

ELETROMAGNETISMO

LEFT+LENO

3ª Série de problemas

(Eletrostática – Condensadores, Dielétricos, Energia Eletrostática)

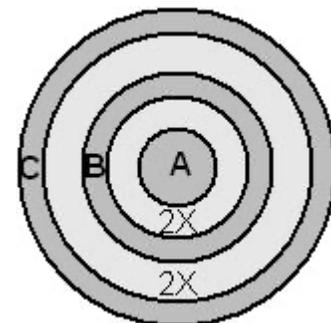
1) Capacidade e meios dielétricos

Dois condutores planos quadrados e iguais, com área total 2 m^2 , estão sob influência mútua separados por uma distância $d = 4 \text{ mm}$. O meio entre eles tem uma constante dielétrica $\epsilon = 2\epsilon_0 = 1,77 \times 10^{-11} \text{ F/m}$. Justifique todas as aproximações que entender aplicar. Se a carga total num dos condutores for $Q = 4 \mu\text{C}$,

- Determine a carga total no outro condutor;
- Calcule o campo elétrico em todo o espaço;
- Determine a diferença de potencial entre os condutores;
- Calcule a capacidade deste sistema capacitivo (condensador).
- Introduz-se agora um terceiro condutor igual entre os dois condutores, ficando à distância $d = 1 \text{ mm}$ de um dos condutores. Despreze a espessura dos condutores. Calcule a capacidade deste novo sistema;
- Finalmente substitui-se no volume mais pequeno o meio por ar, com constante dielétrica aproximadamente igual à do vácuo, $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$. Calcule a capacidade do sistema.

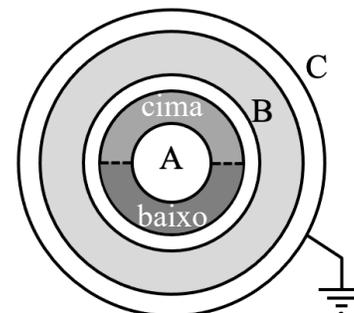
2) Capacidade e meios dielétricos

Um condutor esférico maciço de raio $R_A = 0,05 \text{ m}$ tem uma carga $Q = +5 \text{ nC}$ uniformemente distribuída (em superfície). Envolvendo esta esfera encontram-se outras esferas condutoras 2 e 3, ocas e eletricamente descarregadas, de raios interiores $R_{BI} = 0,2 \text{ m}$, $R_{CI} = 0,4 \text{ m}$, e raios exteriores $R_{BE} = 0,25 \text{ m}$, $R_{CE} = 0,45 \text{ m}$, respetivamente, como mostra a figura. Os meios entre os condutores têm constante dielétrica $\epsilon = 2X = 2\epsilon_0 = 1,77 \times 10^{-11} \text{ F/m}$. No exterior do sistema tem-se constante dielétrica $\epsilon = \epsilon_0$.



- Determine o campo elétrico em função da distância r ao centro das esferas.
- Determine o potencial elétrico em função da distância r ao centro das esferas.
- Calcule a capacidade do sistema.
- Se ligar a esfera exterior à Terra ($\phi_C = 0 \text{ V}$), calcule a carga nesse condutor, Q_C ?

- 3) Considere o sistema da figura, representando três **condutores A, B e C**, de simetria **ESFÉRICA**. O **condutor A**, maciço e de raio $R_A = 0,05 \text{ m}$, está rodeado por 2 meios LHI* de constantes dielétricas respetivamente iguais a $\epsilon_{\text{cima}} = 4\epsilon_0$ e $\epsilon_{\text{baixo}} = 8\epsilon_0$, com formas semi-esférica, por uma coroa esférica **B condutora** de raio interior $R_{BI} = 0,10 \text{ m}$ e raio exterior $R_{BE} = 0,12 \text{ m}$, por um meio com constante dielétrica $\epsilon_3 = 2\epsilon_0$ e por uma coroa esférica **C condutora** de raios interior $R_{CI} = 0,20 \text{ m}$ e raio exterior $R_{CE} = 0,25 \text{ m}$. A coroa esférica condutora **C está ligada à Terra** (potencial 0 V). O condutor **A** tem carga elétrica $Q_A = 10 \text{ nC}$ e o condutor **B não está carregado**.

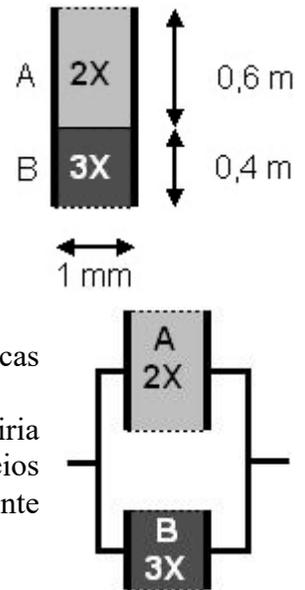


(* Lineares, Homogéneos e Isotrópicos)

- Calcule o campo elétrico em todo o espaço (*tenha em atenção a [des]continuidade do campo elétrico*);
- Calcule o potencial elétrico em todo o espaço (*tenha em atenção a continuidade do potencial elétrico*);
- Calcule a capacidade do sistema (entre os condutores A e C);

4) Campo Elétrico e Capacidade

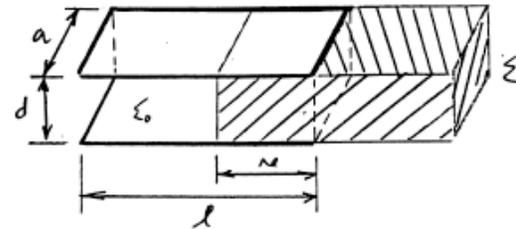
Considere o sistema esquematizado na figura, em que duas placas quadradas condutoras e sob influência mútua, envolvem duas regiões A e B com constantes dielétricas respetivamente iguais a $\epsilon_A=2X=10\epsilon_0$, $\epsilon_B=3X=15\epsilon_0$. As placas têm 1 m de lado.



- Se a diferença de potencial elétrico entre as placas for $V=10\text{ V}$, qual o valor do campo elétrico \mathbf{E} em todo o espaço? Justifique.
- Usando o Teorema de Gauss, calcule o valor da carga total nas regiões da placa esquerda em contacto com as regiões A e B.
- Qual a capacidade deste sistema, e quais as capacidades obtidas se partíssemos as placas pela linha de fronteira entre as regiões A e B (ver figura)?
- Se ligássemos estes dois sistemas A e B em paralelo num circuito, por qual deles fluiria melhor a corrente elétrica (antes de atingirem o equilíbrio)? E se retirássemos os meios dielétricos, ficando com ar em ambos os casos, por qual deles fluiria melhor a corrente elétrica (antes de carregarem)? Justifique sumariamente em ambos os casos.

5) Capacidade, energia e força eletrostática [Exerc.4.11C JL]

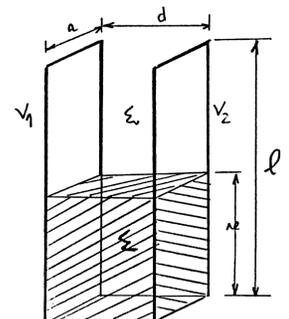
Considere um condensador plano, suposto ideal, de dielétrico vácuo, de armaduras de área $A=a \times l$, separadas da distância d . Supondo que o espaço entre as armaduras é gradualmente substituído por um dielétrico de permissividade ϵ , determine:



- A capacidade $C(x)$ do condensador assim formado.
- A variação de energia eletrostática do condensador a cargas constantes, após a substituição completa do vácuo pelo dielétrico de permissividade ϵ .]
- Refaça a alínea anterior assumindo que a substituição se faz a potenciais constantes.

6) Capacidade, energia e força eletrostática [Exerc.4.12C JL]

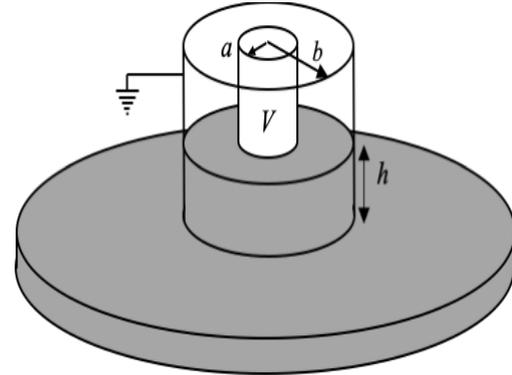
Um líquido dielétrico de permissividade ϵ e massa volúmica ρ_m é “aspirado” na vertical, a potenciais constantes, pelo condensador da figura. Calcule:



- A Capacidade do condensador em função da altura y ;
- A força eletrostática que se exerce sobre o dielétrico.
- A posição de equilíbrio da superfície líquida.
- O Balanço de energia eletrostática.

7) *Energia eletrostática e força sobre dielétricos* [Problem 4.28 DG]

Um cilindro e um tubo cilíndrico aberto, condutores, de altura L e coaxiais (o interior maciço de raio a , o exterior de raio b e espessura desprezável, com $a, b \ll L$), estão sobre uma tina com um óleo dielétrico de susceptibilidade elétrica χ_e e massa volúmica ρ_m . Supondo que o cilindro exterior está ligado à Terra (potencial elétrico zero) e o interior é mantido com um potencial elétrico $\phi(a) = V$,



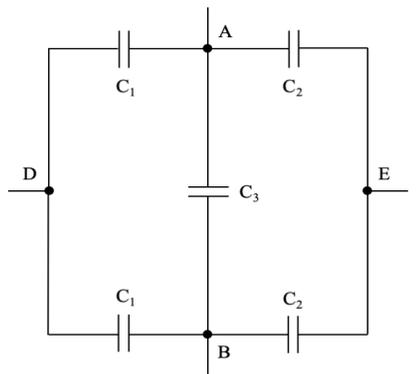
- a) Calcule o campo elétrico no espaço entre os tubos, na zona com ar e na zona com óleo.

[R:(Sug.: comece por calcular o campo para uma densidade linear de carga e de seguida calcule o potencial em a que terá que ser V)]

- b) Calcule as cargas elétricas nas superfícies do condutor interior em contacto com o ar e com o óleo.
 c) Calcule a capacidade do sistema em função da altura a que sobe o dielétrico, h .
 d) Calcule a altura h a que sobe o dielétrico.

8) *Associação de condensadores*

Considere o seguinte diagrama especial dum circuito com capacidades $C_1 = 10$ pF, $C_2 = 20$ pF e $C_3 = 30$ pF.



- a) Determine a capacidade equivalente C_{eq} do sistema entre os pontos A e B;
 b) Determine a capacidade equivalente C_{eq} do sistema entre os pontos D e E.
 (Sug.: qual a carga e tensão em C_3 no equilíbrio?)

9) *Funcionamento de condensadores*

Um condensador de capacidade $C_1 = 10 \mu\text{F}$ é carregado até atingir uma tensão $V_0 = 15$ V. Depois é ligado em série com um condensador descarregado de capacidade $C_2 = 5 \mu\text{F}$ em circuito aberto (figura da esquerda).

- a) Explique o que acontece às cargas e tensões dos condensadores C_1 e C_2 nessas condições;
 b) Depois do circuito ser fechado (figura central) determine as cargas Q_1 , Q_2 , tensões V_1 , V_2 e energias armazenadas W_1 , W_2 para os condensadores C_1 e C_2 , após atingir o equilíbrio.
 c) Assumindo agora que o circuito é fechado em série com uma bateria que pode fornecer uma tensão $V = 50$ V (figura da direita), e que ambos os condensadores estão descarregados quando fecha o circuito, determine as cargas, tensões e energias nos condensadores após atingir o equilíbrio.

