de $1,00$ C separadas por uma distância de (a) $1,00$ m e (b) $1,00$ km se essas cargas pontuais pudessem existir (o que não é verdade) e fosse possível montar um sistema desse tipo?

48 Na Fig. 21-41, três esferas condutoras iguais possuem inicialmente as seguintes cargas: esfera A, $4Q$; esfera B, $-6Q$; esfera C, 0 . As esferas A e B são mantidas fixas, a uma distância entre os centros que é muito maior que o raio das esferas. Dois experimentos são executados. No experimento 1 a esfera C é colocada em contato com a esfera A, depois (separadamente) com a esfera B e, finalmente, é removida. No experimento 2, que começa com os mesmos estados iniciais, a ordem é invertida: a esfera C é co-

locada em contato com a esfera B , depois (separadamente) com a esfera A e, finalmente, é removida. Qual é a razão entre a força eletrostática entre A e B no fim do experimento 2 e a força eletrostática entre A e B no fim do experimento 1?

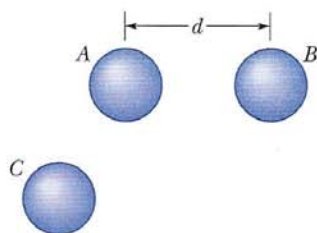


FIG. 21-41 Problemas 48 e 67.

49 Sabemos que a carga negativa do elétron e a carga positiva do próton têm o mesmo valor absoluto. Suponha que houvesse uma diferença de 0,00010% entre as duas cargas. Nesse caso, qual seria a força de atração ou repulsão entre duas moedas de cobre situadas a 1,0 m de distância? Suponha que cada moeda contenha 3×10^{22} átomos de cobre. (Sugestão: Um átomo de cobre contém 29 prótons e 29 elétrons.) O que é possível concluir a partir desse resultado?

50 A que distância devem ser colocados dois prótons para que o módulo da força eletrostática que um deles exerce sobre o outro seja igual à força gravitacional a que um dos prótons está submetido na superfície terrestre?

51 Da carga Q que está presente em uma pequena esfera, uma fração α deve ser transferida para uma segunda esfera. As esferas podem ser tratadas como partículas. (a) Para que valor de α o módulo da força eletrostática F entre as duas esferas é o maior possível? Determine (b) o menor e (c) o maior valor de α para o qual F é igual à metade do valor máximo.

52 Se um gato se esfrega repetidamente nas calças de algodão do dono em um dia seco, a transferência de carga do pêlo do gato para o tecido de algodão pode deixar o dono com um excesso de carga de $-2,00 \mu\text{C}$. (a) Quantos elétrons são transferidos para o dono?

O dono decide lavar as mãos, mas quando aproxima os dedos da torneira acontece uma descarga elétrica. (b) Nessa descarga, elétrons são transferidos da torneira para o dono do gato ou vice-versa? (c) Pouco antes de acontecer a descarga, são induzidas cargas positivas ou negativas na torneira? (d) Se o gato tivesse se aproximado da torneira, a transferência de elétrons seria em que sentido? (e) Se você for acariciar um gato em um dia seco, deve tornar cuidado para não aproximar os dedos do focinho do animal, caso contrário poderá ocorrer uma descarga elétrica. Levando em conta o fato de que o pêlo de gato é um material não-condutor, explique como isso pode acontecer.

53 (a) Que cargas iguais e positivas teriam que ser colocadas na Terra e na Lua para neutralizar a atração gravitacional entre os dois astros? (b) Por que não é necessário conhecer a distância entre a Terra e a Lua para resolver este problema? (c) Quantos quilogramas de íons de hidrogênio (ou seja, prótons) seriam necessários para acumular a carga positiva calculada no item (a)?

54 Na Fig. 21-42, duas pequenas esferas condutoras de mesma massa m e mesma carga q estão penduradas em fios não-condutores de comprimento L . Suponha que o ângulo θ é tão pequeno que a aproximação $\tan \theta \approx \sin \theta$ pode ser usada. (a) Mostre que a distância de equilíbrio entre as esferas é dada por

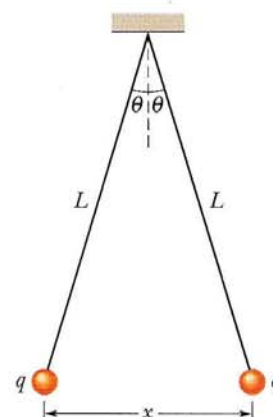


FIG. 21-42 Problemas 54 e 55.

$$x = \left(\frac{q^2 L}{2\pi\epsilon_0 m g} \right)^{1/3}$$

(b) Se $L = 120 \text{ cm}$, $m = 10 \text{ g}$ e $x = 5,0 \text{ cm}$, qual é o valor de $|q|$?

55 (a) Explique o que acontece com as esferas do Problema 54 se uma delas é descarregada (ligando, por exemplo, momentaneamente a esfera à terra). (b) Determine a nova distância de equilíbrio x , usando os valores dados de L e m e o valor calculado de $|q|$.

56 Na Fig. 21-24, as partículas 1 e 2 são mantidas fixas. Se a força eletrostática total exercida sobre a partícula 3 é zero e $L_{23} = -2,00L_{12}$, qual é o valor da razão q_1/q_2 ?

57 Qual é a carga total, em coulombs, de $75,0 \text{ kg}$ de elétrons?

58 Na Fig. 21-43, seis partículas carregadas cercam a partícula 7 a uma distância de $d = 1,0 \text{ cm}$ ou $2d$, como mostra a figura. As cargas são $q_1 = +2e$, $q_2 = +4e$, $q_3 = +e$, $q_4 = +4e$, $q_5 = +2e$, $q_6 = +8e$, $q_7 = +6e$, com $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$. Qual é o módulo da força eletrostática a que está submetida a partícula 7?

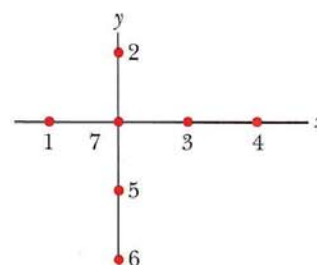


FIG. 21-43 Problema 58.

59 Três partículas carregadas formam um triângulo: a partícula 1, com uma carga $Q_1 = 80,0 \text{ nC}$, está no ponto $(0; 3,00 \text{ mm})$; a partícula 2, com uma carga Q_2 , está no ponto $(0; -3,00 \text{ mm})$, e a partícula 3, com uma carga $q = 18,0 \text{ nC}$, está no ponto $(4,00 \text{ mm}; 0)$. Em termos dos vetores unitários, qual é a força eletrostática exercida sobre a partícula 3 pelas outras duas partículas (a) para $Q_2 = 80,0 \text{ nC}$; (b) para $Q_2 = -80,0 \text{ nC}$?

60 Na Fig. 21-44, determine (a) o módulo e (b) a orientação da força eletrostática total a que está submetida a partícula 4. Todas as partículas são mantidas fixas no plano xy ; $q_1 = -3,20 \times 10^{-19} \text{ C}$; $q_2 = +3,20 \times 10^{-19} \text{ C}$; $q_3 = +6,40 \times 10^{-19} \text{ C}$; $q_4 = +3,20 \times 10^{-19} \text{ C}$; $\theta_1 = 35,0^\circ$; $d_1 = 3,00 \text{ cm}$; $d_2 = d_3 = 2,00 \text{ cm}$.

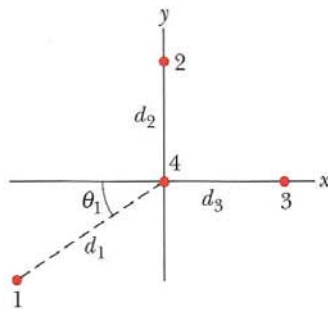


FIG. 21-44 Problema 60.

61 Duas cargas pontuais de 30 nC e -40 nC são mantidas fixas sobre o eixo x , na origem e no ponto $x = 72 \text{ cm}$, respectivamente. Uma partícula com uma carga de $42 \text{ } \mu\text{C}$ é liberada a partir do repouso no ponto $x = 28 \text{ cm}$. Se a aceleração inicial da partícula é 100 km/s^2 , qual é a massa da partícula?

62 Na Fig. 21-23, quatro partículas formam um quadrado. As cargas são $q_1 = +Q$, $q_2 = q_3 = q$ e $q_4 = -2,00Q$. Qual é o valor de q/Q se a força eletrostática total a que está submetida a partícula 1 é zero?

63 Cargas pontuais de $+6,0 \text{ } \mu\text{C}$ e $-4,0 \text{ } \mu\text{C}$ são mantidas fixas sobre o eixo dos x nos pontos $x = 8,0 \text{ m}$ e $x = 16 \text{ m}$, respectivamente. Que carga deve ser colocada no ponto $x = 24 \text{ m}$ para que a força eletrostática total sobre uma carga colocada na origem seja nula?

64 Na Fig. 21-28, a partícula 1, com uma carga de $-80,0 \text{ } \mu\text{C}$, e a partícula 2, com uma carga de $+40 \text{ } \mu\text{C}$, são mantidas fixas sobre o eixo x , separadas por uma distância $L = 20,0 \text{ cm}$. Em termos dos vetores unitários, determine a força eletrostática total a que é submetida uma partícula 3, de carga $q_3 = 20,0 \text{ } \mu\text{C}$, se a partícula 3 é colocada (a) na ponto $x = 40,0 \text{ cm}$; (b) no ponto $x = 80,0 \text{ cm}$. Determine também (c) a coordenada x ; (d) a coordenada y da partícula 3 para que a força eletrostática total a que é submetida seja nula.

65 No decaimento radioativo da Eq. 21-13, um núcleo de ^{238}U se transforma em ^{234}Th e ^4He , que é ejetado. (Trata-se de núcleos, e não de átomos; assim, não há elétrons envolvidos.) Para uma distância entre os núcleos de ^{234}Th e ^4He de $9,0 \times 10^{-15} \text{ m}$, determine (a) a força eletrostática entre os núcleos; (b) a aceleração do núcleo de ^4He .

66 A soma das cargas de duas pequenas esferas positivamente carregadas é $5,0 \times 10^{-5} \text{ C}$. Se cada esfera é repelida pela outra com uma força eletrostática de $1,0 \text{ N}$ e as esferas estão separadas por uma distância de $2,0 \text{ m}$, qual é a carga da esfera com a menor carga?

67 As cargas iniciais das três esferas condutoras iguais da Fig. 21-41 são as seguintes: esfera A , Q ; esfera B , $-Q/4$; esfera C , $Q/2$, onde $Q = 2,00 \times 10^{-14} \text{ C}$. As esferas A e B são mantidas fixas, com uma distância entre os centros $d = 1,20 \text{ m}$, que é muito maior que o raio das esferas. A esfera C é colocada em contato primeiro com a esfera A e depois com a esfera B antes de ser removida. Qual é o módulo da força eletrostática entre as esferas A e B ?

68 Um elétron se encontra no vácuo, perto da superfície da Terra, no ponto $y = 0$ de um eixo vertical. Qual deve ser a coordenada y de um segundo elétron situado sobre o eixo y para que a força eletrostática exercida sobre o primeiro elétron compense o peso do primeiro elétron?

69 Na Fig. 21-28, a partícula 1, de carga $-5,00q$, e a partícula 2, de carga $+2,00q$, são mantidas a uma distância L sobre o eixo x . Se uma partícula 3, de carga desconhecida q_3 , é colocada em um ponto tal que a força eletrostática total exercida sobre a partícula é zero, determine (a) a coordenada x ; (b) a coordenada y da partícula 3.

70 Dois estudantes de engenharia, João, com uma massa de 90 kg , e Maria, com uma massa de 45 kg , estão a 30 m de distância um do outro. Suponha que existam desequilíbrios de carga de $0,01\%$ nos corpos dos dois estudantes, com um deles positivo e o outro negativo. Determine a ordem de grandeza da força de atração eletrostática entre os dois estudantes substituindo-os por esferas de água com a mesma massa.