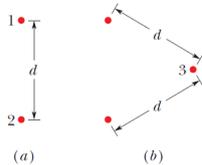
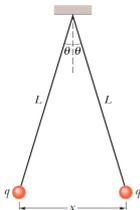


Eletricidade e magnetismo, Lista 1, 2017.

- Na descarga de retorno de um relâmpago típico, uma corrente de $2,5 \times 10^4 A$ é mantida por $20\mu s$. Qual é o valor da carga transferida?
R: $0,50C$.
- Uma corrente de $0,300A$ 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 $2,00min$, quantos elétrons de condução atravessam o peito da vítima? R: $2,25 \times 10^{20}$.
- (C21-17) A figura (a) abaixo mostra duas partículas com cargas q_1 e q_2 , mantidas separadas por uma distância fixa d . (a) Encontre a intensidade que a força elétrica age em q_1 . Suponha que $q_1 = q_2 = +20,0\mu C$ e que $d = 1,50m$. (b) Uma terceira partícula com a carga $q_3 = +20,0\mu C$ é trazida e posicionada como mostrado na figura (b). Encontre a nova intensidade da força elétrica em q_1 . R: (a) $1,60N$, (b) $2,77N$.

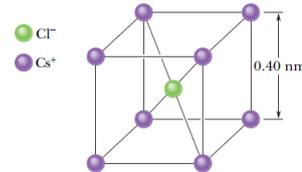


- Três partículas são mantidas fixas sobre um eixo x . A partícula 1, de carga q_1 , está em $x = -a$; a partícula 2, de carga q_2 , está em $x = +a$. Determine a razão q_1/q_2 para que a força eletrostática a que está submetida a partícula 3 seja nula (a) se a partícula 3 estiver no ponto $x = +0,50a$; (b) se a partícula 3 estiver no ponto $x = +1,50a$. R: (a) $\frac{q_1}{q_2} = 9$, (b) $\frac{q_1}{q_2} = -25$.
- Duas bolas minúsculas, similares, de massa m estão penduradas por fios de seda de comprimento L e possuem cargas iguais q como na figura abaixo. Determine corrente de fuga $\left(\frac{dq}{dt}\right)$ se inicialmente as bolas se aproximariam com velocidade relativa $v = dx/dt = \frac{a}{\sqrt{x}}$.

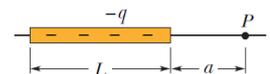


Suponha que θ é $\tan \theta$ pode ser assumido ser aproximadamente igual a $\sin \theta$. Suponha que cada bola esteja perdendo carga a uma taxa de $1,20 nC/s$, e $L = 122cm$, $x_0 = 4,7cm$, $m = 11,2g$. A que velocidade relativa instantânea ($v = dx/dt$) inicialmente as bolas se aproximariam? R: $a = \frac{2}{3} I \left(\frac{2\pi\epsilon_0 mg}{L} \right)^{-\frac{1}{2}}$.

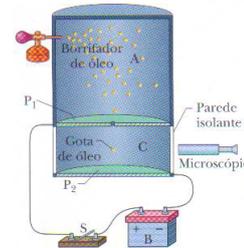
- Nos cristais de cloreto de cério, os íons de cério, Cs^+ , estão nos oito vértices de um cubo, com um íon de cloro, Cl^- , no centro (figura abaixo). A aresta do cubo tem $0,40nm$. Os íons Cs^+ possuem um elétron a menos (e , portanto, uma carga $+e$), e os íons Cl^- possuem um elétron a mais (e , portanto, uma carga $-e$). (a) Qual é o módulo da força eletrostática total exercida sobre o íon Cl^- pelos íons Cs^+ ? (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? R: (a) $F_R = 0$; (b) $1,9 \times 10^{-9}N$.



- Ache a força em uma carga pontual positiva q posicionada no ponto P a uma distância a do fim de um bastão de comprimento L com cargas negativas uniformemente distribuídas $-q$. Veja figura abaixo.
R: $F_x = -k \frac{q^2}{a(L+a)}$.

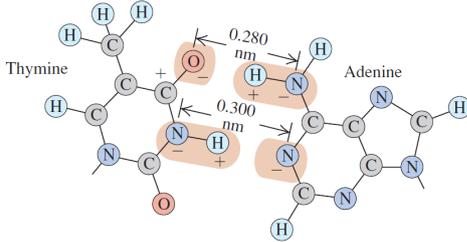


- No experimento do Millikan (prêmio Nobel em física 1923) a gota de óleo de raio $1,64\mu m$ e densidade $0,851g/cm^3$ é suspensa na câmara C (figura abaixo) quando o campo elétrico entre duas placas P_1 e P_2 tem intensidade de $1,92 \times 10^5 N/C$. Determine a carga desta gota em termos de carga elementar e . R: $q = -5e$.

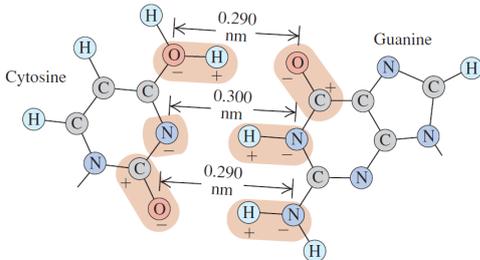


- Feixes de prótons de alta energia podem ser produzidos por "canhões" que usam campos elétricos para acelerar os prótons. (a) Qual é a aceleração experimentada por um próton em um campo elétrico de $2,00 \times 10^4 N/C$? (b) Na presença desse campo, qual é a velocidade adquirida pelo próton depois de percorrer uma distância de $1,00cm$? R: (a) $1,92 \times 10^{12} m/s^2$, (b) $1,96 \times 10^5 m/s$.
- Os dois lados da hélice dupla de ADN são ligados por pares de bases (adenina, timina, citosina, guanina). Devido à forma geométrica das moléculas, adenina conecta com timina e citosina com

guanina. A figura abaixo mostra a ligação timina-adenina. Cada carga mostrada é $\pm e$, e a distância H—N é 0,110 nm. (a) Calcule a força resultante que timina exerce sobre adenina. É atrativa ou repulsiva? Para manter os cálculos razoavelmente simples, ainda razoável, considere apenas as forças devidas às combinações de O—H—N e N—H—N, assumindo que estas duas combinações são paralelos uns aos outros. Recorde, no entanto, que, no conjunto O—H—N, O exerce uma força sobre ambos N e H da mesma forma ao longo do conjunto N—H—N. (b) Calcule a força sobre o elétron no átomo de hidrogênio, que é 0,0529 nm do próton. Em seguida, comparar a intensidade da força de ligação do elétron em hidrogênio com a força de ligação das moléculas de adenina-timina.



11. **O emparelhamento das bases do ADN.** Consulte o exercício acima. A figura abaixo mostra a ligação das moléculas de citosina e guanina. Ambas as distâncias O—H e H—N valem 0,110 nm. Neste caso, assuma que a ligação é devido apenas às forças ao longo das combinações de O—H—O, N—H—N e O—H—N, e também assuma que estas três combinações são paralelos uns aos outros. Calcule a força total que citosina exerce sobre a guanina devido às últimas três combinações. Esta força é atrativa ou repulsiva?

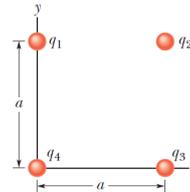


12. Duas barras delgadas de comprimento L estão sobre o eixo Ox , uma delas entre os pontos $x = \frac{a}{2}$ e $x = \frac{a}{2} + L$ e outra entre os pontos $x = -\frac{a}{2}$ e $x = -\frac{a}{2} - L$. Cada barra possui uma carga Q distribuída uniformemente ao longo de seu comprimento. (a) Calcule o campo elétrico produzido pela segunda barra nos pontos situados ao longo da parte positiva do eixo Ox . (b) Mostre que o módulo da força que uma barra exerce sobre a outra é dado por

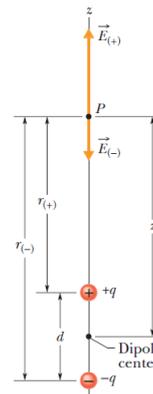
$$F = \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 L^2} \ln\left[\frac{(a+L)^2}{a(a+2L)}\right]$$

(c) Mostre que, quando $a \gg L$, o módulo dessa força se reduz a $F = \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2}$. (Sugestão: use o desenvolvimento em série $\ln(1+z) = z - z^2/2 + z^3/3 - \dots$, válido para $|z| \ll 1$. Faça todos os desenvolvimentos até pelo menos o termo L^2/a^2 .) Interprete esse resultado.

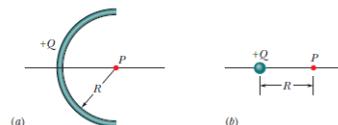
13. Na figura abaixo as quatro partículas formam um quadrado de lado $a = 5,00\text{cm}$ e têm cargas $q_1 = +10,0\text{nC}$, $q_2 = -20,0\text{nC}$, $q_3 = +20\text{nC}$, $q_4 = -10,0\text{nC}$. Qual é o campo elétrico no centro do quadrado, em termos dos vetores unitários? R: $\mathbf{E} = (1,02 \times 10^5 \text{N/C})\mathbf{j}$.



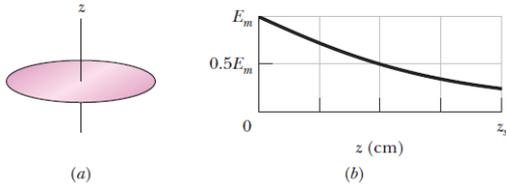
14. Um dipolo elétrico é um par de cargas de mesma magnitude e sinais opostos, q e $-q$, separados por uma distância d de acordo com figura abaixo. Mostre que o campo elétrico no ponto P é dado por $E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{q}{z^3} \left[\frac{d}{1 - \left(\frac{d}{2z}\right)^2} \right]^2$.



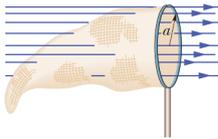
15. Para $z \gg d$ ache primeiros três termos de uma expansão binomial da expressão para o campo do dipolo (problema 14) em pontos sobre eixo do dipolo z ? R: $E_z \cong \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{qd}{z^3} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qd^3}{z^5} + \frac{3}{32\pi\epsilon_0} \frac{qd^5}{z^7}$.
16. A figura abaixo mostra uma barra não condutora com carga $+Q$ distribuída uniformemente. A barra forma um semicírculo de raio R e produz um campo elétrico de módulo \mathbf{E} no centro de curvatura P . Se a barra é substituída por uma carga pontual situada a uma distância R do ponto P , qual é a razão entre o novo valor de \mathbf{E} e o antigo valor? R: $\frac{E_{particula}}{E_x} = \frac{\pi}{2}$.



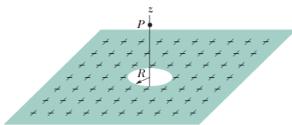
17. Figura abaixo (a) mostra um disco circular uniformemente carregado. O eixo central z é perpendicular ao plano do disco, e sua origem está no plano do disco. A figura (b) mostra o módulo do campo elétrico sobre o eixo z em função do valor de z , em termos do valor máximo do módulo do campo elétrico. A escala do eixo z é definida por $z_s = 8,0\text{ cm}$. Qual é raio do disco? R: $6,9\text{ cm}$.



18. Esboce qualitativamente as linhas de campo associadas com duas cargas pontuais separadas $+q$ e $-2q$.
19. Uma rede para borboletas está em um campo elétrico uniforme $E = 3,0\text{ mN/C}$ conforme indicado na figura abaixo. O aro, um círculo de raio $a = 11\text{ cm}$, está alinhado de forma perpendicular ao campo. A rede contém a carga zero. Determine o fluxo elétrico através da rede relativo a uma normal orientada para fora. R: $-1,1 \times 10^{-4}\text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}$.

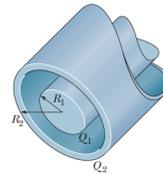


20. Na figura abaixo um pequeno furo circular de raio $R = 1,80\text{ cm}$ foi aberto no meio de uma placa fina, infinita, não condutora, com uma densidade superficial de carga $\sigma = 4,50\text{ pC/m}^2$. O eixo z , cuja origem está no centro do furo, é perpendicular à placa. Determine, em termos dos vetores unitários, o campo elétrico no ponto P , situado em $z = 2,56\text{ cm}$. (Sugestão: Use o princípio de superposição.) R: $(0, 208\text{ N/C})\text{ k}$.

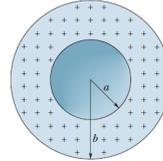


21. A figura abaixo é uma seção de um fio condutor de raio $R_1 = 1,30\text{ mm}$ e comprimento $L = 11,00\text{ m}$ no interior de uma casca coaxial, condutora de paredes finas, de raio $R_2 = 10,0R_1$ e mesmo comprimento L . A carga do fio é $Q_1 = +3,40 \times 10^{-12}\text{ C}$; a carga da casca é $Q_2 = -2,00Q_1$. Determine (a) o módulo E e (b) a direção do campo elétrico a uma distância radial $r = 2,00R_2$. Determine (c) E e (d) a direção do campo elétrico para $r = 5,00R_1$. Determine a carga (e) na superfície interna e (f) na superfície externa da casca. R: (a, b) $-0,214\text{ N/C}$, (c, d) $0,855\text{ N/C}$, (e) $-3,40 \times 10^{-12}\text{ C}$,

(f) $-3,40 \times 10^{-12}\text{ C}$.



22. A figura abaixo mostra uma casca esférica com uma densidade volumétrica de cargas uniforme $\rho = 1,84\text{ nC/m}^3$, raio interno $a = 10,0\text{ cm}$ e raio externo $b = 2,00a$. Determine o módulo do campo elétrico (a) $r = 0$; (b) em $r = a/2$; (c) em $r = a$; (d) em $r = 1,5a$; (e) em $r = b$; (f) em $r = 3b$. R: (a, b, c) 0 , (d) $7,32\text{ N/C}$, (e) $12,1\text{ N/C}$ (f) $1,35\text{ N/C}$.



23. Uma distribuição de cargas não uniforme, mas com simetria esférica, produz um campo elétrico de módulo $E = Kr^4$, onde K é uma constante e r é a distância do centro da esfera. O campo aponta para longe do centro da esfera. Qual é a distribuição volumétrica de cargas ρ ? R: $6K\epsilon_0 r^3$.
24. Uma região do espaço contém uma carga positiva Q que está distribuída uniformemente ao longo de superfície de uma esfera de tal modo que a densidade volumétrica de carga $\rho(r)$ é dada por:
- $$\begin{cases} \rho(r) = \alpha, & r \leq R/2; \\ \rho(r) = 2\alpha(1 - r/R), & R/2 \leq r \leq R; \\ \rho(r) = 0, & r \geq R. \end{cases}$$
- onde, α é uma constante positiva com unidades de C/m^3 . (a) Determine α em função de Q e de R . (b) Aplicando a lei de Gauss, deduza uma expressão para o módulo do campo elétrico \vec{E} em função da distância r . Faça esse cálculo separadamente para cada uma das três regiões. Expresse suas respostas em termos da carga total Q . Verifique cuidadosamente se seus resultados coincidem nas fronteiras entre as três regiões. (c) Que fração da carga total está contida no interior da região $r \leq R/2$? (d) Se um elétron oscila entre $r = 0$ e $R/2$ mostre que este movimento é harmônico simples. (Sugestão: Faça uma revisão da definição do movimento harmônico simples na Seção 13.2. Se, e somente se, a força resultante sobre o elétron for proporcional ao seu deslocamento do equilíbrio, então o movimento resultante será harmônico simples). (e) Qual é o período do movimento na parte (d)? (f) Se na amplitude do movimento descrito na parte (d) é maior do que $R/2$, o movimento resultante é harmônico simples? Por quê?
25. A molécula de amoníaco (NH_3) possui um di-

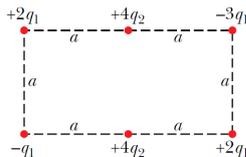
polo elétrico permanente de $1,47D$, onde $1D = 1 \text{ debye} = 3,34 \times 10^{-30} \text{C} \cdot \text{m}$. Calcule o potencial elétrico produzido por uma molécula de amoníaco em um ponto sobre o eixo do dipolo a uma distância de $52,0 \text{ nm}$. (Tome $V = 0$ no infinito.) R: $1,63 \times 10^{-5} \text{ V}$.

26. A diferença de potencial elétrico entre a terra e uma nuvem de tempestade é $1,2 \times 10^9 \text{ V}$. Qual é o módulo da variação da energia potencial elétrica de um elétron que se desloca da nuvem para a terra? Expresse a resposta em elétron-volt. R: $1,2 \text{ GeV}$.

27. Dois planos infinitos, não condutores, uniformemente carregados, são paralelos ao plano yz e posicionados em $x = -50 \text{ cm}$ e $x = +50 \text{ cm}$. As densidades de carga dos planos são -50 nC/m^2 e $+25 \text{ nC/m}^2$, respectivamente. Qual é o valor absoluto da diferença de potencial entre a origem e o ponto sobre o eixo x em $x = +80 \text{ cm}$? (Sugestão: Use a lei de Gauss.) R: $\mathbf{E}_{in} = -(4,2 \times 10^3 \text{ N/C}) \mathbf{i}$, $\mathbf{E}_{out} = -(1,4 \times 10^3 \text{ N/C}) \mathbf{i}$, $\Delta\varphi = 2,5 \times 10^3 \text{ V}$.

28. Uma gota de água esférica com uma carga de 30 pC tem um potencial de 500 V na superfície (com $V = 0$ no infinito). (a) Qual é o raio da gota? (b) Se duas gotas de mesma carga e raio se combinam para formar uma gota esférica, qual é o potencial na superfície da nova gota? R: (a) $5,4 \times 10^{-4} \text{ m}$, (b) 790 V .

29. A figura abaixo mostra um arranjo retangular de partículas carregadas mantidas fixas no lugar, com $a = 39,0 \text{ cm}$ e as cargas indicadas como múltiplos inteiros de $q_1 = 3,40 \text{ pC}$ e $q_2 = 6,00 \text{ pC}$. Com $V = 0$ no infinito, qual é o potencial elétrico no centro do retângulo? (Sugestão: Examinando o problema com atenção é possível reduzir consideravelmente os cálculos.) R: $2,21 \text{ V}$.



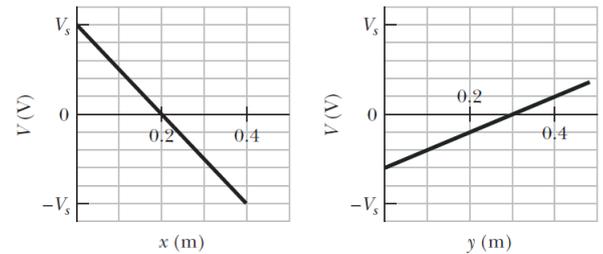
30. O potencial elétrico no plano xy é dado por $V = (2,0 \text{ V/m}^2) x^2 - (3,0 \text{ V/m}^2) y^2$. Em termos dos vetores unitários, qual é o campo elétrico no ponto $(3,0 \text{ m}; 2,0 \text{ m})$? R: $(-12 \text{ V/m}) \mathbf{i} + (12 \text{ V/m}) \mathbf{j}$.

31. Uma distribuição linear de carga não uniforme dada por $\lambda = bx$, onde b é uma constante, está situada sobre o eixo x , entre $x = 0$ e $x = 0,20 \text{ m}$. Se $b = 20 \text{ nC/m}^2$ e $V = 0$ no infinito, determine o potencial elétrico (a) na origem; (b) no ponto $y = 0,15 \text{ m}$, sobre o eixo y . R: (a) 36 V , (b) 18 V .

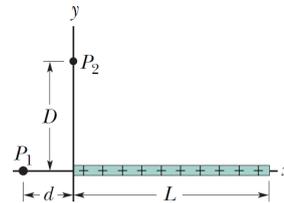
32. O potencial elétrico V no espaço entre duas placas paralelas, 1 e 2, é dado (em volts) por $V = 1500x^2$,

onde x (em metros) é a distância perpendicular em relação à placa 1. Para $x = 1,3 \text{ cm}$, (a) determine o módulo do campo elétrico; (b) o campo elétrico aponta para a placa 1 ou na direção oposta? R: $-(39 \text{ V/m}) \mathbf{i}$.

33. Um elétron é colocado no plano xy , onde o potencial elétrico varia com x e y de acordo com os gráficos da figura abaixo ($V_s = 500 \text{ V}$, o potencial não depende de z). Em termos dos vetores unitários, qual é a força a que é submetido o elétron? R: $(-4,0 \times 10^{-16} \text{ N}) \mathbf{i} + (1,60 \times 10^{-16} \text{ N}) \mathbf{j}$.



34. A barra fina de plástico da figura abaixo tem um comprimento $L = 10,0 \text{ cm}$ e uma densidade linear de cargas não uniforme $\lambda = cx$, onde $c = 49,9 \text{ pC/m}^2$. (a) Com $V = 0$ no infinito, determine o potencial elétrico no ponto P_2 , situado sobre o eixo y , em $y = D = 3,56 \text{ cm}$. (b) Determine a componente E_x do campo no ponto P_2 . (c) Por que a componente E_x do campo em P_2 não pode ser calculada usando o resultado do item (a)? R: $3,16 \times 10^{-2} \text{ V}$, (b) $0,298 \text{ N/C}$.

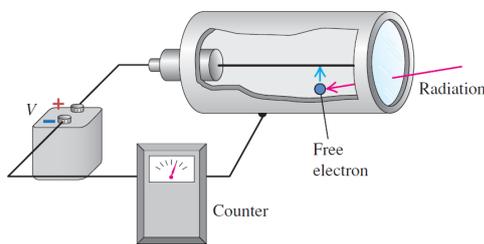


35. (Veja o Exercício 10.) (a) Calcule a energia potencial elétrica da ligação adenina-timina, utilizando as mesmas combinações de moléculas (O—H—N e N—H—N) como no exercício 10. (b) Compare esta energia com a energia potencial do par próton elétron no átomo de hidrogênio.

36. (Veja o Exercício 11.) Calcule a energia potencial elétrica da ligação guanina-citosina, utilizando as mesmas combinações de moléculas (O—H—O, N—H—N e O—H—N) como no exercício 11.

37. Um contador Geiger detecta radiações tais como partículas alfa, usando o fato de que uma radiação ioniza o ar ao longo de sua trajetória. Ao longo do eixo de um cilindro metálico oco existe um fio fino, que está isolado do cilindro (Figura abaixo). Uma grande diferença de potencial é aplicada entre o fio e o cilindro externo, mantendo-se o fio em

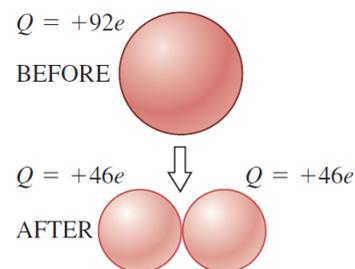
um potencial mais elevado; isso produz um forte campo elétrico orientado radialmente para fora do fio. Quando uma radiação ionizante entra no dispositivo, ocorre ionização de algumas moléculas de ar. Os elétrons livres produzidos são acelerados no sentido do fio pelo campo elétrico e, quando eles se aproximam do fio, ionizam muitas outras moléculas de ar. Logo, um pulso de corrente elétrica é gerado e pode ser detectado por um circuito eletrônico apropriado e convertido em um 'clique' audível. Suponha que o raio do fio central seja igual a $145 \mu\text{m}$ e o raio do cilindro oco seja de $1,80 \text{ cm}$. Qual deve ser a diferença de potencial entre o fio e o cilindro para que se produza um campo elétrico igual a $2,0 \times 10^4 \text{ V/m}$ a uma distância de $1,20 \text{ cm}$ do fio? (O fio e o cilindro são ambos muito compridos em comparação a seus respectivos raios, de modo que os resultados do problema 23.61 podem ser usados.)



38. A fonte de energia do Sol é uma sequência de reações nucleares que ocorrem em seu núcleo. A primeira dessas reações envolve uma colisão entre dois prótons que se fundem, formando um núcleo mais pesado que libera energia. Para que esse processo, chamado de *fusão nuclear*, possa ocorrer, os prótons devem se aproximar até que suas superfícies fiquem, essencialmente, em contato. (a) Suponha que os dois prótons se desloquem com a mesma velocidade, e que a colisão seja frontal. Sabendo que o raio do próton é igual a $1,2 \times 10^{-15} \text{ m}$, qual deve ser a velocidade mínima para que a fusão nuclear ocorra? A distribuição de cargas no interior de um próton é esféricamente simétrica, de modo que o potencial e o campo elétrico no exterior do próton são idênticos aos produzidos por uma carga pontiforme. A massa do próton é $1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$. (b) Outra reação nuclear de fusão que ocorre no núcleo do Sol envolve a colisão entre dois núcleos de hélio, cada um deles com carga $+2e$, raio $1,7 \times 10^{-15} \text{ m}$ e massa 2,99 vezes maior do que a massa do próton. Supondo a mesma geometria da colisão indicada na parte (a), que deve ser a velocidade mínima para que a fusão nuclear ocorra, sabendo que os núcleos deve aproximar até que a distância entre seus centros seja aproximadamente igual a $3,5 \times 10^{-15} \text{ m}$? Da mesma maneira que o próton, a carga do núcleo de hélio é uniformemente distribuído ao longo do seu volume. (c) Na seção 18.3, mostramos que a energia cinética translacional média de uma par-

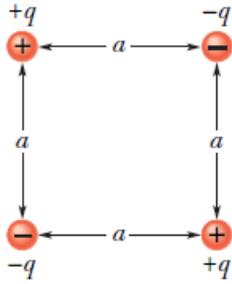
tícula de massa m em um gás com temperatura absoluta T é $\frac{3}{2}kT$, onde k é a constante de Boltzmann. Para os dois prótons com energia cinética média capaz de produzir o processo descrito no item (a), qual é a temperatura absoluta necessária? Qual é a temperatura absoluta necessária para que dois núcleos de hélio produzam o processo descrito na parte (b)? (Para essas temperaturas, os átomos ficam completamente ionizados, de modo que os elétrons e os prótons se movem separadamente.) (d) A temperatura no núcleo do Sol é da ordem de $1,5 \times 10^7 \text{ K}$. Como as reações descritas em (a) e (b) poderiam deixar de ocorrer no núcleo do Sol? (*Sugestão:* Veja a discussão sobre a distribuição das velocidades moleculares na Seção 18.5)

39. O núcleo instável de urânio 236 pode ser considerado uma esfera uniformemente carregada com carga $Q = +92e$ e raio $= 7,4 \times 10^{-15} \text{ m}$. Em uma *fissão nuclear*, ele pode se subdividir em dois núcleos menores, cada um deles com a metade da carga e a metade do volume do núcleo de urânio 236 original. Essa foi uma das reações que ocorreram durante a explosão da bomba atômica em Hiroshima, no Japão, em agosto de 1945. (a) Determine os raios dos dois núcleos 'filhos', cada um deles com carga $+46e$. (b) Como modelo simples do processo de fissão, imaginamos que, imediatamente após a fissão, os dois núcleos 'filhos' estão em repouso e quase em contato, conforme mostra a figura abaixo. Calcule a energia cinética de cada núcleo 'filhos' quando a distância entre eles é muito grande. (c) Nesse modelo, a soma da energia cinética de cada núcleo 'filhos' calculada no item (b) é a energia liberada pela fissão nuclear de um núcleo de urânio 236. Calcule a energia liberada por fissão de $10,0 \text{ kg}$ de urânio 236. A massa atômica do urânio 236 é igual a $236u$, em que $1 u = 1$ unidade de massa atômica $= 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$. Expresse sua resposta em joules e em quilotons de TNT (1 quiloton de TNT libera $4,18 \times 10^{12} \text{ J}$ durante sua explosão). (d) Com base nesse modelo, discuta por que razão uma bomba atômica poderia também ser chamada de 'bomba elétrica'.



40. Na figura, 4 partículas carregadas são mantidas fixas no lugar para formar um quadrado com $4,0 \text{ cm}$ de lado. Qual é o trabalho necessário para deslocar para o centro do quadrado uma partícula de carga

$+6e$ inicialmente em repouso a uma distância infinita?



41. Suponha que N elétrons possam ser colocados em duas configurações diferentes. Na configuração 1 todos os elétrons são distribuídos uniformemente ao longo de um anel circular estreito de raio R . Na configuração 2, $N - 1$ elétrons são distribuídos uniformemente ao longo do anel e um elétron está no centro do anel. (a) Qual é o menor valor de N

para o qual a segunda configuração possui menor energia que a primeira? (b) Para esse valor de N , considere um dos elétrons do anel, e_0 . Quantos elétrons do anel estão mais próximos de e_0 que o elétron central? R: (a) 12, (b) 2.

42. (a) Um próton de energia cinética $4,80\text{MeV}$ está rumando diretamente para o centro de um núcleo de chumbo. Supondo que o próton não penetra no núcleo de chumbo e a única interação entre o próton e o núcleo é a interação eletrostática, calcule a menor distância centro a centro d_p entre o próton e o núcleo no momento em que o próton para momentaneamente. Se o próton é substituído por uma partícula alfa (que contém dois prótons) com a mesma energia cinética inicial, a partícula alfa para momentaneamente quando a distância centro a centro é d_α . Qual é o valor de d_α/d_p ? R: (a) $2.5 \times 10^{-14}m$, (b) 2.00.