

Física 3. 1ª lista de exercícios. Prof Carlos Felipe

- 1) Fosse a convenção de sinal das cargas elétricas modificada, de modo que o elétron tivesse carga positiva e o próton carga negativa, a lei de Coulomb seria escrita da mesma forma ou de forma diferente?
- 2) A direção da força que, num campo elétrico, atua sobre uma carga positiva é por definição, a direção do campo elétrico no ponto onde está a carga. O vetor aceleração tem esta mesma direção? E o vetor velocidade?
- 3) Seja uma molécula apolar no campo elétrico de uma carga pontual positiva. Esta molécula será atraída ou repelida pela carga positiva? Se a carga pontual fosse negativa, a molécula será atraída ou repelida pela carga negativa?
- 4) O campo elétrico, na lei de Gauss, é apenas a parte do campo elétrico devido às cargas que estão no interior da superfície gaussiana, ou é o campo elétrico total, devido a todas as cargas, internas e externas, à superfície?
- 5) Que informação é necessária, além da carga total dentro da superfície gaussiana, para usar a lei de Gauss no cálculo de um campo elétrico?
- 6) A lei de Gauss só vale para distribuições de carga que apresentam simetria?
- 7) O campo elétrico no interior de um condutor é sempre nulo?
- 8) Um condutor só tem elétrons livres se tiver um excesso de carga negativa?
- 9) Quando uma carga pontual positiva é deslocada de uma pequena distância na direção e no sentido do campo elétrico, o potencial elétrico aumenta ou diminui? A sua resposta seria diferente se a carga pontual fosse negativa?
- 10) Quando uma carga pontual positiva é deslocada de uma pequena distância na direção e no sentido do campo elétrico, a energia potencial elétrica aumenta ou diminui? A sua resposta seria diferente se a carga pontual fosse negativa?
- 11) Em que direção você pode movimentar-se em relação a um campo elétrico, de modo que o potencial elétrico não mude?
- 12) Uma carga positiva é liberada, em repouso, num campo elétrico. Ela irá para a região de maior ou de menor potencial elétrico?
- 13) Quando o potencial elétrico é constante através de uma região do espaço, que é possível afirmar sobre o campo elétrico nesta região?
- 14) a) Conhecendo-se uma linha de força de um campo elétrico, explique como se pode determinar a direção e o sentido do vetor campo elétrico em cada ponto da linha. b) Como se pode obter informações sobre a intensidade de um campo elétrico observando um diagrama de linhas de forças?
- 15) Considere um condutor em equilíbrio eletrostático. a) O que significa dizer que o condutor está em equilíbrio eletrostático? b) Onde se situam as cargas em excesso neste condutor? c) Qual o valor do campo elétrico dentro do condutor? d) Qual a direção do campo elétrico em pontos exteriores e próximos à superfície do condutor?
- 16) Diz-se, algumas vezes, que o excesso de carga se acumula integralmente na superfície de um condutor em equilíbrio eletrostático porque as cargas de mesmo sinal se repelem, procurando por isso, se afastarem o mais possível uma das outras. Discuta a plausibilidade deste argumento.
- 17) Uma pequena esfera condutora, leve e sem carga elétrica, está pendurada por um fio isolante. Quando dela se aproxima uma carga positiva, a pequena esfera será atraída ou repelida? Justifique.
- 18) Um bastão de vidro positivamente carregado atrai um objeto suspenso. Podemos concluir que o objeto está necessariamente carregado negativamente? Justifique.

Carga elétrica e Lei de Coulomb

- 19) Duas partículas carregadas com uma mesma carga q , estão separadas de $0,0032\text{m}$ e são liberadas do repouso. A aceleração inicial da 1ª partícula é $7,0\text{m/s}^2$ e da 2ª partícula é $9,0\text{m/s}^2$. Se a massa da 1ª partícula é $6,3 \times 10^{-7}\text{kg}$, qual é a massa da 2ª partícula? Qual é a magnitude da carga de cada partícula? R: $4,9 \times 10^{-7}\text{kg}$; $\pm 7,1 \times 10^{-11}\text{C}$.

20) Duas esferas condutoras isoladas 1 e 2 têm igual quantidade de carga e são separadas de uma distância grande comparada com o seus diâmetros. A força eletrostática entre as esferas é F . Suponha agora que uma terceira esfera (esfera 3), idêntica às duas primeiras e inicialmente neutra, seja colocada primeiro em contato com a esfera 1 e depois a esfera 3 é colocada em contato com a esfera 2. A esfera 3 é removida. Determine a força eletrostática que agora age entre as esferas 1 e 2, F' , em função de F . R: $3F/8$.

21) Na figura 1, 3 partículas carregadas se encontram sobre uma linha reta e são separadas por uma distância d . As cargas q_1 e q_2 são mantidas fixas e a carga q_3 é livre para se mover. Determine o valor de q_1 em termos de q_2 , para que a carga q_3 fique em repouso. R: $q_1 = -4q_2$.

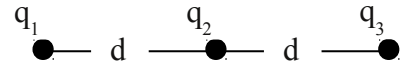


Fig. 1

22) Três cargas são colocadas nos vértices de um triângulo equilátero, de lado $d=1,5\text{m}$. As cargas q_1 e q_2 estão na base do triângulo e q_1 está à esquerda de q_2 . Dados: $q_1=5\mu\text{C}$, $q_2=-10\mu\text{C}$ e $q_3=+10\mu\text{C}$. Determine a força eletrostática sobre q_3 . R: $(0,3\hat{i} - 0,17\hat{j})\text{N}$.

23) Duas esferas condutoras idênticas, fixadas no espaço, atraem-se com uma força eletrostática de $0,108\text{N}$ quando separadas de $50,0\text{cm}$. As esferas são conectadas por um fio condutor fino. Quando o fio é removido, as esferas repelem-se com uma força eletrostática de $0,036\text{N}$. Quais eram as cargas iniciais das esferas? R: $3\mu\text{C}$ e $-1\mu\text{C}$; $-1\mu\text{C}$ e $3\mu\text{C}$; $-3\mu\text{C}$ e $1\mu\text{C}$; $1\mu\text{C}$ e $-3\mu\text{C}$.

24) São dadas as cargas e posições de partículas no plano xy é: $q_1=3\mu\text{C}$, $x_1=2,5\text{cm}$, $y_1=0,50\text{cm}$; $q_2=-4\mu\text{C}$, $x_2=-1,5\text{cm}$, $y_2=3,50\text{cm}$. a) Determine a força eletrostática (vetor) sobre q_2 . b) Onde deveria se localizar uma terceira carga $q_3=4\mu\text{C}$ para que a força resultante sobre q_2 seja nula? R: a) $(34,6\hat{i} - 25,9\hat{j})\text{N}$; b) $x=-6,12\text{cm}$ e $y=6,96\text{cm}$.

25) A figura 2 mostra duas esferas idênticas de massa m e mesma carga q , suspensas através de fios isolantes. Supondo que θ seja pequeno, mostre que no equilíbrio:

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

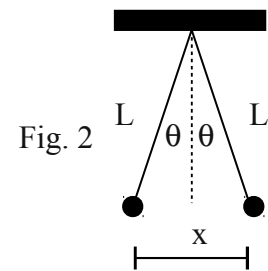


Fig. 2

26) Uma moeda de Cu de 10 centavos, de massa $3,11\text{g}$, contém igual quantidade de cargas positivas e negativas. Qual a magnitude da carga positiva ou (negativa) na moeda? Dados: massa molecular do Cu = $63,5\text{g/mol}$; número de Avogadro = $6,023 \times 10^{23}$ átomos/mol; número de prótons = 29. R: 137000C .

Campo elétrico

27) Desenha-se uma reta passando por duas cargas fixas puntiformes $+Q$ e $-Q$. Qual o sentido do vetor campo elétrico sobre essa reta para pontos à esquerda da carga $+Q$ e a direita da carga $-Q$?

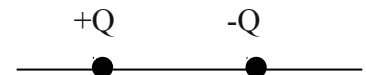


Fig. 3

28) Um dipolo elétrico tem seu momento de dipolo elétrico alinhado com um campo elétrico externo uniforme. O equilíbrio do dipolo é estável ou instável? Justifique.

29) A figura 4 mostra um fio plástico, na forma de um arco circular de raio r e ângulo central de 120° , com uma carga $-Q$ uniformemente distribuída. Determine o campo elétrico no ponto P, em

função de Q e r . R: $\vec{E} = \frac{0,83Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{i}$

30) Na figura 5, duas cargas $q_1 = -5q$ e $q_2 = +2q$ são separadas por uma distância d . Determine o ponto ou pontos para os quais o campo elétrico devido às duas cargas é zero. R: $2,72d$

31) Calcule o vetor campo elétrico no ponto P da figura 6. R:

$$\vec{E} = \frac{q}{\pi\epsilon_0 a^2} \frac{1}{\sqrt{2}} (\hat{i} + \hat{j})$$

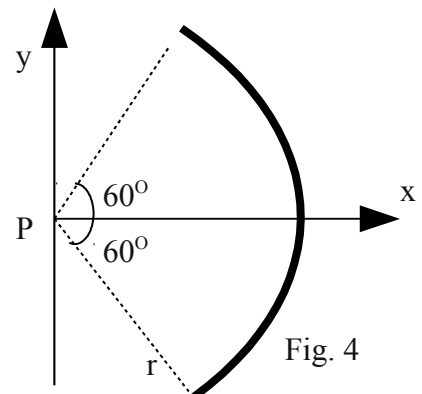


Fig. 4

- 32) Calcule o momento de dipolo elétrico de um elétron e um próton distantes de 4,30nm.
R: $6,88 \times 10^{-28} \text{Cm}$.

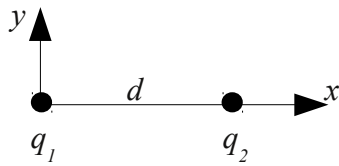


Fig. 5

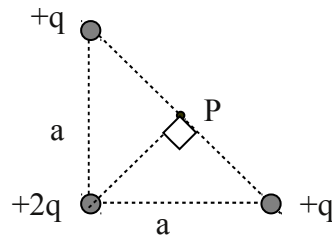


Fig. 6

- 33) Na figura 7, uma fina haste não condutora de comprimento L tem carga $-q$ uniformemente distribuída ao longo de seu comprimento. a) Determine a densidade linear de carga. b) Qual é o campo elétrico no ponto P, que dista de a da extremidade direita da haste? c) Supondo que $a \gg L$, mostre que o campo em P se reduz ao campo elétrico de uma carga puntiforme $-q$.

R: a) $-q/L$; b) $\vec{E} = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0 L} \hat{i} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{L+a} \right)$.

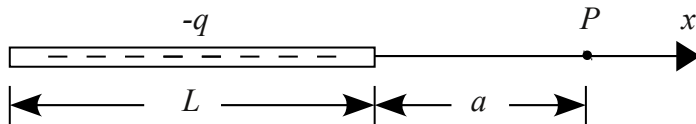


Fig. 7

- 34) Um elétron com uma velocidade de $5,00 \times 10^6 \text{m/s}$ entra em um campo elétrico uniforme de magnitude 1000N/C , se movendo ao longo do campo no sentido de retardo de seu movimento. a) Qual é a distância que o elétron se move antes de parar momentaneamente? b) Qual é o intervalo de tempo gasto neste percurso? c) Se a região onde existe o campo elétrico tem largura de $8,00 \text{mm}$, que fração da energia cinética inicial do elétron será perdida nesta região? R: a) $71,2 \text{mm}$; b) $2,84 \times 10^{-8} \text{s}$; c) $11,26\%$.
- 35) Em um dado instante a velocidade de um elétron se movendo entre duas placas carregadas e planas vale $\vec{v} = (150 \hat{i} + 3,0 \hat{j}) \times 10^3 \text{ m/s}$. Suponha que o campo elétrico entre as placas é dado por: $\vec{E} = (120 \text{ N/C}) \hat{j}$. a) Qual é a aceleração do elétron? b) Qual é a velocidade do elétron após sua coordenada x ter variado de $2,0 \text{cm}$? Despreze a força gravitacional. Massa do elétron = $9,1 \times 10^{-31} \text{kg}$. R: a) $\vec{a} = -2,1 \times 10^{13} \hat{j} \text{ (m/s}^2\text{)}$; b) $\vec{v} = (150 \times 10^3 \hat{i} - 2,81 \times 10^6 \hat{j}) \text{ m/s}^2$.

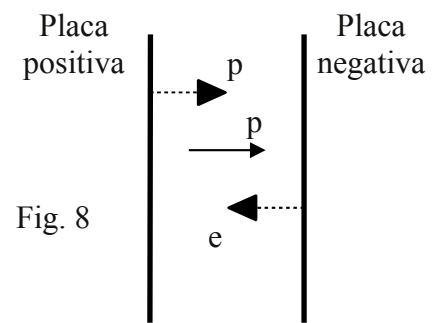


Fig. 8

- 36) A distância entre duas grandes placas de Cu é de $5,0 \text{cm}$ e entre elas existe um campo elétrico uniforme, como mostrado na figura 8. Um elétron é liberado da placa negativa e ao mesmo tempo um próton é liberado de placa positiva. Despreze a força que uma partícula exerce sobre a outra e a força gravitacional. A que distância da placa positiva se encontra o próton quando ele passa pelo elétron? Massa do próton = $1,67 \times 10^{-27} \text{kg}$. R: $2,7 \times 10^{-5} \text{m}$.

Lei de Gauss

- 37) Se o fluxo através de uma superfície gaussiana fechada for nulo, pode-se concluir daí que o campo elétrico é nulo em todos os pontos da superfície? E a carga líquida no interior da superfície é nula? Justifique.
- 38) Um cubo com $1,40 \text{m}$ de aresta está orientado, como mostra a figura 9, na região onde existe um campo

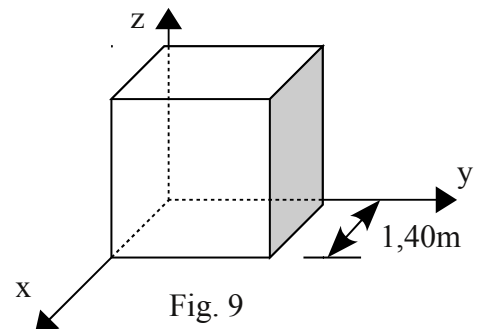


Fig. 9

elétrico uniforme. Encontre o fluxo do vetor campo elétrico através da face direita do cubo se o campo elétrico é dado por: a) $\vec{E}=(6\text{N/C})\hat{i}$; b) $\vec{E}=(-2\text{N/C})\hat{j}$; c) $\vec{E}=(-3\hat{i}+4\hat{k})\text{N/C}$.
R: a) 0; b) $-3,92\text{Nm}^2/\text{C}$; c) 0.

- 39) Na figura 10, a carga em um condutor neutro é separada por indução por um bastão carregado positivamente. Qual é o fluxo através das superfícies gaussianas mostradas na seção transversal? Suponha que as cargas encerradas por S_1 , S_2 e S_3 têm a mesma magnitude q .

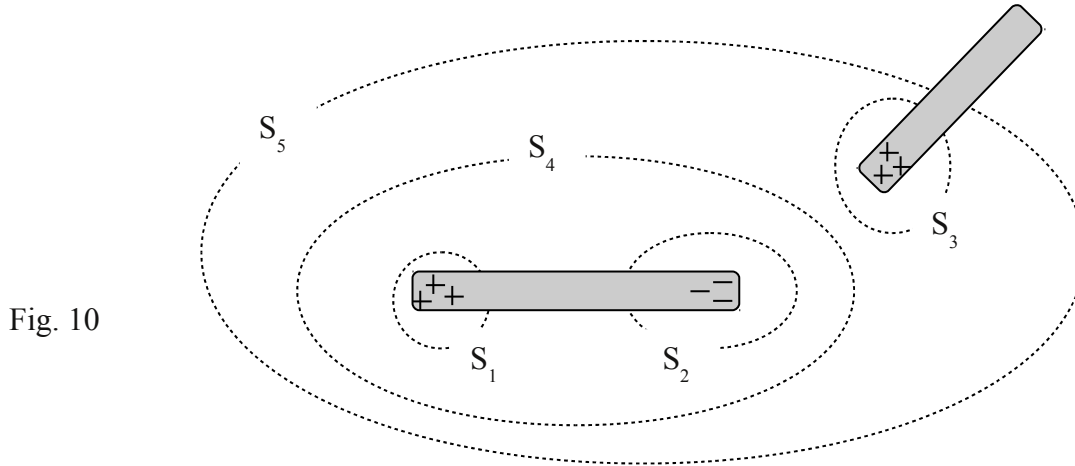


Fig. 10

- 40) Uma carga puntiforme $+q$ está a uma distância $d/2$ diretamente acima do centro de um quadrado de lado d . Qual é o fluxo elétrico através do quadrado? Sugestão: considere o quadrado como uma face de um cubo centrado na posição da carga. R: $q/6\epsilon_0$.
41) Uma esfera condutora carregada uniformemente, de raio $1,2\text{m}$, tem uma densidade superficial de carga de $8,1\mu\text{C}/\text{m}^2$. a) Encontre o carga líquida da esfera. b) Qual é o fluxo elétrico total através da superfície da esfera?
R: a) $1,46 \times 10^{-4}\text{C}$; b) 0.

- 42) A figura 11 mostra a seção transversal de duas longas cascas cilíndricas coaxiais de raios a e b , sendo $a < b$. Os cilindros têm densidade de cargas iguais e de sinais opostos (magnitude da densidade de carga σ). Determine o campo elétrico para pontos situados em : a) $r < a$; b) $a < r < b$ e c) $r > b$. R: a) 0; b)

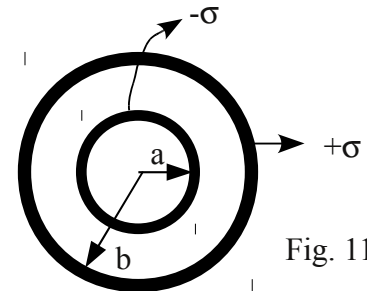


Fig. 11

$$E = \frac{\sigma a}{\epsilon_0 r}$$

- 43) Uma carga está distribuída uniformemente no volume de cilindro muito longo e de raio R .
a) Mostre que à distância r do eixo do cilindro e para $r \leq R$: $E = \frac{\rho r}{2\epsilon_0}$, onde ρ é a densidade volumétrica de carga. b) Escreva a expressão para E quando $r > R$. R: $E = \frac{\rho R^2}{2\epsilon_0 r}$.

- 44) A figura 12 mostra a seção transversal de duas placas paralelas e grandes, não condutoras, com idêntica distribuição de cargas negativas (densidade superficial de carga σ). Determine o campo elétrico para pontos acima das placas, abaixo das placas e entre as placas.

45) Na figura 13, uma pequena esfera de massa 1mg e carga $q=2 \times 10^{-8}\text{C}$ está suspensa por um fio

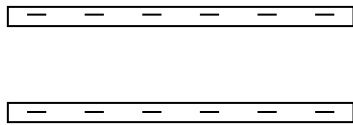


Fig. 12

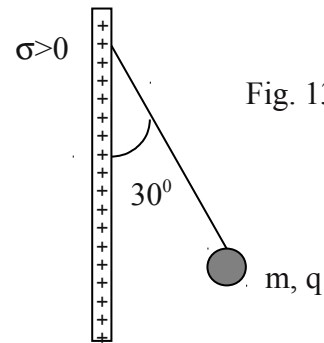


Fig. 13

isolante que faz um ângulo de 30° com uma chapa vertical, não condutora e uniformemente carregada (densidade de carga $\sigma > 0$). Considerando o peso da esfera e que a placa é infinita, calcule σ . R: 5nC/m^2 .

46) Uma carga puntiforme $+q$ é colocada no centro de uma casca esférica, condutora e eletricamente neutra, de raio interno a e raio externo b . a) Quais são as cargas que aparecem nas superfícies interna e externa da casca esférica? Encontre expressões para o campo elétrico a uma distância r do centro da casca esférica, para b) $r < a$, c) $b > r > a$ e d) $r > b$. R: a) $-q$ e q ; b) $q/(4\pi\epsilon_0 r^2)$; c) 0 ; d) $q/(4\pi\epsilon_0 r^2)$.

47) Um sólido esférico não condutor de raio R tem uma distribuição não uniforme de cargas de densidade volumétrica $\rho = \rho_0 \cdot r/R$, onde ρ_0 é uma constante e r é a distância ao centro da esfera.

a) Mostre que a carga total na esfera vale: $q = \pi\rho_0 R^3$. b) Mostre que o campo dentro da esfera vale: $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^4} r^2$.

48) Na figura 14, uma esfera não condutora de raio a e carga $+q$ uniformemente distribuída em seu volume, é concêntrica com uma casca esférica condutora de raio interno b e raio externo c . Esta casca tem uma carga líquida $-q$. a) Quais são as cargas nas superfícies interna e externa da casca esférica? b) Determine o campo elétrico como uma função de r considerando: b1) $r < a$; b2) $a < r < b$; b3) $b < r < c$ e b4) $r > c$. R: a) $q_b = -q$; $q_c = 0$; b1)

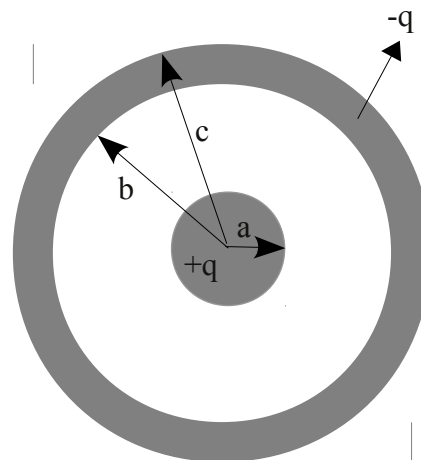


Fig. 14

$E = \frac{qr}{4\pi\epsilon_0 a^3}$; b2) $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$; b3) 0 ;

b4) 0

Potencial Elétrico

49) Os elétrons tendem a se mover para regiões de menor ou maior potencial? Justifique.

50) Sejam duas esferas condutoras A e B , de raios R_A e R_B , respectivamente. A esfera A com carga q e a esfera B descarregada estão separadas por uma grande distância. Supondo $R_B = 4R_A$ e ligando as esferas por um fio condutor muito fino e longo, determine as cargas finais q_A e q_B nas esferas A e B , respectivamente, em função de q . R: $q_B = 4q$; $q_A = 0,8q$.

51) Uma pequena esfera condutora, de raio R_1 e carga q , está dentro de uma grande casca esférica de raio R_2 e carga Q . a) Calcule a diferença de potencial entre a esfera e a casca, $V_{R_1} - V_{R_2}$. b) Supondo $q > 0$ e ligando a esfera à casca por um fio longo e condutor, explique como ficará a

distribuição de cargas na esfera e na casca esférica. R: a) $\frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$; b) q fluirá da esfera para a casca.

- 52) Em um dado flash de relâmpago a diferença de potencial entre a nuvem e o solo é de $1,0 \times 10^9 \text{V}$ e a quantidade de carga transferida é 30C . a) Qual é a variação de energia da carga transferida? b) Se toda essa energia fosse usada para acelerar um carro de 1000kg do repouso, qual seria a velocidade final do carro? R: a) $30 \times 10^9 \text{J}$; b) $7,75 \times 10^3 \text{m/s}$.

- 53) Quando um elétron se move de A para B ao longo de uma linha de campo elétrico (fig.15), o campo realiza sobre o elétron um trabalho de $3,94 \times 10^{-19} \text{J}$. Quais são as diferenças de potencial: a) $V_B - V_A$; b) $V_C - V_A$ e c) $V_C - V_B$? R: a) $2,46 \text{V}$; b) $2,46 \text{V}$; c) 0 .

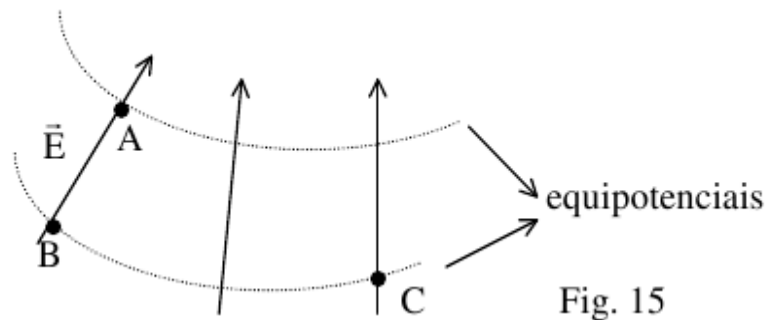


Fig. 15

- 54) O campo elétrico dentro de uma esfera não condutora de raio R , com carga distribuída uniformemente dentro do seu volume, é radialmente dirigida e tem módulo

$$E(r) = \frac{qr}{4\pi\epsilon_0 R^3}$$

- a) Supondo $V(r=0)=0$, encontre $V(r)$ dentro da esfera. b) Qual a diferença de potencial entre a superfície e o centro da esfera? Se $q > 0$, qual dos dois pontos está em um potencial maior? R: $V(r) = -\frac{qr^2}{8\pi\epsilon_0 R^3}$.

- 55) Na figura 16, suponha que $V=0$ no infinito e que as partículas tenham cargas: $q_1 = +q$ e $q_2 = -q$. Determine o lugar geométrico dos pontos cujo potencial devido às duas partículas é nulo. R: plano $x=d/2$.

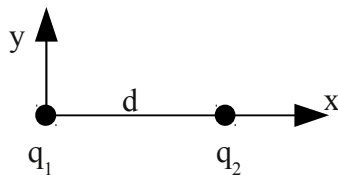


Fig. 16

- 56) Na figura 17, o ponto P está no centro do retângulo. Supondo $V=0$ no infinito, determine o potencial no ponto P devido às seis partículas carregadas. R: $8,9q/(4\pi\epsilon_0 d)$.

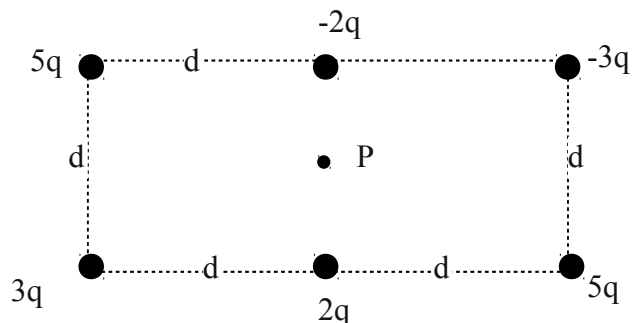


Fig. 17

- 57) A figura 18 mostra uma haste de plástico de comprimento L e carga q uniformemente distribuída, sobre o eixo x . Calcule o vetor campo elétrico entre 0 e P , sabendo-se que $a < L$; b) Supondo $V=0$ no infinito, determine o potencial elétrico no ponto P ; c) Refaça o problema supondo uma distribuição de carga não uniforme e de densidade linear de carga $\lambda=Cx$, onde C é uma constante positiva.

R:a) $\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 L} \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{L+x} \right) \hat{i}$

b) $V(r) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 L} \ln\left(1 + \frac{L}{a}\right)$; c)

$$V(r) = \frac{C}{4\pi\epsilon_0} \left[L - a \ln\left(\frac{L+a}{a}\right) \right]$$

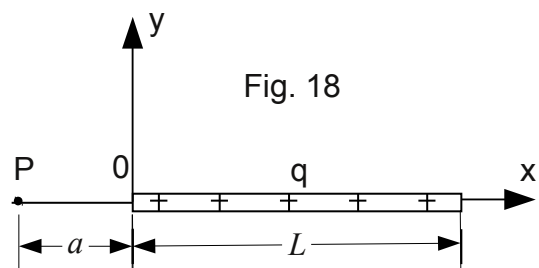


Fig. 18

- 58) A figura 19 mostra a variação do potencial elétrico ao longo do eixo x . Faça o gráfico do campo elétrico em função de x .

- 59) Uma esfera metálica oca tem um potencial de $+400V$ com relação à terra ($V=0$) e tem uma carga de $5,0 \times 10^{-9}C$. Encontre o potencial elétrico no centro da esfera. R: $400V$.
- 60) Consideremos dois planos infinitos, paralelos, de carga, um coincidente com o plano yz e o outro a uma distância $x=a$. Calcular o potencial em qualquer ponto do espaço, com $V=0$ em $x=0$ e com os planos com densidades de cargas positivas iguais a $+\sigma$. R) $V=\sigma x/\epsilon_0$ para $x<0$; $V=0$ para $0 \leq x \leq a$; $V=-\sigma(x-a)/\epsilon_0$ para $x>a$
- 61) Efetuar o mesmo cálculo do problema 60 considerando as densidades de carga forem iguais, porém opostas, com a carga positiva no plano yz . R) $V=0$ para $x<0$; $V=-\sigma x/\epsilon_0$ para $0 \leq x \leq a$; $V=-\sigma a/\epsilon_0$ para $x>a$

Fig. 19

