

## LISTA DO CAPÍTULO 24

**Exercícios da lista para serem entregues: 3, 7, 9, 12, 15, 17.**

1) Qual é a diferença de potencial entre as posições  $\vec{r}_A = (\hat{i} - 2\hat{j})m$  e  $\vec{r}_B = (2\hat{i} + \hat{j} + 3\hat{k})m$  em um campo elétrico

- a) uniforme, com  $\vec{E} = (2\hat{i} - 3\hat{j})N/C$ ?
- b) não uniforme, com  $\vec{E} = (2x\hat{i} - 3y^2\hat{j})N/C$ ?

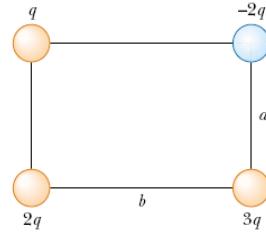
2) Uma carga puntiforme  $q_1 = -4 \mu C$  está situada em  $(3, 0)$  cm e uma carga  $q_2 = 3,2 \mu C$  está situada em  $(0, 5)$  cm. Ache:

- a) o potencial criado por  $q_2$  no ponto onde está  $q_1$ ;
- b) o potencial criado por  $q_1$  no ponto onde está  $q_2$ ;
- c) a energia potencial do par de cargas. Qual é o significado do sinal algébrico da sua resposta?

3) Sejam duas cargas puntiformes positivas iguais a  $Q$  localizadas em  $(0, a)$  e  $(0, -a)$ .

- a) determine o potencial  $V(x)$  num ponto  $(x, 0)$ ;
- b) usar  $V(x)$  para achar o campo elétrico no eixo  $x$ ;
- c) determine o potencial  $V(y)$  num ponto  $(0, y)$  para  $y > a$ ;
- d) usar  $V(y)$  para achar o campo elétrico no eixo  $y$ .

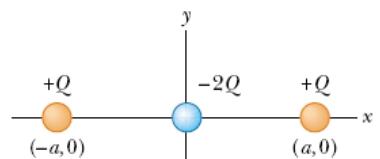
4) a) calcule a energia necessária para reunir o sistema de cargas mostrado na figura ao lado, onde  $a = 0,2$  m,  $b = 0,4$  m e  $q = 6,0 \mu C$ ;  
b) qual é o valor do potencial no centro do retângulo?



5) O sistema de cargas mostrado na figura ao lado é conhecido como um quadrupolo elétrico linear.

- a) mostre que o potencial em um ponto do eixo  $x$  para  $x > a$  é

$$V = \frac{Qa^2}{2\pi\epsilon_0(x^3 - xa^2)}$$



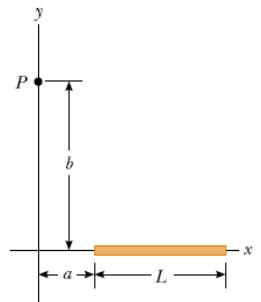
- b) mostre que para  $x \gg a$  a expressão obtida em a) se reduz a  $V = \frac{Qa^2}{2\pi\epsilon_0 x^3}$
- c) use o resultado do item a) para achar o campo elétrico em qualquer ponto  $x > a$  do eixo do quadrupolo.

6) O modelo de Bohr do átomo de hidrogênio afirma que o elétron pode existir somente em certas órbitas em torno do próton. O raio de cada órbita de Bohr é  $r = n^2 \cdot 0,0529$  nm, onde  $n = 1, 2, 3, \dots$ . Calcule a energia potencial elétrica de um átomo de hidrogênio quando o elétron:

**LISTA DO CAPÍTULO 24**

- a) está na primeira órbita permitida;
- b) está na segunda órbita permitida;
- c) escapou do átomo ( $r = \infty$ ). Expresse suas respostas em elétron-volts (eV).

7) A figura ao lado mostra uma barra fina de plástico de comprimento  $L$ , sobre o eixo  $x$ , carregada com densidade uniforme de carga  $\lambda$ . Com  $V=0$  no infinito:



- a) calcule o potencial elétrico no ponto P sobre o eixo y;
- b) determine a componente  $E_y$  do campo elétrico em P;
- c) por que a componente  $E_x$  do campo elétrico neste ponto não pode ser calculada usando o resultado do item a)?
- d) calcule o potencial na origem do sistema de coordenadas;
- e) faça de novo o item d), mas tomando  $\lambda = C(x-a)$ , com  $C$  constante.

8) Temos uma diferença de potencial  $V$  entre duas placas infinitas carregadas e paralelas, separadas de uma distância  $d$ . Um elétron inicialmente no repouso sai da placa com o potencial menor e atravessa completamente o espaço separando as duas placas.

- a) qual é o módulo do campo elétrico entre as placas?
- b) qual trabalho vai fazer a força elétrica sobre o elétron?
- c) qual é a variação de potencial a qual o elétron está submetido?
- d) qual é a variação de energia potencial do elétron?

9) Dois grandes planos, paralelos e não-condutores, têm densidades de cargas iguais e opostas, com densidade  $\sigma$ . Os planos têm área  $A$  e são separados por uma distância  $d$ .

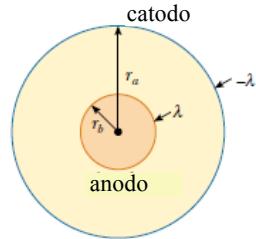
- a) determine a diferença de potencial entre os planos;
- b) uma lâmina condutora de espessura  $a$  ( $a < d$ ) e mesma área  $A$ , é inserida paralelamente entre os dois planos originais. A lâmina está descarregada. Determine a nova diferença de potencial entre os planos e faça um esquema indicando as linhas de campo elétrico na região entre eles.

10) Um contador Geiger-Muller é um detector de radiação que consiste basicamente de um cilindro oco (o catodo) de raio  $r_a$  e um fio cilíndrico coaxial (o anodo) de raio  $r_b$ . A carga por unidade de comprimento no anodo é  $\lambda$ , enquanto que a carga por unidade de comprimento no catodo é  $-\lambda$ .

- a) mostre que o módulo da diferença de potencial entre o fio e o cilindro é

$$\Delta V = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{r_a}{r_b}\right)$$

- b) mostre que o módulo do campo elétrico nesta região é dado por



**LISTA DO CAPÍTULO 24**

$$E = \frac{\Delta V}{\ln(r_a/r_b)} \left( \frac{1}{r} \right)$$

onde  $r$  é a distância do centro do anodo ao ponto onde o campo deve ser calculado.

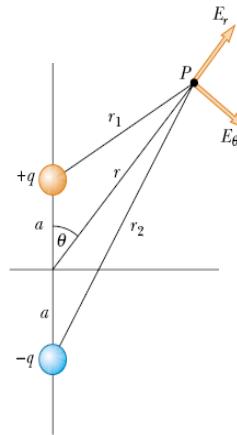
- 11) Um dipolo elétrico está ao longo do eixo  $z$ . No ponto  $P$ , longe do dipolo ( $r \gg a$ ), o potencial elétrico é dado por:

$$V(r) = \frac{p \cos \theta}{4\pi \epsilon_0 r^2}$$

- a) calcule a componente radial  $E_r$  e a componente perpendicular  $E_\theta$  do campo elétrico associado. Note que

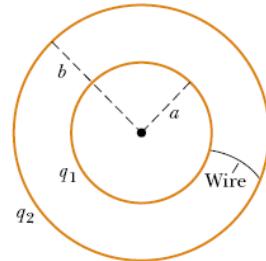
$$E_\theta = -\frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} \text{ e } E_r = -\frac{\partial V}{\partial r}$$

- b) expresse  $V$  em termos de coordenadas cartesianas e calcule as componentes  $E_x$  e  $E_z$  do campo elétrico para  $r \gg a$ .



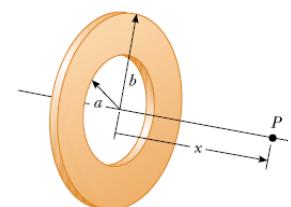
- 12) Duas cascas esféricas condutoras de raios  $a = 0,4$  m e  $b = 0,5$  m são conectadas por um fio condutor fino, como mostra a figura ao lado. Se uma carga total  $Q = 10 \mu\text{C}$  é colocada no sistema:

- a) que carga ficará em cada esfera?  
b) qual é o valor do potencial nos pontos da esfera de raio  $a$ ?



- 13) O potencial de uma esfera metálica de raio 1 cm é igual a  $10^4$  V em comparação com o infinito.

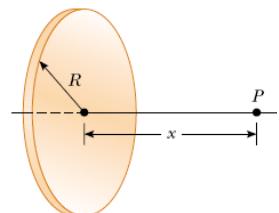
- a) qual é a densidade superficial de carga?  
b) quantos elétrons foram retirados da esfera?  
c) qual é o módulo do campo elétrico na superfície da esfera?



- 14) Calcule o potencial elétrico  $V(x)$  no ponto P do eixo de um anel de raio externo  $b$  e raio interno  $a$ , como na figura. O anel tem uma densidade superficial de carga  $\sigma$  uniforme.

- 15) Um disco de raio  $R$  tem uma densidade superficial de carga não uniforme  $\sigma = \sigma_0 r^2 / R^2$ , onde  $\sigma_0$  constante e  $r$  é medido a partir do centro do disco.

- a) determine a carga total no disco;  
b) por integração direta, ache o potencial  $V(x)$  no eixo do disco a uma distância  $x$  de seu centro.



- 16) Uma carga  $q$  está uniformemente distribuída em um volume esférico de raio  $R$ . Fazendo  $V = 0$  no infinito:

### LISTA DO CAPÍTULO 24

- a) calcule o potencial  $V(r)$  a uma distância  $r$  do centro, para  $r < R$  e para  $r > R$ ;
- b) calcule a diferença de potencial entre um ponto da superfície e o centro da esfera.
- 17) Uma esfera não condutora de raio  $R$  tem uma carga  $q$  uniformemente distribuída por seu volume. Tome o potencial elétrico no centro da esfera como sendo  $V = 0$ . Determine o potencial  $V(r)$ :
- para  $r = R/2$ ;
  - para  $r = R$ .
  - porque os valores de  $V(r)$  calculados no item a) diferem dos calculados no exercício anterior?
- 18) **Desafio**  
 Uma gota líquida de raio  $R$ , uniformemente carregada com carga  $Q$ , divide-se em duas, de raios e cargas iguais, que se separam e se afastam até ficar a grande distância uma da outra.
- qual é a variação da energia potencial eletrostática nesse processo?
  - se adotássemos esse modelo para a fissão do  $^{235}\text{U}$ , qual seria a energia liberada na fissão, em MeV? Calcule o raio do núcleo pela fórmula:  $R \approx 1,3 \times A^{1/3} F$ , onde  $1F$  (fermi) =  $10^{-13}$  cm e  $A$  é o número de massa.

