

19. Seria verdadeira a Lei de Gauss, se o expoente da Lei de Coulomb não fosse exatamente igual a 2?
20. À medida que se penetra no interior de uma esfera uniformemente carregada, o valor de E deve diminuir, pois cada vez existe menor carga numa esfera que vai do centro até o ponto de observação. Por outro lado, E deve também aumentar, pois estamos cada vez mais perto do centro dessas cargas. Qual dos dois efeitos predomina? Por quê?
21. Dada uma distribuição de cargas esfericamente simétrica, cuja densidade não é uniforme, podemos afirmar que o maior valor de E ocorrerá necessariamente na sua superfície? Comente a respeito das várias possibilidades.
22. Explique, com as suas próprias palavras, o fator 2 que distingue a Eq. 28-11 da Eq. 28-12.
23. A Eq. 28-7 permanecerá sendo válida para a Fig. 28-9a, no caso de: (a) existir uma cavidade esférica concêntrica no corpo; (b) existir uma carga puntiforme Q no centro dessa cavidade; (c) existir uma carga Q dentro da cavidade, mas não no seu centro?
24. Um átomo, normalmente, é *eletricamente neutro*. Por que, então, em qualquer circunstância, seria uma partícula α desviada pelo átomo?
25. Uma partícula α , projetada sobre um núcleo de ouro, teve sua trajetória desviada de 135° . Pode-se, então, concluir que (a) atuou uma força sobre ela ou que (b) foi sobre ela realizado um trabalho diferente de zero?
26. Explique, com suas próprias palavras, porque as experiências de espalhamento α de Rutherford e seus colegas (veja o Exemplo 4), tornam o modelo atômico de Rutherford (veja o Exemplo 3) insustentável.

SEÇÃO 28-1

1. Calcule o valor do fluxo Φ_E de um campo E uniforme, através de uma semi-esfera cujo eixo é paralelo ao campo. *Resposta: $\pi R^2 E$.*
2. Uma rede de borboletas é atravessada por um campo elétrico uniforme, como está indicado na Fig. 28-16. A borda da rede, uma circunferência de raio a , está alinhada perpendicularmente ao campo. Determine o fluxo elétrico através da rede.

SEÇÃO 28-3

3. Calcule o valor que teria o fluxo Φ_E para o cilindro do Exemplo 1, se o campo elétrico fosse perpendicular ao seu eixo, em vez de paralelo. *Resposta: Zero.*
4. Uma carga puntiforme de $1,0 \times 10^{-6}$ C está colocada no centro de uma superfície Gaussiana cúbica, de aresta igual a 0,5 m. Qual o valor de Φ_E para essa superfície? *$\epsilon_0 \Phi = q$*

SEÇÃO 28-4

- *5. Faz-se uma separação de cargas num condutor originalmente descarregado, pela aproximação de um bastão carregado positivamente, como mostra a Fig. 28-17. Que se pode dizer, partindo da Lei de Gauss, a respeito do valor do fluxo Φ_E para cada uma das cinco superfícies apresentadas? Suponha que a carga negativa induzida no condutor seja igual, em módulo, à carga positiva existente no bastão.
Resposta: $+q =$ carga no bastão. $\Phi_{S_1} = q/\epsilon_0$. $\Phi_{S_2} = -q/\epsilon_0$. $\Phi_{S_3} = q/\epsilon_0$. $\Phi_{S_4} = 0$. $\Phi_{S_5} = q/\epsilon_0$.
6. Uma esfera condutora de 1,0 mm de diâmetro encontra-se uniformemente carregada com uma densidade superficial de carga igual a $8,0$ C/m². Qual é o fluxo elétrico total saindo da superfície da esfera?
- *7. A intensidade do campo elétrico terrestre, perto da superfície, é ~ 130 N/C, apontando para baixo. Qual é a carga da Terra, supondo que esse campo seja devido a ela? *raio = $6,37 \times 10^6$ $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ Resposta: -6×10^5 C.*
- *8. Uma carga puntiforme q é colocada num dos vértices de um cubo de lado a . Qual é o fluxo através de cada uma das faces do cubo? (*Sugestão: Use a Lei de Gauss e argumentos de simetria.*)
9. A "Lei de Gauss para a gravitação" é dada por

$$\frac{1}{4\pi G} \Phi_g = \frac{1}{4\pi G} \oint \mathbf{g} \cdot d\mathbf{S} = m,$$

onde m é a massa existente no interior da superfície Gaussiana e G é a constante universal da Gravitação (Seç. 16-3). Obtenha, do resultado acima, a Lei da Gravitação de Newton.

problemas

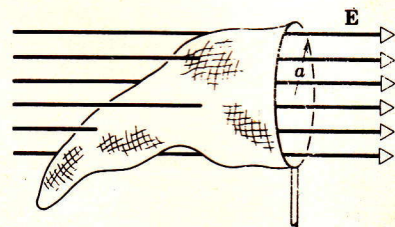


figura 28-16
Problema 2

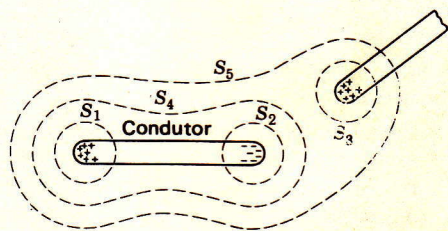


figura 28-17
Problema 5

$g = \frac{Gm}{R^2}$

- * 10. As componentes do campo elétrico, na Fig. 28-18, são $E_x = bx^{1/2}$, $E_y = E_z = 0$, onde $B = 800 \text{ N/C} \cdot \text{m}^{1/2}$. Calcule: (a) o fluxo Φ_E através do cubo da figura, e (b) a carga no seu interior. Suponha que $a = 10 \text{ cm}$.

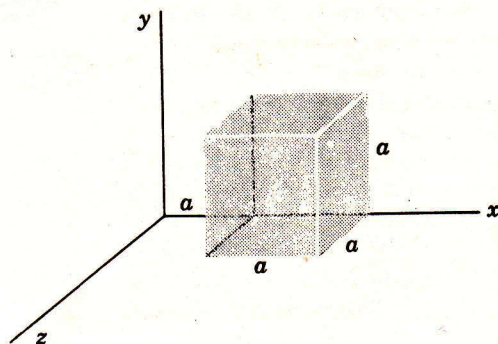


figura 28-18
Problema 10

SEÇÃO 28-6

11. A Eq. 28-12 ($E = \sigma/\epsilon_0$) nos dá o valor do campo elétrico para pontos próximos da superfície de um condutor carregado. Mostre que essa equação nos leva a um resultado bem conhecido, quando aplicada a uma esfera condutora de raio r e carga q .
Resposta: Ela leva a $E = q/4\pi\epsilon_0 r^2$.
12. Um condutor isolado possui uma carga total de $+10 \times 10^{-6} \text{ C}$. No interior do condutor existe uma cavidade oca, dentro da qual encontra-se uma carga puntiforme Q de $3,0 \times 10^{-6} \text{ C}$. Qual é a carga (a) nas paredes da cavidade? (b) na superfície externa do condutor?
- * 13. A Fig. 28-19 mostra uma carga puntiforme de $1,0 \times 10^{-7} \text{ C}$, no centro de uma cavidade esférica de $3,0 \text{ cm}$ de raio existente num pedaço de metal. Use a Lei de Gauss para obter o valor do campo elétrico no ponto a , equidistante entre a carga e a superfície, e no ponto b . *Resposta:* $4,0 \times 10^6 \text{ N/C}$. Zero.
- * 14. A Fig. 28-20 mostra uma esfera oca isolante carregada com uma densidade uniforme ρ (Coulombs/metro³). Faça um gráfico mostrando a variação de E com a distância r ao centro da esfera, para r variando desde zero até 30 cm . Considere $\rho = 1,0 \times 10^{-6} \text{ C/m}^3$, $a = 10 \text{ cm}$ e $b = 20 \text{ cm}$. *Resposta:* $E = \frac{\rho}{4\pi\epsilon_0} \frac{4\pi r^3}{3r^2} = \frac{\rho}{3\epsilon_0} r$ para $r < a$; $E = \frac{\rho}{4\pi\epsilon_0} \frac{4\pi a^3}{3r^2} = \frac{\rho a^3}{3\epsilon_0 r^2}$ para $r > a$.
- * 15. Uma casca esférica metálica, fina, descarregada, tem no seu centro uma carga puntiforme q . Usando a Lei de Gauss, dê uma expressão para o campo elétrico (a) dentro da casca e (b) no seu exterior. (c) Tem a casca metálica alguma influência no campo produzido pela carga q ? (d) A presença da carga q tem alguma influência sobre a casca metálica? (e) Haverá alguma força atuando numa outra carga puntiforme colocada do lado de fora da casca? (f) Sentirá a carga q a presença desta carga externa? (g) Existe alguma contradição com a terceira Lei de Newton?

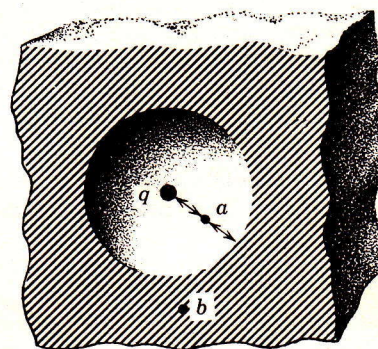
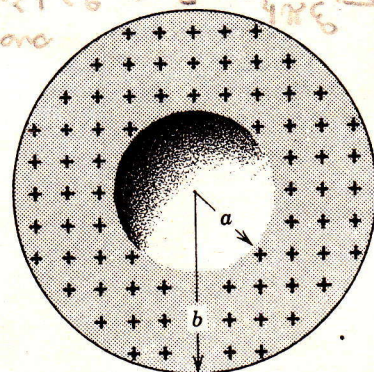


figura 28-19
Problema 13

Resposta: (a) $E = q/4\pi\epsilon_0 r^2$, radialmente para fora. (b) O mesmo que (a). (c) Não. (d) Sim, serão induzidas cargas nas superfícies. (e) Sim. (f) Não. (g) Não.

- * 16. Duas cascas metálicas, finas, esféricas e concêntricas, de raios a e b ($b > a$), estão carregadas, respectivamente, com as cargas q_a e q_b . Obtenha, a partir da Lei de Gauss, a intensidade do campo elétrico a uma distância r do centro do sistema, para (a) $r < a$, (b) $a < r < b$, e (c) $r > b$. (d) Como está distribuída a carga de cada casca esférica, entre suas superfícies interna e externa?

figura 28-20
Problema 14



- * 17. Uma esfera não condutora, de raio a , é colocada no centro de uma casca esférica condutora, de raio interno b e raio externo c , como na Fig. 28-21. Uma carga $+Q$ está distribuída uniformemente através da esfera interior (densidade ρ , C/m^3). A casca externa tem carga $-Q$. Calcule $E(r)$, (a) dentro da esfera ($r < a$), (b) entre a esfera e a casca ($a < r < b$), (c) dentro da casca ($b < r < c$), (d) fora da casca ($r > c$). (e) Quais são as cargas que surgem nas superfícies interna e externa da casca?

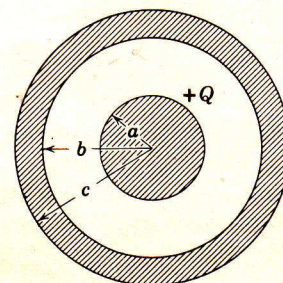


figura 28-21
Problema 17

Resposta: (a) $E = (Q/4\pi\epsilon_0 a^3)r$. (b) $E = Q/4\pi\epsilon_0 r^2$. (c) Zero. (d) Zero. (e) Interna: $-Q$; externa: zero.

18. Um condutor de formato irregular contém uma cavidade irregular no seu interior. Uma carga $+Q$ é colocada no condutor, mas não há carga alguma dentro da cavidade. Mostre que: (a) $E = 0$ dentro da cavidade, (b) não existe carga nas paredes da cavidade.

19. Duas cascas esféricas condutoras concêntricas têm raios iguais a $R_1 = 0,145 \text{ m}$ e $R_2 = 0,207 \text{ m}$. A esfera interior possui uma carga de $-6,00 \times 10^{-2} \text{ C}$. Um

elétron escapa da esfera interior com velocidade desprezível. Supondo que na região entre as esferas exista o vácuo, calcular a velocidade com a qual o elétron se choca com a esfera exterior. *Resposta:* $2,0 \times 10^7$ m/s.

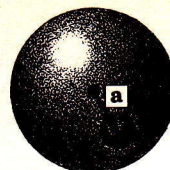


figura 28-22
Problema 21

20. A região esférica $a < r < b$ possui uma densidade de carga, por unidade de volume, dada por $\rho = A/r$, onde A é uma constante. No centro ($r = 0$) existe uma carga puntiforme Q . Qual deve ser o valor de A , para que o campo elétrico na região $a < r < b$ tenha intensidade constante? *20/4πA*

21. Uma esfera isolante maciça possui uma densidade de carga, por unidade de volume, uniforme ρ . Seja r o vetor que liga o centro da esfera até um ponto qualquer P no seu interior. (a) Mostrar que o campo elétrico em P é dado por $E = \rho r / 3\epsilon_0$. (b) Uma cavidade esférica é produzida na esfera acima, como mostra a Fig. 28-22. Usando conceitos de superposição, mostrar que o campo elétrico em todos os pontos no interior da cavidade é dado por $E = \rho a / 3\epsilon_0$ (campo uniforme), onde a é o vetor que une o centro da esfera ao centro da cavidade. Notar que ambos os resultados são independentes dos raios da esfera e da cavidade.

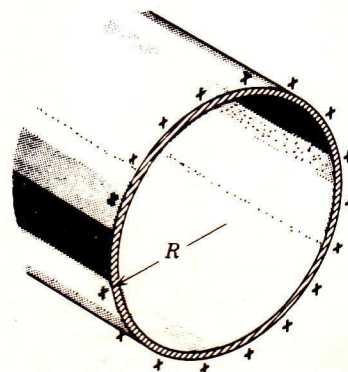


figura 28-23
Problema 22

22. A Fig. 28-23 mostra uma seção reta feita num longo cilindro metálico de paredes finas e raio igual a R . Sendo λ a carga por unidade de comprimento da sua superfície, obtenha uma expressão para o valor de E , em função da distância r ao eixo do cilindro, considerando as duas possibilidades, $r < R$ e $r > R$. Faça um gráfico do resultado para r variando desde zero até 5 cm, supondo que $\lambda = 2,0 \times 10^{-8}$ C/m e $R = 3,0$ cm.

23. Um cilindro condutor longo (comprimento l), portando uma carga total $+q$, é circundado por uma casca condutora cilíndrica concêntrica, de carga total $-2q$, como mostra a Fig. 28-24. Usando a Lei de Gauss calcule: (a) a intensidade do campo fora da casca condutora; (b) a distribuição de cargas na casca condutora; e (c) a intensidade do campo na região entre os dois condutores.

Resposta: (a) $E = q / 2\pi\epsilon_0 l r$, radialmente para fora. (b) $-q$, tanto na superfície interna como na externa. (c) $E = q / 2\pi\epsilon_0 l r$, radialmente para fora.

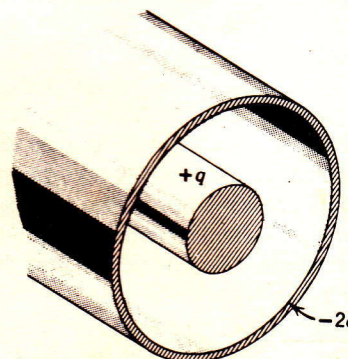


figura 28-24
Problema 23

24. Dois cilindros concêntricos carregados têm raios de 3,0 cm e 6,0 cm. A carga por unidade de comprimento no cilindro interno é de $5,0 \times 10^{-6}$ C/m e no cilindro externo é de $-7,0 \times 10^{-6}$ C/m. Determine o campo elétrico em (a) $r = 4,0$ cm, (b) $r = 8,0$ cm. *b) 2 x 10^-6 / 2π(6 x 0,0)*

25. A Fig. 28-25 mostra uma seção reta através de dois longos cilindros concêntricos, de raios respectivamente iguais a a e b . Os cilindros possuem cargas opostas, com o mesmo módulo λ para a densidade por unidade de comprimento, como mostra a figura. Usando a Lei de Gauss mostre que: (a) $E = 0$ para $r > b$ e $r < a$, e que (b) para $a < r < b$, E é dado por

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

26. Suponha que um pósitron descreve uma órbita circular de raio r entre os dois cilindros concêntricos do Probl. 25. Qual o valor K da sua energia cinética? Suponha que $a = 2,0$ cm, $b = 3,0$ cm e $\lambda = 3,0 \times 10^{-8}$ C/m. *K = qEy*

27. Um cilindro infinito de raio R é uniformemente carregado com uma densidade volumétrica ρ . (a) Mostre que o valor de E a uma distância r do eixo do cilindro é ($r < R$)

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

(b) Que resultado você espera para $r > R$? *Resposta:* (b) $\rho R^2 / 2\epsilon_0 r$.

28. Uma placa metálica de 8,0 cm de lado tem uma carga total de $6,0 \times 10^{-6}$ C. (a) Estime o campo elétrico 0,50 cm acima da superfície da placa e perto do seu centro. (b) Estime o campo a uma distância de 3,0 m. *caso pontual*

29. Duas extensas placas metálicas, paralelamente dispostas como mostra a Fig. 28-26, possuem densidades superficiais de cargas uniformes, $+\sigma$ e $-\sigma$, respectivamente, localizadas em suas superfícies internas. Qual o valor de E para pontos (a) à esquerda das placas, (b) entre elas e (c) à direita das placas? Considere apenas pontos afastados das bordas e cuja distância às placas é pequena, comparada com as dimensões das mesmas.

Resposta: (a) Zero. (b) $E = \sigma / \epsilon_0$, para a esquerda. (c) Zero.

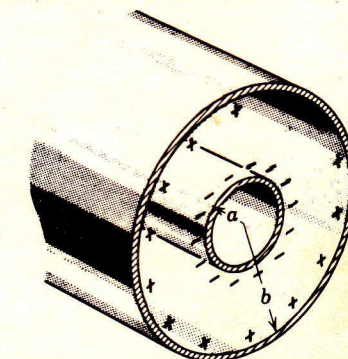


figura 28-25
Problema 25



figura 28-26
Problema 29

podemos ser super ou podemos apenas usar um cilindro como superfície gaussiana

20) 5 x 10^-6 / 2πϵ_0 r

*30. Duas placas metálicas de $1,0 \text{ m}^2$ de área estão dispostas paralelamente uma à outra, separadas pela distância de $5,0 \text{ cm}$. Elas possuem cargas de mesmo módulo e sinais opostos, uniformemente distribuídas em suas superfícies internas. Se o valor de E entre elas é de 55 N/C , qual a carga total das placas? Despreze o efeito das bordas.

*31. Duas extensas placas isolantes, uniformemente carregadas com a mesma densidade superficial σ , estão dispostas paralelamente uma à outra, como mostra a Fig. 28-27. Qual o valor de E para pontos (a) à esquerda das placas, (b) entre elas e (c) à direita das placas? Considere apenas pontos afastados das bordas e cuja distância às placas é pequena, comparada com as dimensões das mesmas. (Sugestão: O valor de E num ponto qualquer é a soma vetorial dos campos elétricos devidos a cada uma das placas separadamente.)

Resposta: (a) $E = \sigma/\epsilon_0$, para a esquerda. (b) $E = 0$. (c) $E = \sigma/\epsilon_0$, para a direita.

*32. Uma placa plana não condutora, de espessura d , tem uma densidade volumétrica de carga uniforme, ρ . Determine o módulo do campo elétrico em todos os pontos do espaço, tanto: (a) no interior como (b) no exterior da placa.

*33. Um elétron é projetado com uma energia cinética de 100 eV , diretamente sobre uma placa cuja densidade superficial de carga é igual a $-2,0 \times 10^{-6} \text{ C/m}^2$. A partir de que distância deve ser projetado o elétron para que consiga atingir a placa?
Resposta: $0,44 \text{ mm}$.

*34. Uma pequena esfera de massa m igual a $1,0 \times 10^{-3} \text{ g}$, carregada com $2,0 \times 10^{-8} \text{ C}$, está pendurada por um fio de seda que faz um ângulo de 30° com uma extensa chapa condutora carregada, como mostra a Fig. 28-28. Calcule a densidade superficial da chapa.

35. Mostre que, sob a ação apenas de forças eletrostáticas, equilíbrio estático é impossível. (Sugestão: Suponha que, num certo ponto P num campo elétrico E , uma carga $+q$ encontrar-se-ia em equilíbrio estável se fosse ali colocada — apesar de não estar. Desenhe uma superfície Gaussiana esférica em torno de P , imagine qual deve ser a direção de E em relação a essa superfície e aplique a Lei de Gauss.)

SEÇÃO 28-9

36. Uma folha de ouro, usada na experiência de Rutherford, tem a espessura de $3 \times 10^{-5} \text{ cm}$. (a) Qual a fração da sua área ocupada pelos núcleos, supondo que eles não se superponham uns sobre os outros? (b) Que fração do volume da folha é ocupada pelos núcleos? (c) O que preenche o resto do volume da folha?

37. Uma partícula α , ao aproximar-se de um núcleo de ouro, encontra-se separada da superfície deste pela distância de um raio nuclear ($6,9 \times 10^{-15} \text{ m}$). (a) Qual a força eletrostática sobre a partícula α ? (b) Qual o valor da sua aceleração nesse ponto? A massa da partícula, que aqui pode ser considerada como um ponto, é de $6,7 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

Resposta: (a) 190 N . (b) $2,9 \times 10^{28} \text{ m/s}^2$.

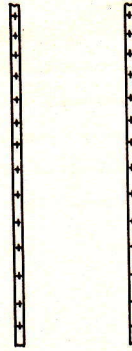


figura 28-27
Problema 31

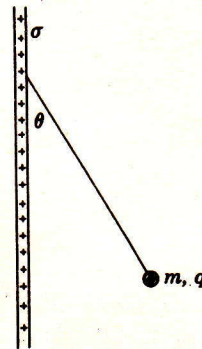


figura 28-28
Problema 34

33 - $E_r = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ porém digamos que a placa só esteja carregada do lado do de trás então $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ que é o que importa.