Теория Рассеяния Носителей На Шероховатой Поверхности В Квантовых Проволоках

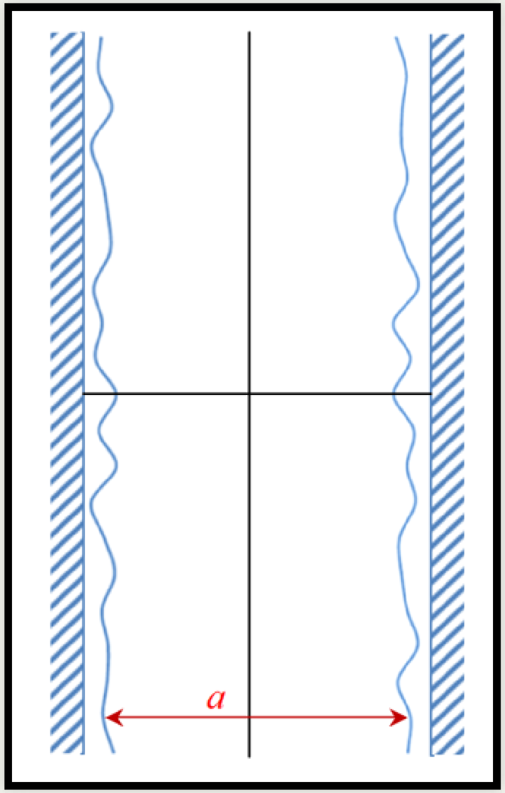
[1]*Синявский Э.П.*, [2]*Карапетян С.А.*, [2]*Костюкевич Н.С.*

1. Институт прикладной физики АН Молдовы
2. Приднестровский Государственный Университет им. Т.Г.Шевченко

Механизм рассеяния на шероховатой поверхности

$$V(x,y) = \frac{\partial E_\alpha}{\partial a}\Delta(x,y) \equiv V_\alpha \Delta(x,y)$$

$\Delta(x,y)$ – случайная функция



Флуктуация поверхности для одномерного электронного газа

Гауссова:

$$\{\Delta(x)\Delta(x')\} = \Delta_0^2 \exp\left[-\frac{(x-x')^2}{\Lambda_0^2}\right] = F_0(x-x')$$

***δ*-образная:**

$$\{\Delta(x)\Delta(x')\} = \gamma_0\delta(x-x') = \tilde{F}_0(x-x')$$

Формула Кубо

$$\sigma_{ij} = \frac{\beta_0 e^2}{2Vm^2} \sum_{\alpha,\beta,\alpha_1,\beta_1} \hat{p}^{(i)}_{\alpha\beta} \hat{p}^{(j)}_{\alpha_1\beta} \int\limits_{-\infty}^{\infty} dt \left\langle a^+_\alpha(t) a_\beta(t) a^+_{\alpha_1} a_{\beta_1} \right\rangle$$

$$K(\Omega) = \frac{2\pi e^2}{Vcn_0\hbar\Omega m_e^2} \left(1 - e^{-\beta_0\hbar\Omega}\right) \sum_{\alpha\alpha_1\beta\beta_1} \left\langle \alpha \left| (\hat{\mathbf{P}}\boldsymbol{\xi}) \right| \alpha_1 \right\rangle \left\langle \beta \left| (\hat{\mathbf{P}}\boldsymbol{\xi}) \right| \beta_1 \right\rangle \times$$

$$\times \int\limits_{-\infty}^{\infty} dt e^{i\Omega t} \left\langle a^+_\alpha(t) a_{\alpha_1}(t) a^+_\beta a_{\beta_1} \right\rangle$$

здесь:

$$a^+_\alpha(t) = \exp\left(\frac{it\hat{H}}{\hbar}\right) a^+_\alpha \exp\left(-\frac{it\hat{H}}{\hbar}\right), \;\; \hat{H} = \sum_\alpha \varepsilon_\alpha a^+_\alpha a_\alpha + \sum_{\alpha,\beta} \langle\alpha|\hat{V}|\beta\rangle a^+_\alpha a_\beta$$

Приближение времени релаксации

$$\sigma_{ij} = \frac{\beta_0 e^2}{V m_e^2} \sum_{\alpha} \left| \hat{P}^{(i)}_{\alpha\alpha} \right|^2 n_\alpha \left(1 - n_\alpha\right) \tau_{\alpha\alpha}$$

$$K(\Omega) = \frac{4\pi e^2}{\hbar c V n_0 \Omega} \left| \frac{\mathbf{P}_{\alpha\beta} \boldsymbol{\xi}}{m_e} \right|^2 \sum_{\alpha\beta} \frac{\tau_{\alpha\beta} n_\alpha}{1 + \frac{\tau_{\alpha\beta}^2}{\hbar^2} (\hbar\Omega + E_\alpha - E_\beta)^2}$$

$$\frac{1}{\tau_{\alpha\beta}} = \frac{\pi}{\hbar} \sum_{\gamma} \left[W_{\alpha\gamma} \delta\left(\varepsilon_\alpha - \varepsilon_\gamma\right) + W_{\beta\gamma} \delta\left(\varepsilon_\beta - \varepsilon_\gamma\right) \right]$$

$$W_{\alpha\beta} = \int d\mathbf{r} d\mathbf{r_1} \, \Psi^*_\alpha(\mathbf{r}) \Psi^*_\beta(\mathbf{r_1}) V_\alpha V_\beta F \Psi_\alpha(\mathbf{r}) \Psi_\beta(\mathbf{r_1})$$

Одномерные квантовые системы с гауссовой флуктуацией поверхности

$$\frac{1}{\tau_\alpha} = \frac{2m_e}{\hbar^3} \cdot \frac{V_n^2}{|k_x|} \cdot \frac{\Delta_0^2 \Lambda_0 \sqrt{\pi}}{2} \left(1 + \exp\left[-\Lambda_0^2 k_x^2\right]\right)$$

Одномерные квантовые системы с δ-образной флуктуацией поверхности

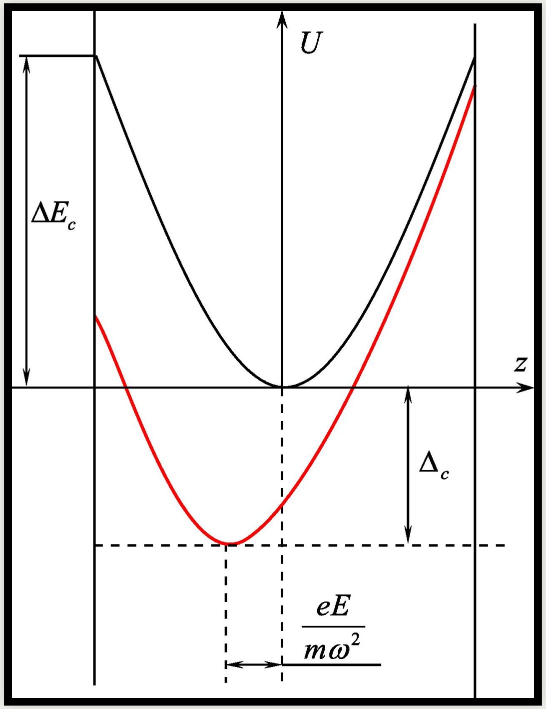
$$\frac{1}{\tau_\alpha} = \frac{2m_e}{\hbar^3} \cdot \frac{V_n^2}{|k_x|} \gamma_0$$

Влияние поперечного электрического поля на процессы рассеяния

$$U(z) = \frac{m_e \omega^2}{2} z^2 + eEz$$

$$\omega_i = \frac{1}{R}\left[\frac{2\Delta E_c}{m_i}\right]^{\frac{1}{2}},$$

$$E_{k_x,n,m} = \frac{\hbar^2 k_x^2}{2m_x^*} + \hbar\Omega_y\left(n+\frac{1}{2}\right) + \hbar\omega_z\left(m+\frac{1}{2}\right) - \Delta$$



$$\Omega_y^2 = \frac{m_x}{m_y}(\omega_x^c)^2 + \omega_y^2,\ \omega_x^c = \frac{eH}{m_x c},$$

$$\Delta_c = \frac{(eER)^2}{4\Delta E_c},\ m_x^* = m_x\left(\frac{\Omega_y}{\omega_y}\right)$$

Взаимодействие с шероховатой поверхностью

$$V_\alpha = -\frac{1}{R}\left[\left(\frac{\omega_y \omega_x^c}{\Omega_y^2}\right)^2 \frac{m_y}{m_x}\frac{\hbar^2 k_x^2}{m_x} + \hbar\omega_y\left(\frac{\omega_y}{\Omega_y}\right)\left(n+\frac{1}{2}\right) + \hbar\omega_z\left(m+\frac{1}{2}\right) + 2\Delta_c\right]$$

$$\frac{1}{\tau_\alpha} = \Gamma_\alpha \frac{1}{|k_x|},$$

$$\Gamma_\alpha = \frac{2\gamma_0 m_x^*}{\hbar^3} V_\alpha^2.$$

Изотропный случай

при $\mathbf{B} \perp \mathbf{E}$

$$\frac{1}{\tau_\alpha} = \frac{2m_e\Omega_e^2\gamma_0}{\hbar R^2\,|k_x|}\left[\left(\frac{\omega_e}{\Omega_e}\right)\left(n+\frac{1}{2}\right)+\left(m+\frac{1}{2}\right)+\frac{2\Delta_c}{\hbar\Omega_e}\left(\frac{\omega_e}{\Omega_e}\right)^3\right]^2.$$

$$\frac{1}{\tau_\alpha} = \frac{2m_c\omega_e^2\gamma}{\hbar R^2\,|k_x|}(n+m+1+N_c)^2$$

при $\mathbf{B} \parallel \mathbf{E}$

$$\frac{1}{\tau_{00}} = \frac{2m_e\Omega_e^2\gamma_0}{\hbar R^2\,|k_x|}\left[\frac{1}{2}\left(1+\frac{\omega_e}{\Omega_e}\right)+\frac{2\Delta_c}{\hbar\Omega_e}\left(\frac{\omega_e}{\Omega_e}\right)^3\right]^2.$$

Спасибо за внимание