

# Andersonin malli ja 0,7-anomalia

Pasi Ritaluoto

pasi.ritaluoto@helsinki.fi

*Teoreettisen fysiikan syventävien opintojen seminaari,  
Helsingin yliopisto*

2.12.2010

- Magneettiset epäpuhtaudet metalleissa
  - Andersonin malli
  - Kondomalli
- Kvanttilangat ja kvanttipistekontaktit
  - Johtavuuden kvantittuminen
  - 0,7-anomalia
- Andersonin malli kvanttipistekontaktille
- Andersonin mallin parametrien estimointi

Systemiä kuvaava Hamiltonin operaattori

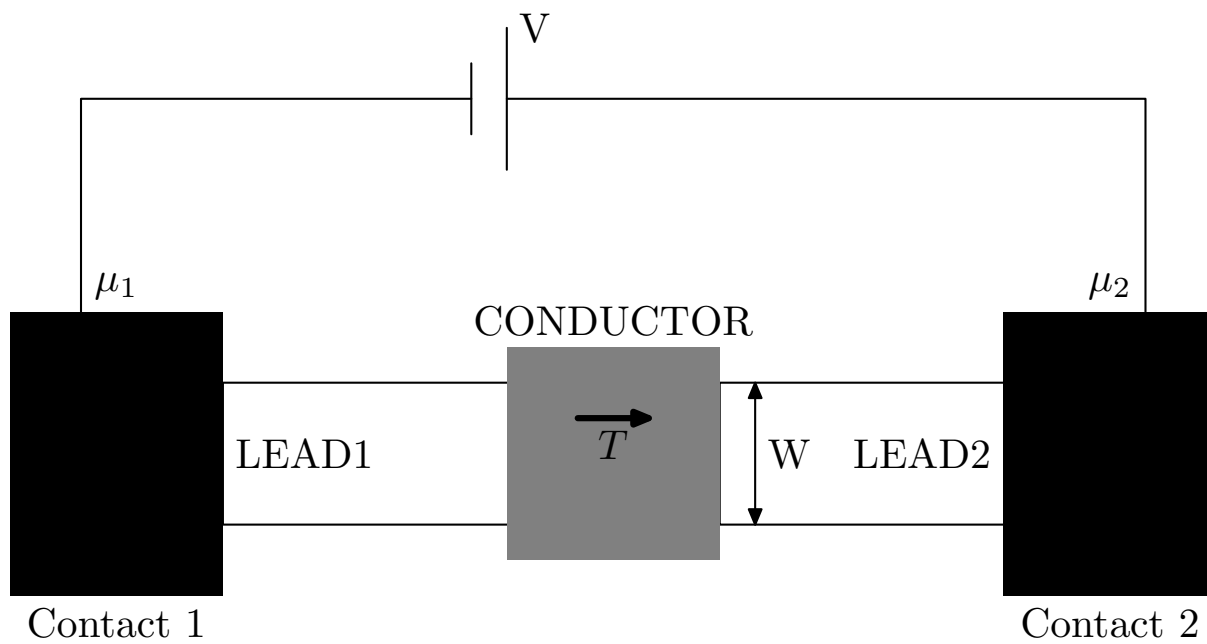
$$H = \sum_{\sigma;k} \varepsilon_{k\sigma} c_{k\sigma}^\dagger c_{k\sigma} + \sum_{\sigma} \varepsilon_{d\sigma} c_{d\sigma}^\dagger c_{d\sigma} + U n_{d\uparrow} n_{d\downarrow} \\ + \sum_{\sigma;k} (V_{k\sigma} c_{k\sigma}^\dagger c_{d\sigma} + \text{h.c.})$$

ehto magneettisten momenttien muodostumiselle

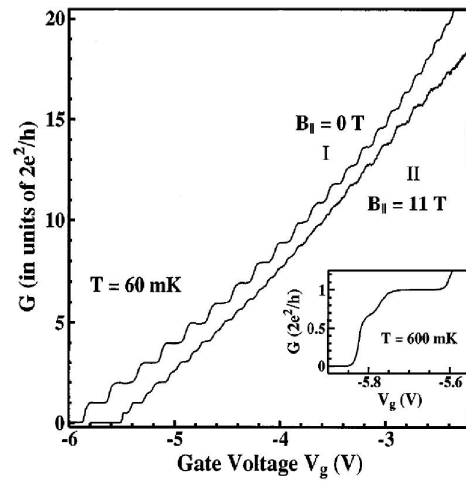
$$\varepsilon_d + U > \varepsilon_F, \varepsilon_d < \varepsilon_F \text{ ja } |\varepsilon_d + U - \varepsilon_F|, |\varepsilon_F - \varepsilon_d| \gg \Gamma$$

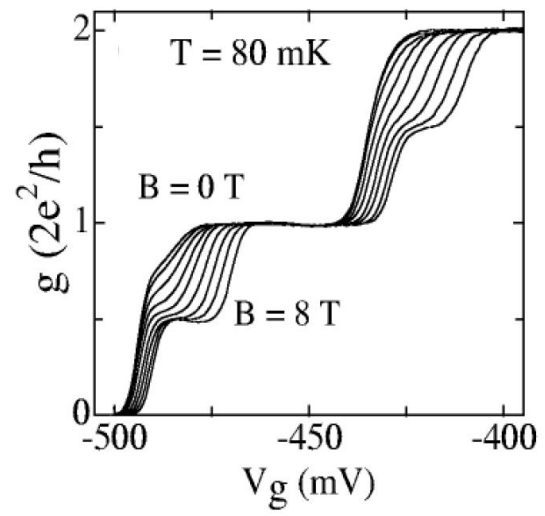
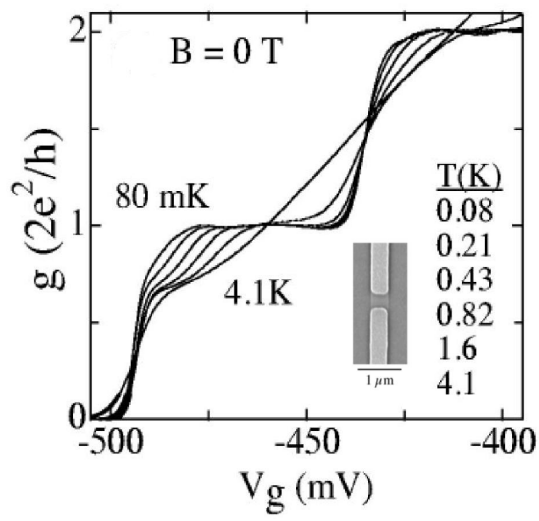
$$\Gamma = 2\pi\rho V^2$$

- Schrieffer-Wolff-muunnos
- Selittää magneettisia epäpuhtauksia sisältävien metallien resistanssiminimin
- Kuitenkin resistanssi divergoi logaritmisesti kun  $T \rightarrow 0$

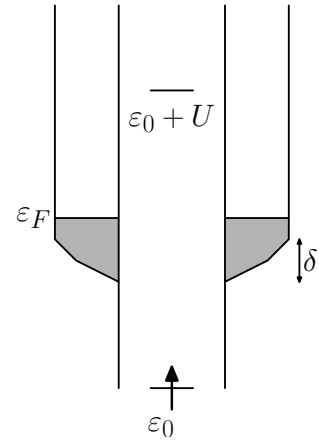


$$G = \frac{2e^2}{h} N$$
$$N = \text{Int} \left[ \frac{k_F W}{\pi} \right]$$





$$\begin{aligned}
 H = & \sum_{\sigma; k \in L, R} \varepsilon_{k\sigma} c_{k\sigma}^\dagger c_{k\sigma} + \sum_{\sigma} \varepsilon_{\sigma} n_{\sigma} + U n_{\uparrow} n_{\downarrow} \\
 & + \sum_{\sigma; k \in L, R} [V_{k\sigma}^{(1)} (1 - n_{\bar{\sigma}}) c_{k\sigma}^\dagger d_{\sigma} \\
 & + V_{k\sigma}^{(2)} n_{\bar{\sigma}} c_{k\sigma}^\dagger d_{\sigma} + \text{h.c.}],
 \end{aligned}$$



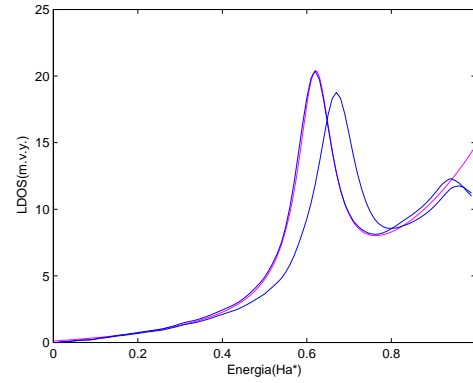
$$\begin{aligned} \bar{H} = & \sum_{\sigma; k \in L, R} \varepsilon_{k\sigma} c_{k\sigma}^\dagger c_{k\sigma} + \sum_{k, k', \sigma} [J_{k, k', \sigma, \sigma}^{(1)} - J_{k, k', \sigma, \sigma}^{(2)}] c_{k\sigma}^\dagger c_{k'\sigma} \\ & + 2 \sum_{k, k', \sigma, \sigma'} [J_{k, k', \sigma, \sigma'}^{(1)} + J_{k, k', \sigma, \sigma'}^{(2)}] [c_{k\sigma}^\dagger \vec{\sigma}_{\sigma\sigma'} c_{k'\sigma'}] \cdot \vec{S} \end{aligned}$$

$$J_{k, k', \sigma, \sigma'}^{(i)} = \frac{(-1)^{(i+1)}}{4} \left[ \frac{V_{k\sigma}^{(i)} V_{k'\sigma'}^{(i)*}}{\varepsilon_{k\sigma} - \varepsilon_{\sigma}^{(i)}} + \frac{V_{k\sigma}^{(i)} V_{k'\sigma'}^{(i)*}}{\varepsilon_{k'\sigma'} - \varepsilon_{\sigma'}^{(i)}} \right]$$

$$\varepsilon_{\sigma}^{(1)} = \varepsilon_{\sigma}, \varepsilon_{\sigma}^{(2)} = \varepsilon_{\sigma} + U$$

P. Havu et al. PRB 70, 233308 (2004)

$$\rho = A \frac{2\Gamma}{(\omega - \varepsilon_0)^2 + \Gamma^2} + B(\exp C\omega - 1)$$



$$\Rightarrow \Gamma^{(1)} = 0,05, \varepsilon_0 = 0,62, U = 0,05$$
$$Ha^* = \frac{m^*}{\epsilon^2} Ha = 11,3079meV$$

A. Golub et al. PRL 97, 186801 (2006)

Y. Meir, J. Phys.: Condens. matter, 20, 164208 (2008)

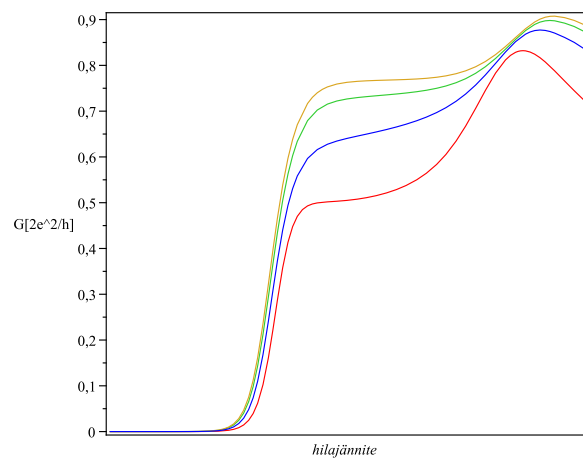
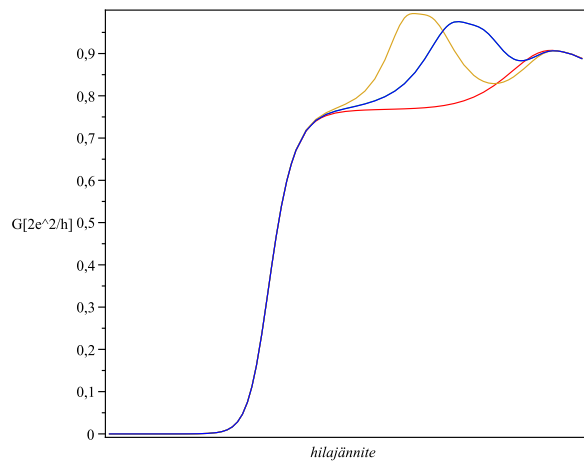
$$G = \frac{e^2}{h}(T_1 + T_2), T_i = \frac{\tilde{g}_i^2}{1+g_i^2}$$

$$\tilde{g}_i^2 \equiv g_i^2 + \frac{B}{T \sinh \frac{B}{T}} \frac{(g_1+g_2)^2}{1+(g_1+g_2)^2}, g_i = 4\pi J^{(i)}$$

Matalissa lämpötiloissa

$$\tilde{g}_i^2 \rightarrow g_i^2 + g_i^2 \left( \frac{1}{2} - \frac{B}{T \sinh \frac{B}{T}} \right) + G_2^{RG}$$

$$G_2^{RG} = \frac{1}{(\ln \frac{\sqrt{B^2+T^2}}{T_K})^2} \frac{\pi^2}{8} \left( 1 + \frac{2B}{T \sinh \frac{B}{T}} \right), T_K \cong U \exp(-\pi/g_2)$$



Oikeanlainen  $T, B$ -riippuvuus

- Kvanttipistekontakteilla ja muilla kvanttirakenteilla voidaan tutkia myös monihiukkasilmiöitä
- Parametrien säätäminen mahdollista
- Yksi mahdollinen selitys 0,7-anomaliaalle saattaa olla Kondoilmiö