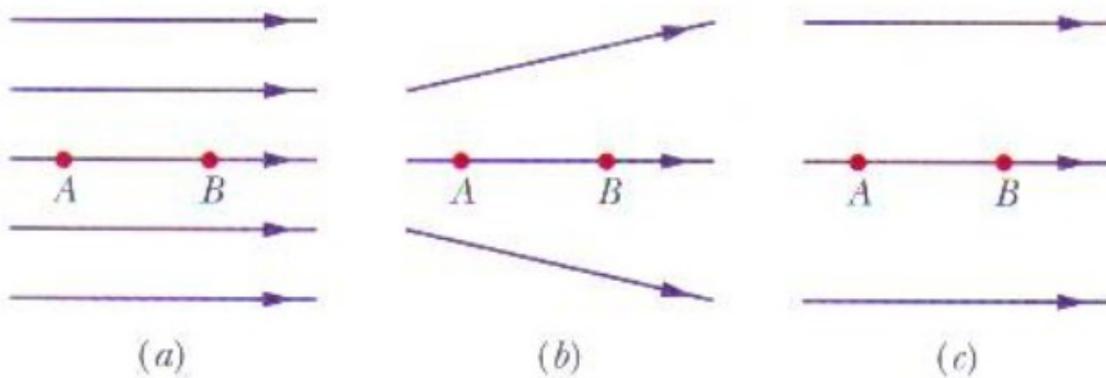


**PERGUNTAS**

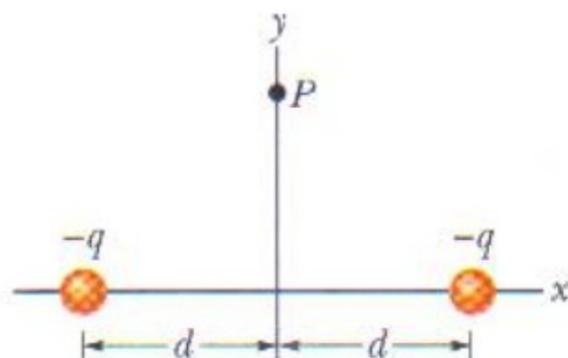
**1** A Fig. 22-21 mostra três configurações de campo elétrico, representadas por linhas de campo. Nas três configurações, um próton é liberado no ponto  $A$  a partir do repouso e acelerado pelo campo elétrico até o ponto  $B$ . A distância entre  $A$  e  $B$  é a mesma nas três configurações. Ordene as configurações de acordo com o módulo do momento linear do próton no ponto  $B$ , em ordem decrescente.



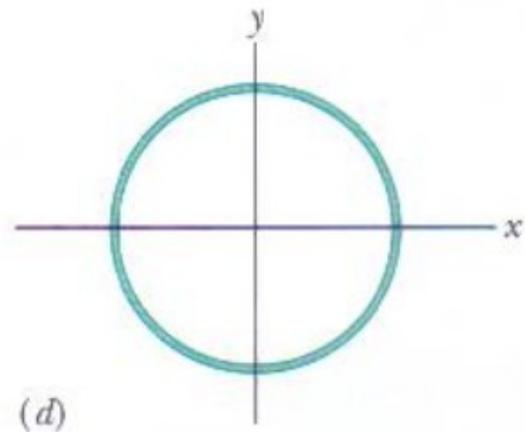
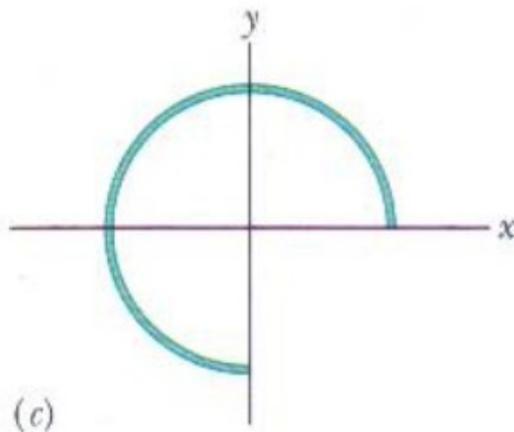
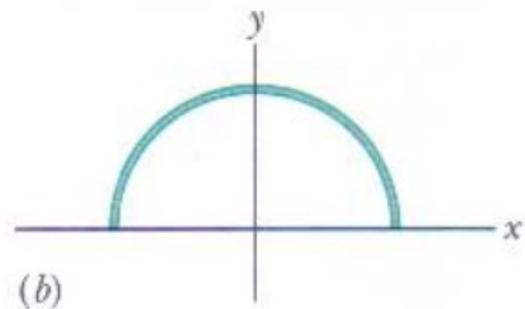
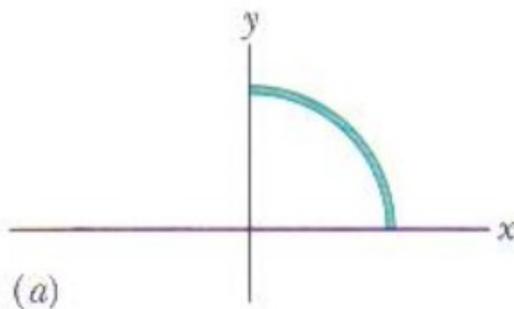
**3** A Fig. 22-23 mostra duas partículas carregadas mantidas fixas sobre um eixo. (a) Em que ponto do eixo (além do infinito) o campo elétrico é zero: à esquerda das cargas, entre as cargas ou à direita das cargas? (b) Existe algum ponto (além do infinito) *fora* do eixo em que o campo elétrico seja zero?



**5** Na Fig. 22-25 duas partículas de carga  $-q$  estão dispostas simetricamente em relação ao eixo  $y$  e produzem campos elétricos em um ponto  $P$  situado sobre o mesmo eixo. (a) Os módulos dos dois campos no ponto  $P$  são iguais? (b) Os campos apontam na direção das cargas ou para longe das cargas? (c) O módulo do campo elétrico total no ponto  $P$  é igual à soma dos módulos  $E$  dos campos elétricos produzidos pelas duas cargas (ou seja, é igual a  $2E$ )? (d) As componentes  $x$  dos campos produzidos pelas duas cargas se somam ou se cancelam? (e) As componentes  $y$  se somam ou se cancelam? (f) A direção do campo total no ponto  $P$  é a das componentes que se somam ou a das componentes que se cancelam? (g) Qual é a direção do campo total?



**7** Na Fig. 22-27a uma barra de plástico circular, com uma carga elétrica uniforme  $+Q$ , produz um campo elétrico de módulo  $E$  no centro de curvatura da barra (situado na origem). Nas Figs. 22-27b, c e d outras barras circulares, todas com a mesma forma e a mesma carga que a primeira, são acrescentadas até que a circunferência fique completa. Um quinto arranjo (que pode ser chamado de  $e$ ) é semelhante ao arranjo  $d$ , exceto pelo fato de que a barra do quarto quadrante tem carga  $-Q$ . Ordene os cinco arranjos de acordo com o módulo do campo elétrico no centro de curvatura, em ordem decrescente.



**seção 22-3 Linhas de Campo Elétrico**

- 1 Na Fig. 22-30 as linhas de campo elétrico do lado esquerdo têm uma separação duas vezes maior que as linhas do lado direito. (a) Se o módulo do campo elétrico no ponto  $A$  é  $40 \text{ N/C}$ , qual é o módulo da força a que é submetido um próton no ponto  $A$ ? (b) Qual é o módulo do campo elétrico no ponto  $B$ ?

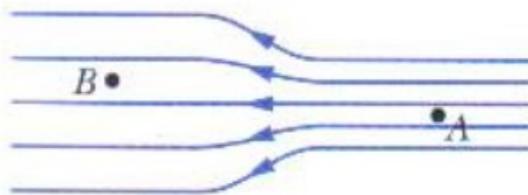


FIG. 22-30 Problema 1.

**seção 22-4 Campo Elétrico Produzido por uma Carga Pontual**

- 3 Qual é o módulo de uma carga pontual cujo campo elétrico a  $50 \text{ cm}$  de distância tem um módulo de  $2,0 \text{ N/C}$ ?
- 4 Qual é o módulo de uma carga pontual capaz de criar um campo elétrico de  $1,00 \text{ N/C}$  em um ponto a  $1,00 \text{ m}$  de distância?
- 7 Duas partículas são mantidas fixas sobre o eixo  $x$ : a partícula 1, de carga  $q_1 = 2,1 \times 10^{-8} \text{ C}$ , no ponto  $x = 20 \text{ cm}$ , e a partícula 2, de carga  $q_2 = -4,00q_1$ , no ponto  $x = 70 \text{ cm}$ . Em que ponto do eixo  $x$  o campo elétrico total é nulo?

••9 Na Fig. 22-32 as quatro partículas formam um quadrado de lado  $a = 5,00$  cm e têm cargas  $q_1 = +10,0$  nC,  $q_2 = -20,0$  nC,  $q_3 = +20,0$  nC e  $q_4 = -10,0$  nC. Qual é o campo elétrico no centro do quadrado, em termos dos vetores unitários?

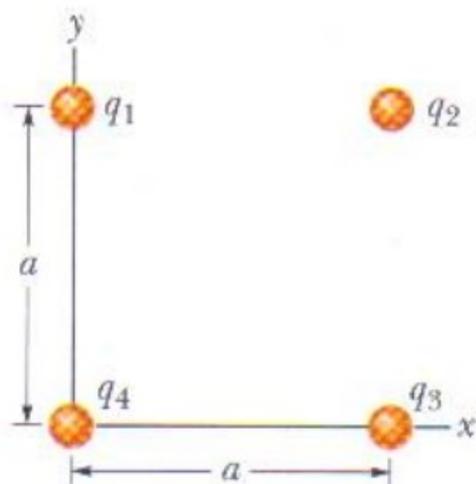


FIG. 22-32 Problema 9.

••11 A Fig. 22-34 mostra duas partículas carregadas mantidas fixas sobre o eixo  $x$ :  $-q = -3,20 \times 10^{-19}$  C, no ponto  $x = -3,00$  m, e  $q = 3,20 \times 10^{-19}$  C, no ponto  $x = +3,00$  m. Determine (a) o módulo e (b) a orientação (em relação ao semi-eixo  $x$  positivo) do campo elétrico no ponto  $P$ , para o qual  $y = 4,00$  m.

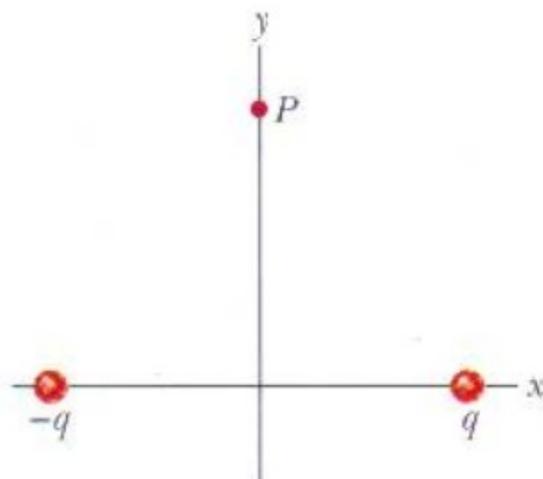


FIG. 22-34 Problema 11.

- 13 Na Fig. 22-36 as três partículas são mantidas fixas no lugar e têm cargas  $q_1 = q_2 = +e$  e  $q_3 = +2e$ . A distância  $a = 6,00 \mu\text{m}$ . Determine (a) o módulo e (b) a direção do campo elétrico no ponto  $P$ .

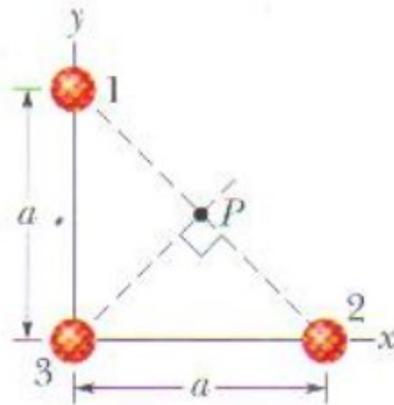


FIG. 22-36 Problema 13.

- 19 A Fig. 22-41 mostra um dipolo elétrico. Determine (a) o módulo e (b) a orientação (em relação ao semi-eixo  $x$  positivo) do campo elétrico produzido pelo dipolo em um ponto  $P$  situado a uma distância  $r \gg d$ .

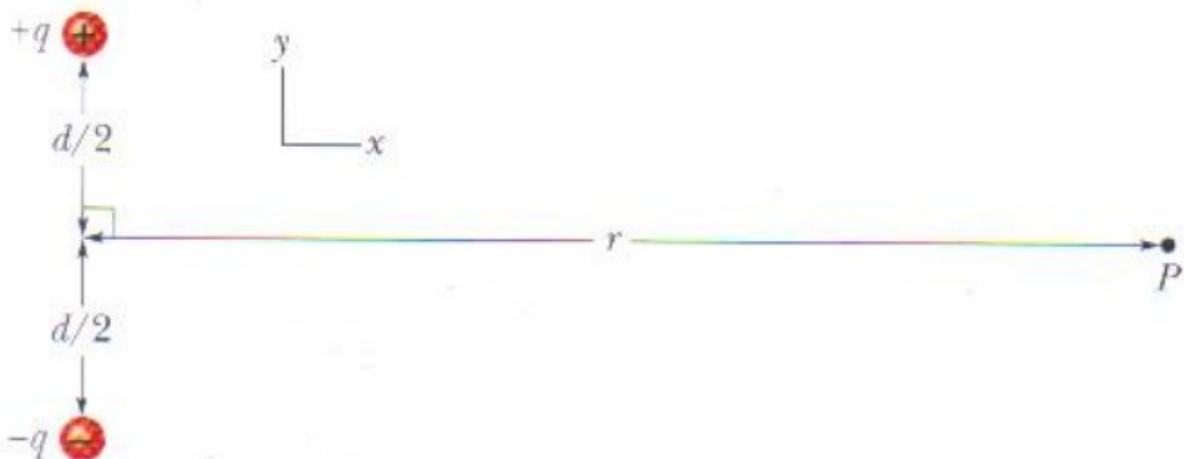


FIG. 22-41 Problema 19.

•••21 *Quadrupolo elétrico.* A Fig. 22-42 mostra um quadrupolo elétrico, formado por dois dipolos de mesmo módulo e sentidos opostos. Mostre que o valor de  $E$  em um ponto  $P$  sobre o eixo do quadrupolo situado a uma distância  $z$  do centro (supondo  $z \gg d$ ) é dado por

$$E = \frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 z^4},$$

onde  $Q (= 2qd^2)$  é chamado de *momento quadrupolar* da distribuição de cargas.

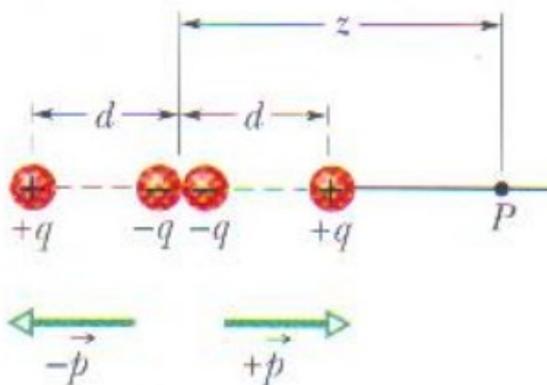


FIG. 22-42 Problema 21.

•23 A Fig. 22-43 mostra dois anéis não-condutores paralelos, com os centros sobre a mesma reta perpendicular aos planos dos anéis. O anel 1, de raio  $R$ , possui uma carga uniforme  $q_1$ ; o anel 2, também de raio  $R$ , possui uma carga uniforme  $q_2$ . Os anéis estão separados por uma distância  $d = 3,00R$ . O campo elétrico no ponto  $P$  situado na reta que passa pelos centros dos anéis, a uma distância  $R$  do anel 1, é zero. Determine a razão  $q_1/q_2$ .

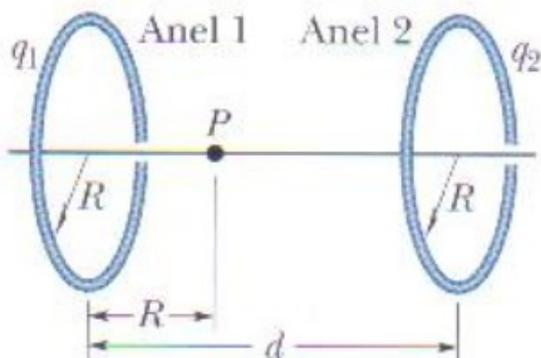
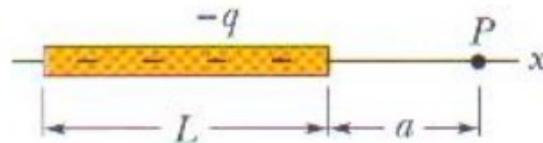


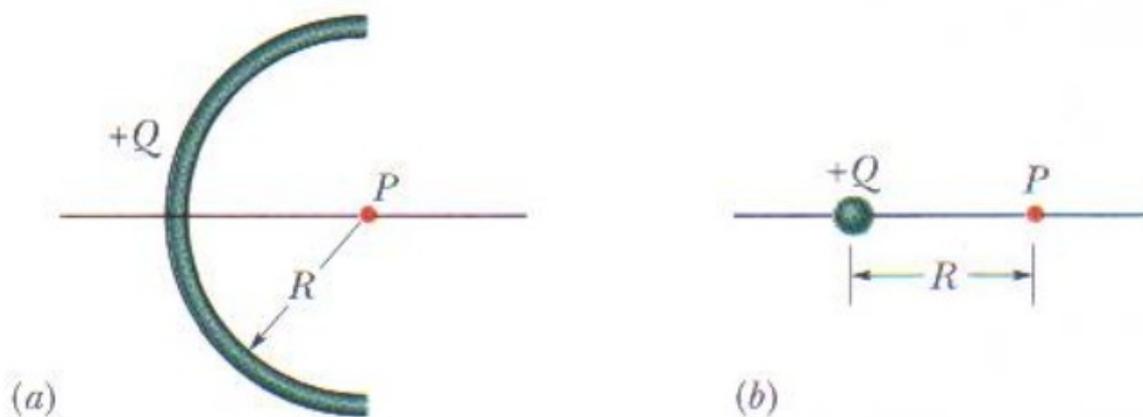
FIG. 22-43 Problema 23.

**••27** Na Fig. 22-46, uma barra não-condutora de comprimento  $L = 8,15$  cm tem uma carga  $-q = -4,23$  fC uniformemente distribuída. (a) Qual é a densidade linear de cargas da barra? Determine (b) o módulo e (c) a direção (em relação ao semi-eixo  $x$  positivo) do campo elétrico produzido no ponto  $P$ , situado no eixo  $x$ , a uma distância  $a = 12,0$  cm da extremidade da barra. Determine o módulo do campo elétrico produzido em um ponto situado no eixo  $x$ , a uma distância  $a = 50$  m do centro da barra, (d) pela barra e (e) por uma partícula de carga  $-q = -4,23$  fC colocada no lugar anteriormente ocupado pelo centro da barra.



**FIG. 22-46** Problema 27.

**••31** A Fig. 22-50a mostra uma barra não-condutora com uma carga  $+Q$  distribuída uniformemente. A barra forma um semicírculo de raio  $R$  e produz um campo elétrico de módulo  $E$  no centro de curvatura  $P$ . Se a barra é substituída por uma carga pontual situada a uma distância  $R$  do ponto  $P$  (Fig. 22-50b), qual é a razão entre o novo valor de  $E$  e o antigo valor?



**FIG. 22-50** Problema 31.

## seção 22-7 Campo Elétrico Produzido por um Disco Carregado

- 35 A que distância ao longo do eixo de um disco de plástico uniformemente carregado de 0,600 m de raio o módulo do campo elétrico é igual à metade do módulo do campo no centro do disco?

## seção 22-8 Uma Carga Pontual em um Campo Elétrico

- 39 Um elétron é liberado a partir do repouso em um campo elétrico uniforme de módulo  $2,00 \times 10^4$  N/C. Determine a aceleração do elétron. (Ignore os efeitos da gravitação.)
- 41 Um elétron está sobre o eixo de um dipolo elétrico, a 25 nm de distância do centro do dipolo. Qual é o módulo da força eletrostática a que está submetido o elétron se o momento do dipolo é  $3,6 \times 10^{-29}$  C·m? Suponha que a distância entre as cargas do dipolo é muito menor que 25 nm.
- 43 Um grupo de nuvens carregadas produz um campo elétrico no ar perto da superfície da Terra. Na presença desse campo uma partícula com uma carga de  $-2,0 \times 10^{-9}$  C é submetida a uma força eletrostática para baixo de  $3,0 \times 10^{-6}$  N. (a) Qual é o módulo do campo elétrico? Determine (b) o módulo e (c) a orientação da força eletrostática  $\vec{F}_{el}$  exercida pelo campo sobre um próton. (d) Qual é o módulo da força gravitacional  $\vec{F}_g$  a que está sujeito o próton? (e) Qual é a razão  $\vec{F}_{el}/\vec{F}_g$  neste caso?
- 47 No experimento de Millikan, uma gota de óleo com um raio de  $1,64 \mu\text{m}$  e uma massa específica de  $0,851 \text{ g/cm}^3$  permanece imóvel na câmara C (Fig. 22-14) quando um campo vertical de  $1,92 \times 10^5$  N/C é aplicado. Determine a carga da gota em termos de  $e$ .

•57 Um dipolo elétrico formado por cargas de  $+1,50 \text{ nC}$  e  $-1,50 \text{ nC}$  separadas por uma distância de  $6,20 \mu\text{m}$  é submetido a um campo elétrico de  $1100 \text{ N/C}$ . Determine (a) o módulo do momento dipolar elétrico e (b) a diferença entre as energias potenciais quando o dipolo está orientado paralelamente e antiparalelamente a  $\vec{E}$ .

••61 Qual é o trabalho necessário para fazer girar de  $180^\circ$  um dipolo elétrico em um campo elétrico uniforme de módulo  $E = 46,0 \text{ N/C}$  se  $p = 3,02 \times 10^{-25} \text{ C} \cdot \text{m}$  e o ângulo inicial é  $64^\circ$ ?