

## Electrostática de condutores e dieléctricos. Condensadores

**26.** Considere um sistema constituído por um plano condutor, infinitamente extenso, e uma carga pontual  $+q$  colocada num ponto  $O$  à distância  $h$  acima do referido plano. O plano condutor encontra-se ligado à terra

a) Calcule o campo eléctrico e faça um desenho das linhas de campo.

Sugestão. Note que a superfície plana do condutor é uma superfície equipotencial. Lembre-se de um outro problema da electrostática, que já conhece, onde também há uma superfície equipotencial plana. Utilize o teorema de unicidade da solução da equação de Poisson.

b) Calcule a carga total induzida na superfície do condutor.

**27.** Duas esferas condutoras concêntricas, uma maciça (de raio  $a$ ) e outra oca (de raio interior  $b$  e de raio exterior  $c$ ,  $c > b > a$ ), estão carregadas, com carga  $q$  cada uma. Determine o campo e o potencial eléctricos em função da distância até ao centro das esferas. Trace gráficos qualitativos de  $E(r)$  e  $\phi(r)$ .

**28.** Uma esfera condutora é carregada com carga  $Q$ . Mostre que a força que atua sobre um elemento da superfície da esfera,  $dS$ , é normal à superfície e igual a  $d\vec{F} = 2\pi k \sigma^2 d\vec{S}$ , onde  $\sigma = Q/(4\pi R^2)$  é a densidade superficial de carga.

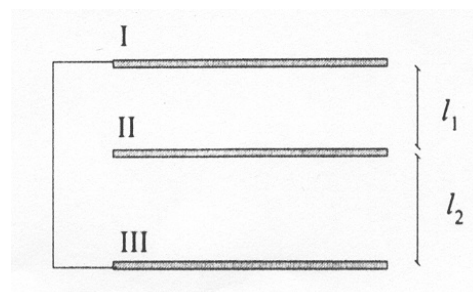
**29.** Considere um corpo condutor de forma arbitrária, carregado com uma carga eléctrica. Mostre que, em equilíbrio, a densidade superficial de carga é maior nas partes mais pontiagudas do corpo.

**30.** Uma esfera condutora de raio  $R$  encontra-se num campo eléctrico uniforme, de intensidade  $E_0$ , dirigido ao longo do eixo  $Z$ .

a) Determine a densidade superficial de carga.

b) Calcule o momento dipolar induzido na esfera.

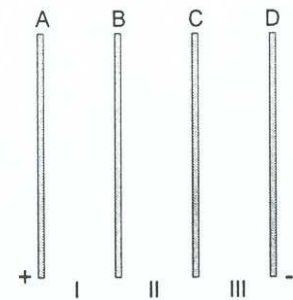
**31.** Três placas metálicas, paralelas, estão dispostas como mostra a figura. As placas têm dimensões suficientemente grandes para que se possa considerar uniforme o campo eléctrico entre elas. As placas I e III estão ligadas por um fio condutor. A placa do meio (II) está carregada com uma densidade superficial de carga  $\sigma = 30 \text{ C/m}^2$ . As distâncias entre as placas são  $l_1 = 5 \text{ cm}$  e  $l_2 = 10 \text{ cm}$ . Como é que fica distribuída a carga nas duas superfícies da placa II?



**32.** A capacidade de um condensador plano é normalmente calculada desprezando os efeitos das bordas, isto é, supondo o campo interno uniforme e o campo externo nulo. Quando se consideram os efeitos das bordas, o valor exacto da capacidade é superior ou inferior a este valor aproximado?

**33.** Considere uma esfera condutora, oca, de raio interior  $R$  e de raio exterior  $(R+\Delta R)$ . Uma carga pontual  $q$  é trazida do infinito e colocada, através dum buraco muito fino, no centro da esfera. Calcule o trabalho necessário para esta transferência. Sugestão. Considere a energia do campo eléctrico nas situações inicial e final.

**34.** Considere quatro placas condutoras, paralelas, separadas entre si pela mesma distância  $d$ , como se mostra na figura. As placas  $A$  e  $D$  são inicialmente carregadas de modo que se estabelece entre si uma d.d.p.  $V$ , sendo depois desligadas da fonte de tensão.



- Qual é a diferença de potencial entre as placas  $B$  e  $A$ ,  $C$  e  $B$ ,  $D$  e  $E$ ?
- Qual é a intensidade do campo eléctrico nas regiões I, II e III?
- Considere agora que se ligam as placas  $B$  e  $C$  por um fio condutor. Responda às perguntas das alíneas a) e b) nesta situação.

**35.** Obtenha a expressão para a capacidade (por unidade de comprimento) de um condensador constituído por dois cilindros coaxiais, ocos, de espessura desprezável e de raios  $R_1$  e  $R_2$  ( $R_2 > R_1$ ), respectivamente.

Calcule a capacidade de um cabo coaxial com comprimento de 20cm, sendo os diâmetros dos condutores interno e externo que o constituem iguais a 1mm e 6mm, respectivamente.

**36.** Uma carga pontual  $Q$  encontra-se no centro de uma esfera de raio  $R$  constituída por um dieléctrico homogéneo com constante dieléctrica  $\epsilon=5$ . Determine a carga de polarização na superfície da esfera. Qual é o sinal dessa carga?

**37.** Uma camada dieléctrica de espessura  $d$  e constante dieléctrica  $\epsilon$  está uniformemente carregada com uma densidade volúmica de carga  $\rho$ . Calcule:

- o campo eléctrico no interior e fora da camada;
- o vector de polarização;
- a distribuição de cargas de polarização.

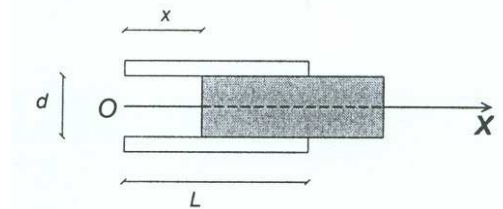
**38.** Considere um condensador de placas paralelas, carregado e isolado, no vazio. Entre as placas, separadas por  $d_1 = 1 \text{ mm}$ , existe inicialmente uma diferença de potencial  $V_0$ . Depois, as placas são separadas de  $d_2 = 4 \text{ mm}$  (mantendo a carga do condensador) e insere-se entre elas um material dielétrico. Sabendo que nesta nova situação a diferença de potencial entre as placas do condensador passa a ser  $V_0/2$ , calcule a constante dielétrica do material dielétrico.

**39.** Um condensador é constituído por duas placas paralelas (de área  $S$ ) separadas por uma distância  $d$ . Entre uma das placas e a meia distância entre elas existe uma camada de um dielétrico com constante dielétrica  $\epsilon$ . Obtenha a expressão para a capacidade deste condensador.

Calcule a capacidade deste condensador para  $S = 2 \text{ cm}^2$ ,  $d = 1 \text{ mm}$  e  $\epsilon=2$ .

**40.** Um bloco de material dielétrico está parcialmente introduzido entre as placas de um condensador de placas paralelas, como se mostra na figura. Calcule, em função de  $x$ :

- a capacidade do sistema;
- a energia do sistema;
- a força exercida sobre o bloco.

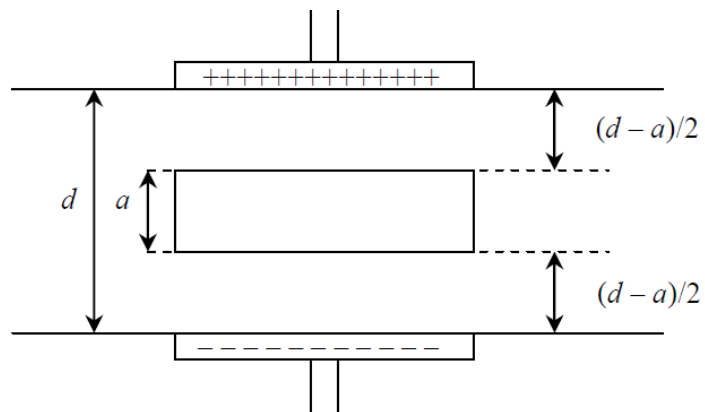


**41.** Considere uma esfera metálica isolada, rodeada por ar.

- Qual é a carga superficial máxima que pode existir na superfície da esfera sem se produzir uma descarga eléctrica?
- Qual é o raio mínimo da esfera para que possa estar ao potencial de  $10^6 \text{ V}$  sem se descarregar?
- Calcule o potencial máximo que pode alcançar uma esfera de raio  $1 \text{ cm}$ .

Nota: A rigidez dielétrica do ar é  $3 \text{ kV/mm}$ .

**42.** Um condensador de placas paralelas tem separação entre as placas igual a  $d$  e área das placas igual a  $A$ . Uma chapa metálica descarregada, de espessura  $a$ , é inserida no meio das placas, como mostra a figura ao lado. Achar a capacidade dessa montagem.

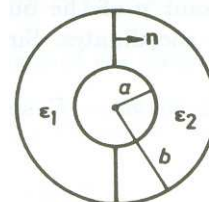


**43.** Entre dois tubos cilíndricos, coaxiais, de raios  $R_1$  e  $R_2$  e comprimento infinito, existe um dielétrico com constante dielétrica  $\epsilon$ , carregado com uma densidade volumétrica de carga  $\rho$ . Os dois tubos estão ao potencial zero. Calcule o potencial e o campo eléctrico no espaço entre os tubos.

**44.** Uma esfera metálica de raio  $R_1$  tem carga  $Q$  e está coberta com uma camada esférica de um dielétrico com constante dielétrica  $\epsilon=2$ . O raio exterior desta camada é  $R_2$ . Calcule a intensidade do campo eléctrico e o potencial eléctrico em função da distância até ao centro da esfera

- Calcule a intensidade do campo eléctrico e o potencial eléctrico em função da distância até ao centro da esfera e trace os gráficos qualitativos.
- Calcule a energia electrostática do sistema.

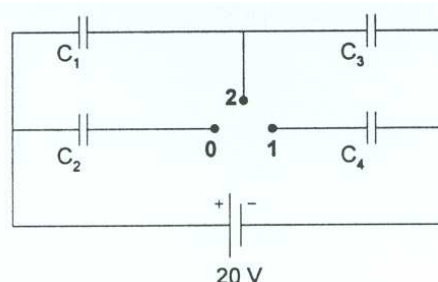
**45.** Considere um condensador consituído por duas esferas concêntricas, de raios  $a$  e  $b$ , respectivamente. O espaço entre as esferas é dividido em duas partes iguais (ver a figura), sendo cada parte enchida com um dielétrico diferente, de permitividade eléctrica  $\kappa_1$  e  $\kappa_2$ , respectivamente. Se a carga da placa interior for  $Q$  e a da placa exterior for  $-Q$ , calcule:



- o deslocamento eléctrico e o campo eléctrico nas regiões com  $\kappa_1$  e  $\kappa_2$ ;
- a capacidade do condensador.

**46.** Os condensadores do circuito esquematizado na figura estão inicialmente descarregados ( $C_1=1\mu\text{F}$ ,  $C_2=2\mu\text{F}$ ,  $C_3=C_4=0.5\mu\text{F}$ ).

- Estabelece-se a ligação **0-1** do circuito. Calcule a carga, a d.d.p. e a energia armazenada em cada condensador, depois de atingido o equilíbrio.



- Depois de atingido o equilíbrio, desfez-se a ligação **0-1** e estabeleceu-se a ligação **0-2**. Calcule a carga em cada condensador após ter sido atingido o novo equilíbrio.