FÍSICA DAS RADIAÇÕES
Disciplina 5910151
Monitor: José Renato Alcarás
Docente: Prof. Dr. Alexandre Souto Martinez

2^o Semestre de 2019

Lista 4 - Isolantes

1. Considere um elétron ligado num meio dielétrico sob o efeito de um campo elétrico externo. Nessa situação, podemos modelar as forças atuantes nele (numa única direção x) como a soma de três interações:

   - A força de ligação entre o elétron e os átomos do meio, modelada por um oscilador harmônico de frequência central ω_0, $F_{lig} = -m\omega_0^2 x$;
   - A força de atenuação (uma espécie de "atrito") que desacelera o elétron, modelada por $F_{at} = -m\gamma \mathrm{d}x/\mathrm{d}t$;
   - Uma força de arrasto devido ao campo elétrico externo. Supondo $E = E_0 \cos(\omega t)$, $F_{arrasto} = qE_0 \cos(\omega t)$.

   (a) Mostre que essas três hipóteses levam o eletron a ser considerado um oscilador harmônico atenuado, com uma fonte de frequência ω.

   (b) Considerando $x(t) = \mathrm{Re}[\tilde{x}(t)]$, mostre que no estado estacionário $\tilde{x}(t) = \tilde{x}_0 \mathrm{e}^{i\omega t}$. Calcule explicitamente $\tilde{x}_0$ em termos das constantes do modelo.

   (c) Determine o momento de dipolo do elétron, $\tilde{p}(t) = q\tilde{x}(t)$.

   (d) Calcule a polarização total do dielétrico considerando N elétrons ligados, com uma fração f_j deles de frequência ω_j e atenuação γ_j.

   (e) Com esses resultados, explicite a constante dielétrica complexa desse modelo, $\tilde{\epsilon}_r = \tilde{\epsilon}/\epsilon_0$.

2. Num meio isolante dispersivo (com $\mu \approx \mu_0$)

   (a) Mostre que $\tilde{\vec{E}}(z,t) = \tilde{\vec{E}}_0 \mathrm{e}^{i(\tilde{k}z-\omega t)}$ é solução da equação de onda para $\tilde{\vec{E}}$, com $\tilde{k} = \sqrt{\tilde{\epsilon}\mu_0}\omega$.

   (b) Aproxime $\sqrt{\tilde{\epsilon}_r} \approx 1 + \tilde{\epsilon}_r/2$ e (usando o resultado da questão anterior) calcule o coeficiente de atenuação do material $\alpha = 2.\mathrm{Im}[\tilde{k}]$.
