

5ª LISTA DE EXERCÍCIOS

Disciplina: TEM728 - Física do Estado Sólido

Professor: César Augusto Dartora¹

Esta lista de exercícios refere-se às Propriedades Dielétricas de Isolantes.

- 1) Resolvendo a equação de força em um modelo simples de cargas elétricas sujeitas a um campo eletromagnético

$$\frac{d^2 \mathbf{x}_j}{dt^2} + \frac{1}{\tau_j} \frac{d\mathbf{x}_j}{dt} + \omega_{0j}^2 \mathbf{x}_j = \frac{q_j}{m_j^*} \mathbf{E}$$

onde $\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 e^{i\omega t}$ é o campo elétrico e a polarização do meio sendo dada por $\mathbf{P} = \sum_j N_j q_j \mathbf{x}_j = \varepsilon_0 \chi_e \mathbf{E}$ deduza a expressão a seguir:

$$\varepsilon_c = \varepsilon_0 \left(1 - \sum_j \frac{\omega_{pj}^2}{(\omega_{0j}^2 - \omega^2) + i\omega/\tau_j} \right),$$

onde ε_0 é a permissividade dielétrica do vácuo, ω_{pj} é a frequência de plasma dos portadores de cargas q_j dada por

$$\omega_{pj}^2 = \frac{N_j q_j^2}{m_j^* \varepsilon_0},$$

m^* é a massa efetiva do portador, N_j é a densidade de portadores q_j e ω_{0j} é uma frequência de ressonância típica do material, τ_j é um tempo médio associado à colisões que ajusta a largura da ressonância.

Sendo $\varepsilon_c = \varepsilon - i\sigma/\omega$, determine a partir da expressão acima a condutividade $\sigma(\omega)$ do material.

Para um bom metal $\omega_0 \rightarrow 0$ e $\tau_j \gg \omega$. Determine então uma expressão para a condutividade do mesmo.

Determine a parte real e imaginária de ε_c . Se o bandgap de um semiconductor está na faixa de 1eV, qual seria a região em que a ressonância ω_0 deve ocorrer?

Esboce a parte real e imaginária de ε_c graficamente.

- 2) Materiais dielétricos de poucas perdas no limite $\nu \rightarrow 0$ tem parte imaginária da permissividade dielétrica dada por:

$$\varepsilon_2 = \pi \frac{\omega_p^2}{2\omega} [\delta(\omega - \omega_0) + \delta(\omega + \omega_0)]. \quad (1)$$

Obtenha ε_1 a partir das relações de Kramers-Kronig.

- 3) Polarizabilidade do átomo de hidrogênio: problema 3 do Capítulo 27 do livro **Solid State Physics**, Aschcroft/Mermin (1976).

¹cadartora@eletrica.ufpr.br