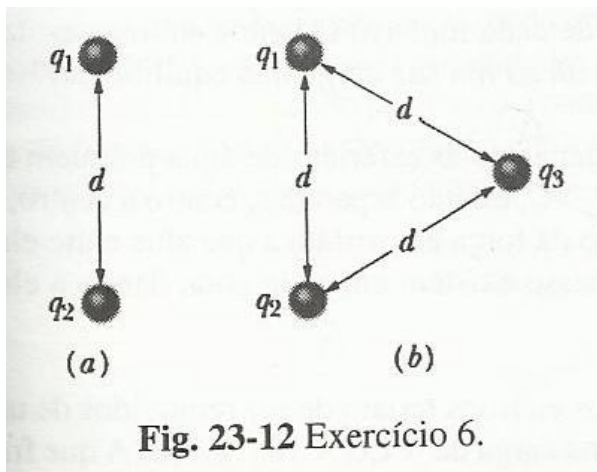


**LISTA COMPLETA PROVA 01**

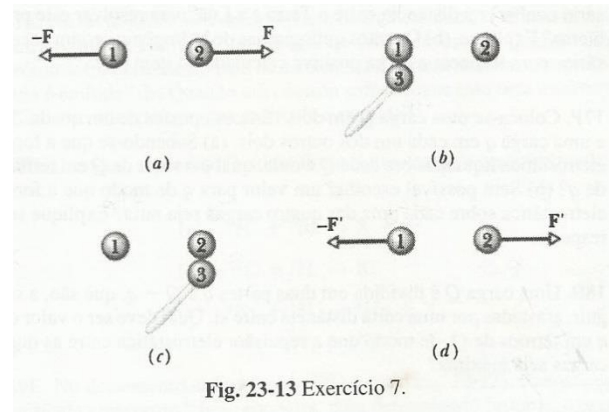
**CAPÍTULO 23**

**05E.** Duas partículas igualmente carregadas, mantidas a uma distância de  $3,2 \times 10^{-3}$  m uma da outra, são largadas a partir do repouso. O módulo da aceleração inicial da primeira partícula é de  $7,0 \text{ m/s}^2$  e o da segunda é de  $9,0 \text{ m/s}^2$ . Sabendo-se que a massa da primeira partícula vale  $6,3 \times 10^{-7}$  Kg, quais são (a) a massa da segunda partícula e (b) o módulo da carga comum?

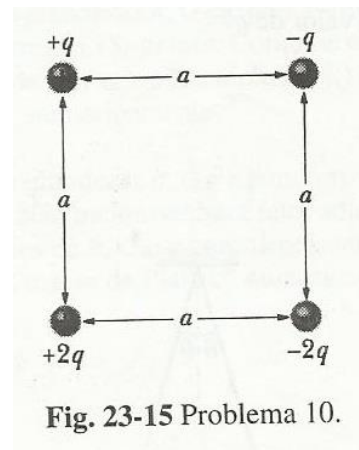
**06E.** A Fig. 23-12a mostra duas cargas,  $q_1$  e  $q_2$ , mantidas a uma distância fixa  $d$  uma da outra. (a) Qual é o módulo da força eletrostática que atua sobre  $q_1$ ? Suponha  $q_1 = q_2 = 20,0 \mu\text{C}$  e  $d = 1,50$  m. (b) Uma terceira carga  $q_3 = 20,0 \mu\text{C}$  é trazida e colocada na posição mostrada na Fig. 23-12b. Qual é a agora o módulo da força eletrostática que atua sobre  $q_1$ ?



**07E.** Duas esferas condutoras idênticas e isoladas, 1 e 2, possuem quantidades iguais de carga e estão separadas por uma distância grande comparada com seus diâmetros (Fig. 23-13a). A força eletrostática que atua sobre a esfera 2 devida à esfera 1 é  $\mathbf{F}$ . Suponha agora que uma terceira idêntica 3, dotada de um suporte isolante e inicialmente descarregada, toque primeiro a esfera 1 (Fig.23-13b), depois a esfera 2 (Fig.23-13c) e em seguida, seja afastada (Fig. 23-13d). Em termos de  $\mathbf{F}$ , qual é a força eletrostática  $\mathbf{F}'$  que atua agora sobre a esfera 2?



**10P.** Na Fig. 23-15, quais são os componentes horizontal e vertical da força eletrostática resultante que atua sobre a carga no vértice inferior esquerdo do quadrado, sendo  $q = 1,0 \times 10^{-7} \text{ C}$  e  $a = 5,0$  cm?



**13P.** Duas cargas fixas de  $+1,0 \mu\text{C}$  e  $-3,0 \mu\text{C}$  estão separadas por uma distância de 10 cm. Onde podemos localizar uma terceira carga de modo que a força eletrostática líquida sobre ela seja nula?

**15P.** Duas cargas puntiformes livres  $+q$  e  $+4q$  estão a uma distância  $L$  uma da outra. Uma terceira carga é colocada de tal modo que todo o sistema fica em equilíbrio. (a) Determine a posição, o módulo e o sinal da terceira carga. (b) Mostre que o equilíbrio do sistema é instável.

**17P.** Coloca-se uma carga  $Q$  em dois vértices opostos de um quadrado, e uma carga  $q$  em cada um dos outros dois. (a) Sabendo-se que a força eletrostática líquida sobre cada  $Q$  é nula, qual é o valor de  $Q$  em termos de  $q$ ? (b) Será possível escolher um valor para  $q$  de modo que a força eletrostática sobre cada uma das quatro cargas seja nula? Explique sua resposta.

**18P.** Uma carga  $Q$  é dividida em duas partes  $q$  e  $Q - q$ , que são, a seguir, afastadas por uma certa distância entre si. Qual deve ser o valor de  $q$  em termos  $Q$ , de modo que a repulsão eletrostática entre as duas cargas seja máxima?

**19P.** Duas pequenas bolas condutoras idênticas, de massa  $m$  e carga  $q$ , estão suspensas por fios não-condutores de comprimento  $L$ , como mostra a Fig. 23-16. Suponha  $\theta$  tão pequeno que  $\tan \theta$  possa ser substituída por  $\sin \theta$  com erro desprezível. (a) Mostre que, no equilíbrio.

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

Onde  $x$  é a separação entre as bolas. (b) Sendo  $L = 120$  cm,  $m = 10$  g e  $x = 5,0$  cm, qual é o valor de  $q$ ?

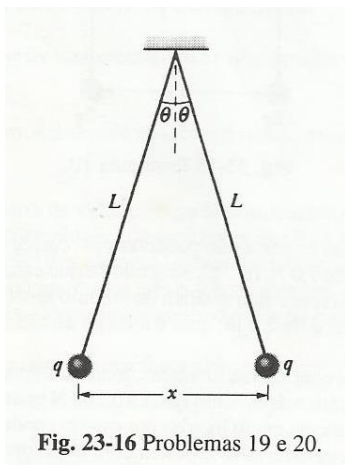


Fig. 23-16 Problemas 19 e 20.

**21P.** A Fig. 23-17 mostra uma longa barra não condutora, de massa desprezível e comprimento  $L$ , presa por um pino no seu centro e equilibrada com um peso  $W$  a uma distância  $x$  de sua extremidade esquerda. Nas extremidades esquerda e direita da barra, são colocadas pequenas esferas condutoras com cargas positivas  $q$  e  $2q$ , respectivamente. A uma distância  $h$  diretamente abaixo de cada uma dessas cargas está fixada uma esfera com carga positiva  $Q$ . (a) Determine a distância  $x$  quando a barra está horizontal e equilibrada. (b) Que valor deveria ter  $h$  para que a barra não exercesse nenhuma força sobre o mancal na situação horizontal e equilibrada?

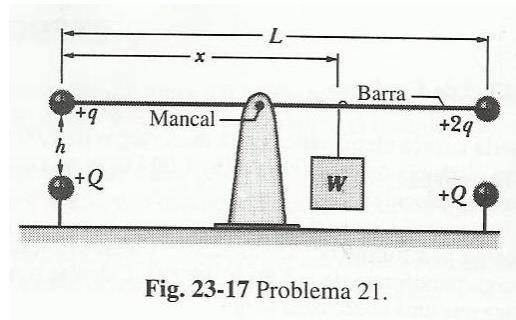


Fig. 23-17 Problema 21.

## CAPÍTULO 24

**1E.** Na Fig. 24-21, o espaçamento entre as linhas do campo elétrico à esquerda é o dobro do espaçamento entre as linhas à direita: (a) Sabendo-se que o módulo do campo em  $A$  é de  $40$  N/C, que força atua sobre um próton em  $A$ ? (b) Qual é o módulo do campo em  $B$ ?

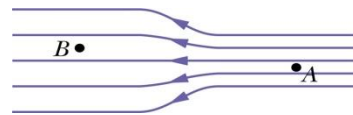


Fig. 24-21 Problema 1.

**13E.** Na Fig. 24-25, quatro cargas estão localizadas nos vértices de um quadrado e mais quatro cargas se encontram nos pontos médios dos lados do quadrado. A distância entre cargas adjacentes sobre o perímetro do quadrado é  $d$ . Qual o módulo, a direção e o sentido do campo elétrico no centro do quadrado?

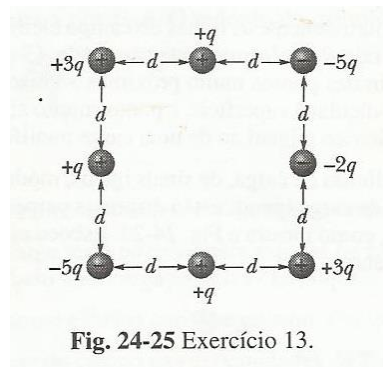


Fig. 24-25 Exercício 13.

**14P.** Na Fig. 24-26, duas cargas puntiformes,  $q_1 = +1,0 \times 10^{-6}$  C e  $q_2 = +3,0 \times 10^{-6}$  C, estão separadas por uma distância  $d = 10$  cm. Faça o gráfico do campo elétrico resultante  $E(x)$  em função de  $x$ , tomando valores positivos e negativos de  $x$ . Considere  $E$  positivo quando o vetor  $E$  apontar para a direita e negativo quando  $E$  apontar para a esquerda.

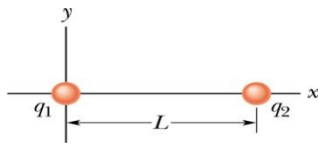


Fig. 24-26 Problema 14.

**15P.** (a) Na Fig. 24-27, localize o ponto (ou os pontos) onde o campo elétrico resultante é nulo. (b) Esboce, qualitativamente, as linhas do campo elétrico.

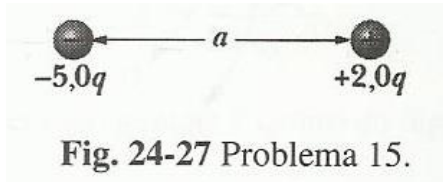


Fig. 24-27 Problema 15.

**18P.** Na Fig. 24-29, qual o campo elétrico no ponto  $P$  criado pelas quatro cargas mostradas?  $q_1 = q_2 = +5,0q$

$q_3 = +3,0q$  e  $q_4 = -12q$ .

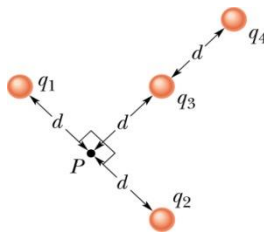


Fig. 24-29 Problema 18.

**19P.** A face de um relógio tem cargas puntiformes negativas  $-q, -2q, -3q, \dots, -12q$  fixadas nas posições dos numerais correspondentes. Os ponteiros do relógio não perturbam o campo resultante devido às cargas puntiformes. A que horas o ponteiro das horas aponta na mesma direção que o vetor campo elétrico no centro do mostrador? (Sugestão: Considere cargas diametralmente opostas.)

**20P.** Um elétron está localizado em cada um dos vértices de um triângulo equilátero, que tem  $20\text{ cm}$  de lado. (a) Qual o campo elétrico no ponto médio de um dos lados? (b) Que força atuaria sobre outro elétron colocado nesse ponto?

**22P.** Qual o módulo, a direção e o sentido do campo elétrico no centro do quadrado da Fig. 24-31, sabendo que  $q = 1,0 \times 10^{-8}\text{ C}$  e  $a = 5,0\text{ cm}$ ?

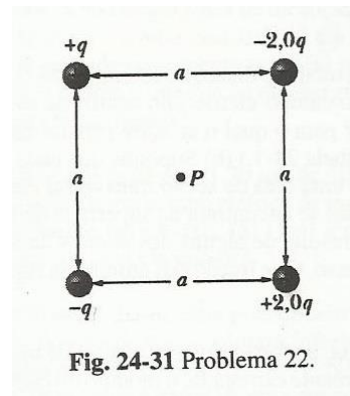


Fig. 24-31 Problema 22.

**25E.** Na Fig. 24-8, suponha que as duas cargas sejam positivas. Mostre que  $E$  no ponto  $P$ , nessa figura, considerando  $z \gg d$ , é dado por

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2q}{z^2}.$$

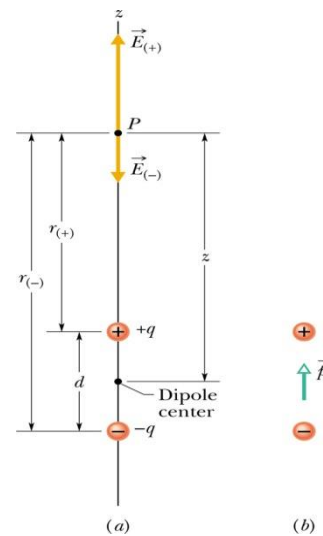


Figura 24-8

**29P.** A que distância ao longo do eixo central de um anel de raio  $R$ , carregado uniformemente, o módulo do campo elétrico é máximo?

**32P.** Um barra fina de vidro é encurvada na forma de um semicírculo de raio  $r$ . Uma carga  $+Q$  está uniformemente distribuída ao longo da metade superior e uma carga  $-Q$ , está uniformemente distribuída ao longo da metade inferior, como mostra a Fig. 24-35. Determine o campo elétrico  $E$  em  $P$ , o centro do semicírculo.

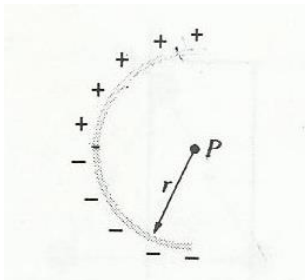


Fig. 24-35 Problema 32.

**33P.** Uma barra fina, não-condutora, de comprimento finito  $L$ , tem uma carga  $q$  uniformemente distribuída ao longo dela. Mostre que o módulo  $E$  do campo elétrico no ponto  $P$  sobre a mediatriz da barra (Fig. 24-36) é dado por

$$E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 y} \frac{1}{(L^2 + 4y^2)^{1/2}}$$

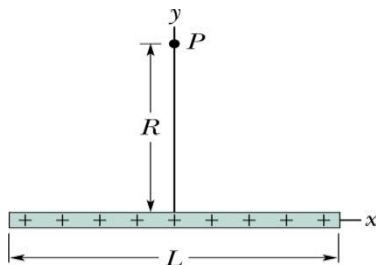


Fig. 24-36 Problema 33.

**34P.** Na Fig. 24-37, uma barra não-condutora, de comprimento  $L$ , tem uma carga  $-q$  uniformemente distribuída ao longo de seu comprimento. (a) Qual a densidade linear de carga da barra? (b) Qual o campo elétrico no ponto  $P$  a uma distância  $a$  da extremidade da barra? (c) Se o ponto  $P$  estivesse a uma distância muito grande da barra comparada com  $L$ , ela se comportaria como uma carga puntiforme. Mostre que a sua resposta para o item (b) se reduz ao campo elétrico de uma carga puntiforme para  $a \gg L$ .

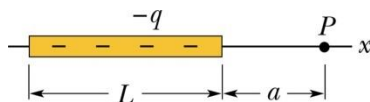


Fig. 24-37 Problema 34.

**35P\*.** Na Fig. 24-38, uma barra não-condutora “semi-infinita” possui uma carga por unidade de comprimento, de valor constante  $\lambda$ . Mostre que o campo elétrico no ponto  $P$  faz um ângulo de  $45^\circ$  com a barra e que este resultado é independente da distância  $R$ .

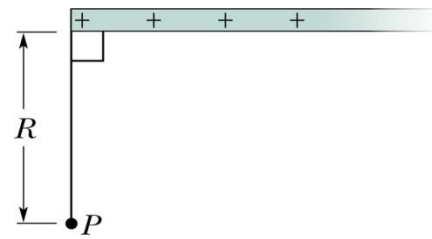


Fig. 24-38 Problema 35.

**36E.** Mostre que a equação abaixo, para campo elétrico de um disco carregado, em pontos sobre seu eixo, se reduz ao campo de uma carga puntiforme para  $z \gg R$ .

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left( 1 - \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} \right)$$

**47E.** Um elétron com uma velocidade escalar de  $5,00 \times 10^8$  cm/s entra num campo elétrico de módulo  $1,00 \times 10^3$  N/C, movendo-se paralelamente ao campo no sentido que retarda seu movimento. (a) Que distância o elétron percorrerá no campo antes de alcançar (momentaneamente) o repouso. (b) Quanto tempo isso levará? (c) Se, em vez disso, a região do campo se estendesse somente por 8,00 mm (distância muito pequena para parar o elétron), que fração da energia cinética inicial do elétron seria perdida nessa região?

**51P.** Um objeto tendo massa de 10,0 g e uma carga de  $+8,00 \times 10^{-5}$  C é colocado num campo elétrico  $E$  e com  $E_x = 3,00 \times 10^3$  N/C,  $E_y = -600$  N/C e  $E_z = 0$ . Quais são o módulo, a direção e o sentido da força sobre o objeto? (b) Se o objeto for abandonado a partir do repouso na origem, quais serão as suas coordenadas após 3,00 s?

**52P.** Existe um campo elétrico uniforme na região entre duas placas com cargas de sinais opostos. Um elétron é liberado, a partir do repouso na superfície da placa carregada negativamente e atinge a superfície da placa oposta, a 2,0 cm de distância, após  $1,5 \times 10^{-8}$  s. (a) Qual é a velocidade escalar do elétron ao atingir a segunda placa? (b) Qual é o módulo do campo elétrico  $E$ ?

**56P.** Na Fig. 24-41, um campo elétrico  $E$ , de módulo  $2,00 \times 10^3$  N/C, apontando para cima, é

estabelecido entre duas placas horizontais, carregando-se a placa inferior positivamente e a placa superior negativamente. As placas têm comprimento  $L = 10,0$  cm e separação  $d = 2,00$  cm. Um elétron é, então, lançado entre as placas a partir da extremidade esquerda da placa inferior. A velocidade inicial  $v_0$  do elétron faz um ângulo  $\theta = 45^\circ$  com a placa inferior e tem um módulo de  $6,00 \times 10^6$  m/s. (a) Atingirá o elétron uma das placas? (b) Sendo assim, qual delas e a que distância horizontal da extremidade esquerda?

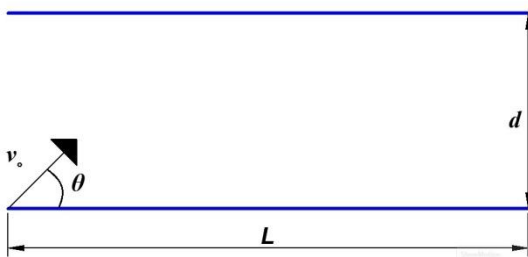


Fig. 24-41 Problema 56

### CAPÍTULO 25

**2E.** A superfície quadrada (figura abaixo) tem 3.2 mm de lado. Ela está imersa num campo elétrico uniforme com  $E = 1.800$  N/C. As linhas do campo fazem um ângulo de  $35^\circ$  com a normal “apontando para fora”, como é mostrado. Calcular o fluxo através da superfície.

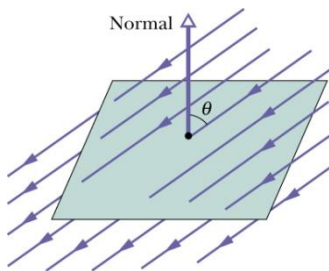


Fig. 25-24 Problema 2.

**5E.** Quatro cargas,  $2q$ ,  $q$ ,  $-q$  e  $-2q$ , estão dispostas nos vértices de um quadrado, como mostra a figura abaixo. Descreva se possível, uma superfície fechada que envolva a carga  $2q$  e através da qual o fluxo líquido seja (a) 0, (b)  $+3q/\epsilon_0$  e (c)  $-2q/\epsilon_0$ .

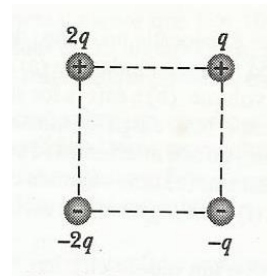


Fig. 25-26 Exercício 5.

**6E.** A carga de um condutor neutro é separada pela aproximação de uma barra carregada positivamente, como mostra a figura abaixo. Qual é o fluxo através de cada uma das cinco superfícies gaussianas mostradas em seção transversal? Suponha que as cargas envolvidas por  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$  sejam iguais em módulo.

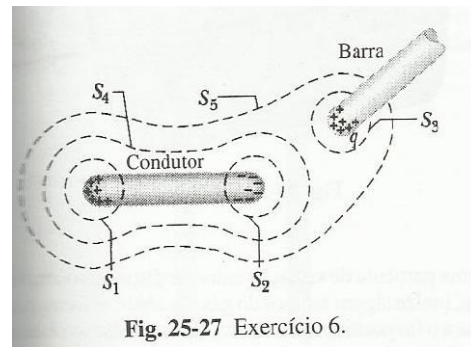


Fig. 25-27 Exercício 6.

**7E.** Uma carga puntiforme de  $1.8 \mu\text{C}$  está no centro de uma superfície gaussiana cúbica com 55 cm de aresta. Qual é o fluxo elétrico líquido através da superfície?

**8E.** O fluxo elétrico líquido através de cada face de um dado tem um módulo em unidade de  $10^3 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$  que é exatamente igual ao número de pontos sobre a face (1 até 6). O fluxo é para dentro em relação às faces de numeração ímpar e para fora em relação às de numeração par. Qual é a carga líquida dentro do dado?

**10E.** Uma rede de caçar borboletas está num campo elétrico uniforme, como mostra a Fig. 25-29. A borda da rede, um círculo de raio  $a$ , está colocada perpendicularmente ao campo. Determine o fluxo elétrico através da rede.

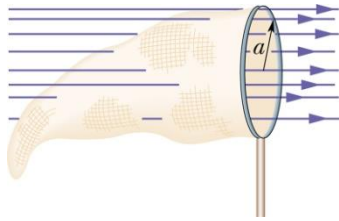


Fig. 25-29 Problema 10.

**11P.** Determinou-se, experimentalmente, que o campo elétrico numa certa região da atmosfera terrestre, está dirigido verticalmente para baixo. Numa altitude de 300 m, o campo tem módulo de 60,0 N/C e numa altitude de 200 m, 100 N/C. Determine a carga líquida contida num cubo de 100 m de aresta, com as faces horizontais nas altitudes de 200 e 300 m. Despreze a curvatura da Terra.

**12P.** Determine o fluxo líquido através do cubo da Fig. 25-25 se o campo elétrico é dado por (a)  $E = 3,00 y \mathbf{j}$  e (b)  $E = -4,00 \mathbf{i} + (6,00 + 3,00 y) \mathbf{j}$ .  $E$  é dado em newtons por coulomb e  $y$  em metros. (c) Em cada caso, qual é a quantidade de carga dentro do cubo?

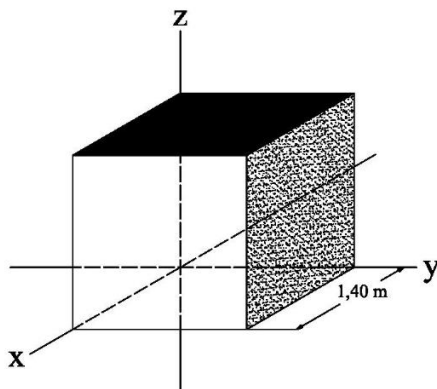


Fig. 25-25 Problema 12.

**13P.** Uma carga puntiforme  $q$  está colocada num dos vértices de um cubo de aresta  $a$ . Qual é o fluxo através de cada uma das faces do cubo? (Sugestão: Use a lei de Gauss e argumentos de simetria.)

**23P.** A Fig. 25-30 mostra uma seção através de um tubo longo metálico, cujas paredes são finas. O tubo tem um raio  $R$  e uma carga por unidade de comprimento  $\lambda$  sobre a superfície. Obtenha expressões para  $E$  em função da distância  $r$  ao eixo do tubo, considerando: (a)  $r > R$  e (b)  $r < R$ .

Faça um gráfico de seus resultados na faixa de  $r = 0$  até  $r = 5,0$  cm, supondo que  $\lambda = 2,0 \times 10^{-8} \text{C/m}$  e  $R = 3,0$  cm. (Sugestão: Use superfícies gaussianas cilíndricas, coaxiais com o tubo metálico.)

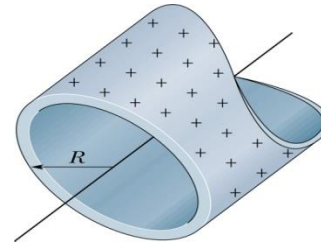


Fig. 25-30 Problema 23.

**24P.** A Fig. 25-31 mostra uma seção através de dois longos e finos cilindros concêntricos de raios  $a$  e  $b$  com  $a < b$ . Os cilindros possuem cargas iguais e opostas por unidade de comprimento  $\lambda$ . Usando a lei de Gauss, prove que (a)  $E = 0$  para  $r < a$  e (b) entre os cilindros, isto é, para  $a < r < b$ .

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r}$$

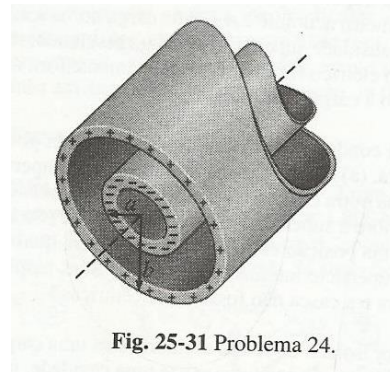


Fig. 25-31 Problema 24.

**27P.** Uma barra cilíndrica condutora, muito longa, de comprimento  $L$  com uma carga total  $+q$ , é circundada por uma casca cilíndrica condutora (também de comprimento  $L$ ), com carga total  $-2q$ , como é mostrado em seção transversal na Fig. 25-33. Use a lei de Gauss para determinar (a) o campo elétrico em pontos fora da casca condutora. (b) a distribuição de carga sobre a casca condutora e (c) o campo elétrico na região entre a casca e a barra.

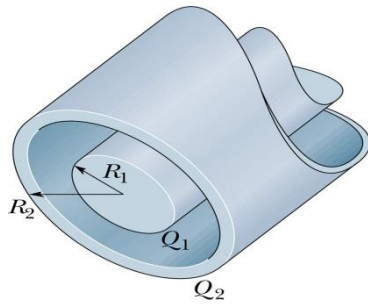


Fig. 25-33 Problema 27.

**30P.** Uma carga está uniformemente distribuída através do volume de um cilindro infinitamente longo de raio  $R$ . (a) Mostre que  $E$  a uma distância  $r$  do eixo do cilindro ( $r < R$ ) é dado por

$$E = \frac{\rho r}{2\epsilon_0},$$

Onde  $\rho$  é a densidade volumétrica de carga. (b) Escreva uma expressão para  $E$  a uma distância  $r > R$ .

**33E.** Uma superfície plana grande, não-condutora, tem uma densidade de carga uniforme  $\sigma$ . Um pequeno furo circular de raio  $R$  está situado bem no meio da chapa, como mostra a Fig. 25-35. Despreze a distorção das linhas do campo ao redor das bordas, e calcule o campo elétrico no ponto  $P$ , a uma distância  $z$  do centro do furo, ao longo de seu eixo. (Sugestão: Veja a Eq. 24-27 e use o princípio da superposição)

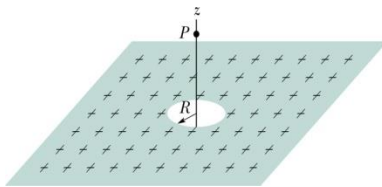


Fig. 25-35 Problema 33.

**44E.** Uma casca fina esférica metálica de raio  $a$  tem uma carga  $q_a$ . Concêntrica com ela está uma outra casca fina, esférica, metálica de raio  $b$  (onde  $b > a$ ) e carga  $q_b$ . Determine o campo elétrico em pontos radiais  $r$  onde (a)  $r < a$ , (b)  $a < r < b$  e (c)  $r > b$ . (d) Discuta o critério que poderia ser usado para determinar a forma como as cargas estão distribuídas pelas superfícies interna e externa das cascas.

**48P.** A Fig. 25-38 mostra uma esfera, de raio  $a$  e carga  $+q$  uniformemente distribuída através de seu volume, concêntrica com uma casca esférica condutora de raio interno  $b$  e raio externo  $c$ . A casca tem uma carga líquida de  $-q$ . Determine expressões para o campo elétrico em função do

raio  $r$  (a) dentro da esfera ( $r < a$ ); (b) entre a esfera e a casca ( $a < r < b$ ); (c) no interior da casca ( $b < r < c$ ); e (d) fora da casca ( $r > c$ ). (e) Quais são as cargas sobre as superfícies internas e externas da casca?

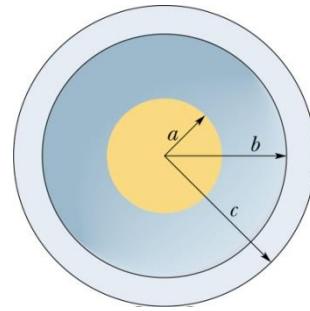


Fig. 25-38 Problema 48.

**52P.** Uma esfera maciça, não-condutora, de raio  $R$ , tem uma distribuição de carga não-uniforme de densidade volumétrica dada por  $\rho = \rho_0 r/R$ , onde  $\rho_0$  é uma constante e  $r$  é a distância ao centro da esfera. Mostre que (a) a carga total da esfera é  $Q = \pi\rho_0 R^3$  e (b) o campo elétrico dentro da esfera tem módulo dado por

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R^4} r^2$$

**53P.** Na Fig. 25-41, uma casca esférica não-condutora, com raio interno  $a$  e raio externo  $b$ , tem uma densidade volumétrica de carga  $\rho = \frac{A}{r}$ , onde  $A$  é uma constante e  $r$  é a distância ao centro da casca. Além disso, uma carga puntiforme  $q$  está localizada no centro. Qual deve ser o valor de  $A$  para que o campo elétrico na casca ( $a \leq r \leq b$ ) tenha módulo constante? (Sugestão:  $A$  depende de  $a$  mas não de  $b$ .)

### Respostas

#### Capítulo 23

**5.** (a)  $4,9 \times 10^{-7} \text{Kg}$ . (b)  $7,1 \times 10^{-11} \text{C}$ . **6.** (a)  $|F_{12}| = 1,6 \text{ N}$  (b)  $|F_{123}| = 2,8 \text{ N}$  **7.**  $3/8 \text{ F}$  **10.**  $F_x = 1,7 \times 10^{-1} \text{ N}$   $F_y = 4,7 \times 10^{-2} \text{ N}$  **13.**  $14 \text{ cm}$  da carga positiva. **15.** (a) Uma carga de  $-4q/9$  deve ser localizada sobre o segmento de reta que une as duas cargas positivas a uma distância  $L/3$  da carga  $+q$ . **17.** (a)  $Q = -2\sqrt{2}q$ . (b) Não. **18.**  $q = Q/2$  **19.** (b)  $\pm 2,4 \times 10^{-8} \text{C}$ . **21.** (a)  $\frac{L}{2} \left( 1 + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{Wh^2} \right)$

#### Capítulo 24

**1.** (a)  $6,4 \times 10^{-18} \text{N}$ . (b)  $20 \text{N/C}$ . **13.**  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3q}{d^2}$  apontando diretamente para a carga  $-2q$ . **15.** (a)  $1,7a$  à direita da carga  $+2q$ . **18.**  $E_p = 0 \text{ N/C}$  **19.**  $9:30$  **20.** (a)  $E_p = 4,8 \times$

$10^{-8} \text{ N/C}$  (b)  $F = 7,7 \times 10^{-27} \text{ N}$  22.  $E = 1,0 \times 10^5 \text{ N/C}$   
 No centro do quadrado, tem direção vertical, no sentido positivo do eixo y. 29.  $R/\sqrt{2}$ . 32.  $E = Q/(\pi^2 \epsilon_0 r^2)$  34. (a)  $\lambda = q/L$  (b)  $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0(L+a)a}$  (c)  $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a^2}$  47. (a) 7,12 cm. (b) 28,5ns. (c) 11,2%. 51. (a) 0,245 N, 11,3° no sentido horário a partir do eixo +x. (b)  $x = 108 \text{ m}$ ;  $y = -21,6 \text{ m}$ . 52. (a)  $v = 2,7 \times 10^6 \text{ m/s}$  (b)  $|E| = 1,0 \times 10^3 \text{ N/C}$  56. (a) O elétron atingirá a placa superior (b)  $x = 1,60 \text{ cm}$

### Capítulo 25

2.  $\varphi = -1,5 \times 10^{-2} \text{ Nm}^2/\text{C}$  (entrando) 5. (a) Envolve 2q e -2q, ou envolve todas as quatro cargas. (b) Envolve 2q e q. (c) Impossível. 6.  $\varphi_1 = +q/\epsilon_0$ ,  $\varphi_2 = -q/\epsilon_0$ ,  $\varphi_3 = +q/\epsilon_0$ ,  $\varphi_4 = 0$ ,  $\varphi_5 = +q/\epsilon_0$  7.  $2,0 \times 10^5 \text{ Nm}^2/\text{C}$ . 8.  $q = +2,66 \times 10^{-8} \text{ C}$  10.  $\varphi = 2\pi a^2 E$  11. 3,54  $\mu\text{C}$ . 12. (a)  $\varphi = 8,23 \text{ Nm}^2/\text{C}$  (b)  $\varphi = 8,20 \text{ Nm}^2/\text{C}$  (c)  $q_a = 7,28 \times 10^{-11} \text{ C}$   $q_b = 7,26 \times 10^{-11} \text{ C}$  13. Através de cada uma das três faces que se encontram em q: zero; através de cada uma das outras três faces:  $q/24\epsilon_0$ . 23.  $E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$ . 24. ( $r < a$ )  $E = 0$  ( $a < r < b$ )  $E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$  27. (a)  $E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 Lr}$ ; radialmente para dentro. (b) -q tanto na superfície interna como na externa. (c)  $E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 Lr}$ , radialmente para fora 30. (b)  $E = \frac{\rho R^2}{2\epsilon_0 r}$  33.  $E = \frac{s}{2\epsilon_0 \sqrt{z^2 + R^2}}$  44. ( $r < a$ )  $E = 0$  ( $a < r < b$ )  $E = \frac{q_a}{4\pi\epsilon_0 r^2}$  ( $r > b$ )  $E = \frac{q_a + q_b}{4\pi\epsilon_0 r^2}$  48. (a)  $E = \frac{\rho r}{3\epsilon_0}$  (b)  $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$  (c)  $E = 0$  (d)  $E = 0$  (e) interna: +, externa: - 53.  $q/2\pi a^2$

Formulário:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \quad dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \quad \rho = \frac{q}{V} \quad \sigma = \frac{q}{A} \quad \lambda = \frac{q}{l} \quad K = \frac{mv^2}{2}$$

$$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q_{enc} \quad \Phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} \quad \vec{F} = q_0 \vec{E} \quad s = s_0 + vt \quad s = s_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s$$

$$v = v_0 + at \quad \vec{F} = m\vec{a} \quad \vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E} \quad \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2 \quad m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg} \quad e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C} \quad (x+a)^n = x^n + nx^{n-1}a + \left(\frac{n(n-1)}{2!}\right)x^{n-2}a^2 + \dots$$

$$\int \text{sen } x \, dx = -\cos x \quad \int \cos x \, dx = \text{sen } x \quad q = ne \quad \mu = 10^{-6} \quad p = 10^{-12} \quad f = 10^{-15} \quad 1\text{fC} = 10^{-15} \text{ C}$$

$$\int \frac{x^2 dx}{(x^2 + a^2)^{3/2}} = \frac{-x}{\sqrt{x^2 + a^2}} + \ln(x + \sqrt{x^2 + a^2}) \quad \int \frac{dx}{(x^2 + a^2)^{3/2}} = \frac{x}{a^2 \sqrt{x^2 + a^2}}$$