FIS-32: Eletricidade e Magnetismo

Lista de Exercícios 06

Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Divisão de Ciências Fundamentais, Departamento de Física
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 — São José dos Campos, SP

Objetivos

1. Entender o significado e calcular o vetor deslocamento de campo elétrico;
2. Entender a influência de campos elétricos na presença de dielétricos;
3. Quantificar a influência de dielétricos no armazenamento de energia eletrostática;
4. Constatar o efeito de dielétricos em capacitores.

Data de entrega 3 de maio, 2019

Tópicos Vetor deslocamento; capacitor com dielétrico; energia eletrostática em dielétricos; condições de contorno.

Referências

- David J. Griffiths, 4. ed., seções 4.3–4.4
- Apostila de FIS-32, seções 8.4–8.6

Estratégias

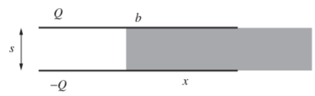
1. O vetor deslocamento depende do campo elétrico e do material. Antes de começar um problema, verifique se há polarização na matéria e como isso influenciará, quantitativamente, o resultado final.
2. A lei de Gauss para o vetor deslocamento leva em conta apenas as cargas *livres*. Determine qual é a distribuição de cargas livres para o problema, já que isso será útil na determinação do campo elétrico.
3. No caso de capacitores analise se os mesmos estão em paralelo ou em série.
4. Se estiverem em paralelo:
   a. Lembre-se que o campo elétrico deve ser o mesmo nos materiais, já o vetor deslocamento deverá ser diferente. Neste caso, suponha que o sistema possui uma carga total Q_{total} e obtenha o campo elétrico;
   b. Em seguida obtenha o vetor deslocamento a partir do campo elétrico;
   c. Observe as condições de contorno para o sistema e obtenha a carga total em termos da carga livre;
   d. Determine o vetor Polarização, as cargas de polarização (ou também chamdas de ligadas);
5. Se estiverem em série:
   a. Utilize a lei de Gauss normalmente para calcular o vetor deslocamento no material;
   b. Determine o campo elétrico do vetor deslocamento;
   c. Determine o vetor Polarização, as cargas de polarização (ou também chamdas de ligadas);
   d. Observe se as condições de contorno estão sendo satisfeitas para o sistema;
6. Em problemas envolvendo força inicie pelo cálculo da energia e analise como a capacitência muda com a introdução do dielétrico
7. Finalmente, imagine que o dielétrico é retirado, o que nos leva às condições estudadas até agora. O que acontece com o sistema sendo calculado? Isso faz sentido fisicamente?

Problemas para reflexão

1. Qual a vantagem de se usar o vetor deslocamento?
2. Como as condições de contorno são modificadas quando materiais dielétricos são colocadas no problema?
3. Um display de cristal líquido funciona com o fenômeno da polarização. Você consegue imaginar como?
4. A água possui uma constante dielétrica muito elevada $k = 80.4$. Por que ela não é geralmente utilizada como dielétrico em um capacitor?

1 Purcell & Morin, 3. ed., Problema 10.2

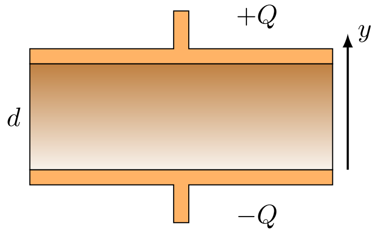
Um capacitor retangular com dimensões laterais a e b tem separação s entre as placas, com $s \ll a$ e $s \ll b$. Ele está parcialmente preenchido com um dielétrico de constante dielétrica κ. A distância na qual há sobreposição é x, conforme mostrado na figura abaixo. O capacitor está isolado e possui carga constante Q.

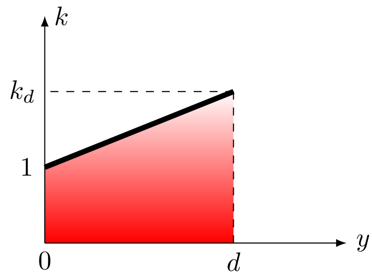


1. Qual é a energia armazenada no sistema?
2. Qual é a força no dielétrico? Esta força puxa (ou empurra) o dielétrico para dentro (ou para fora) do capacitor?

2 Capacitor com "constante" dielétrica variável

A constante dielétrica do capacitor da Figura seguinte varia linearmente com a coordenada y como mostrado no gráfico. Calcule $E(y)$, $D(y)$ e $P(y)$ dentro do dielétrico.





3 Griffiths, Problema 4.33

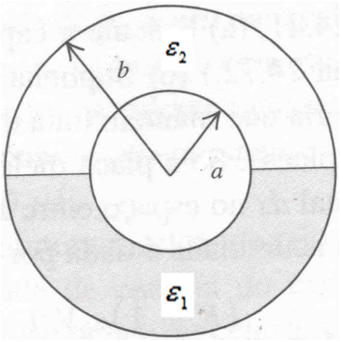
Na interface entre um dielétrico linear e outro, as linhas do campo elétrico se afastam ou se aproximam da normal, dependendo das constantes dielétricas dos meios. Estude as condições de contorno para os vetores $\vec{D}$, $\vec{E}$ e $\vec{P}$ entre meios dielétricos. Mostre que

$$\frac{tg(\theta_2)}{tg(\theta_1)} = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1},$$

assumindo que θ_1 e θ_2 são, respectivamente, os ângulos que $\vec{E_1}$ e $\vec{E_2}$ fazem com a normal e que não haja carga livre na interface. (Comentário: a Equação acima lembra a lei de Snell na ótica, relacionando ângulos de incidência e refração com as propriedades do meio)

4 Capacitor preenchido com dois dielétricos diferentes

O espaço entre um capacitor esférico, de raio interno a e externo b, está preenchido com dois dielétricos homogêneos, lineares e isotrópicos de permissividades ε_1 e ε_2. Cada dielétrico ocupa metade do volume total entre os condutores, como mostra a figura. O condutor interno possui uma carga total Q distribuída na sua superfície. O condutor externo está aterrado.



1. Calcule $\vec{E}$, $\vec{D}$ e $\vec{P}$ em todo o espaço.
2. Determine as densidades de carga de polarização.
3. Determine a energia armazenada neste capacitor.
4. Determine a capacitância deste capacitor.