Lista de Exercícios VIII

1. Considere um campo externo (força) constante e uniforme. Nesse caso o gradiente espacial anula-se. A força é $\vec{F} = -e\vec{E}$. Mostre que a função $f = f_0(\vec{k} - \Delta\vec{k})$, onde $\Delta\vec{k} = (-et\vec{E}/\hbar)$ é a solução da equação

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \vec{v}_g \cdot \vec{\nabla}_r f + \frac{\vec{F}}{\hbar} \cdot \vec{\nabla}_k f = 0$$

2. Deduza a equação

$$\vec{j} = \frac{e^2\hbar^2\vec{E}t}{3m^2} k_F^2 g(\varepsilon_F)$$

considerando simplesmente a evolução da velocidade de grupo na presença do campo elétrico e integrando a equação (i.e., podemos chegar ao mesmo resultado sem utilizar a evolução da função de distribuição),

$$\mathrm{d}\vec{j} = -e\vec{v}n(\vec{k})\mathrm{d}\vec{k}$$

3. (Adaptado do Marder, ex. 16.1) **Oscilações de Bloch.** Considere a possibilidade de se observar as oscilações de Bloch.
(a) Assuma um tempo de relaxação no cobre de aproximadamente $20 \times 10^{-14}s$. Qual a intensidade do campo elétrico necessário para observar-se a oscilação de Bloch antes que ocorra a relaxação?
(b) Suponha que esse campo elétrico tenha sido aplicado e que os elétrons produzem uma corrente de acordo com a fórmula de Drude (consular o Marder, Ashcroft&Mermin, Kittel ou Ibach&Luth) em vez de ficarem localizados. Estime a potência dissipada por volume e com que velocidade o cobre aqueceria.
(c) Considere agora o semicondutor $GaAs$ (tipo blenda-de-zinco), onde os tempos de relaxação aumentam para valores da ordem de $3 \times 10^{-10}s$. É possível construir estruturas artificiais nas quais a célula unitária (efetiva) é da ordem de $a = 100$Å. Qual a intensidade do campo elétrico necessário para se observar as oscilações de Bloch nesse caso?

4. (Adaptado do Marder, ex. 17.1) **Estatística de Boltzmann**. Mostre que para uma rede cúbica simples (banda de estados s) o tensor condutividade é um escalar

$$\sigma = \frac{ne^2\tau}{m^*}$$

Calculeo resultado análogo partindo da equação

$$\vec{j} = \left\{ \left(\frac{e^2}{4\pi^3} \right) \int \mathrm{d}\vec{k}\tau(\vec{k}) \frac{\overline{\vec{\nabla}_k\varepsilon\vec{\nabla}_k\varepsilon}}{\hbar^2} \left(-\frac{\mathrm{d}f_0}{\mathrm{d}\varepsilon} \right) \right\} \cdot \vec{E}$$

mas assumindo que a função de ocupação f dos estados é dada pela distribuição de Boltzmann em vez da estatística de Fermi e verifique que a solução é a mesma.