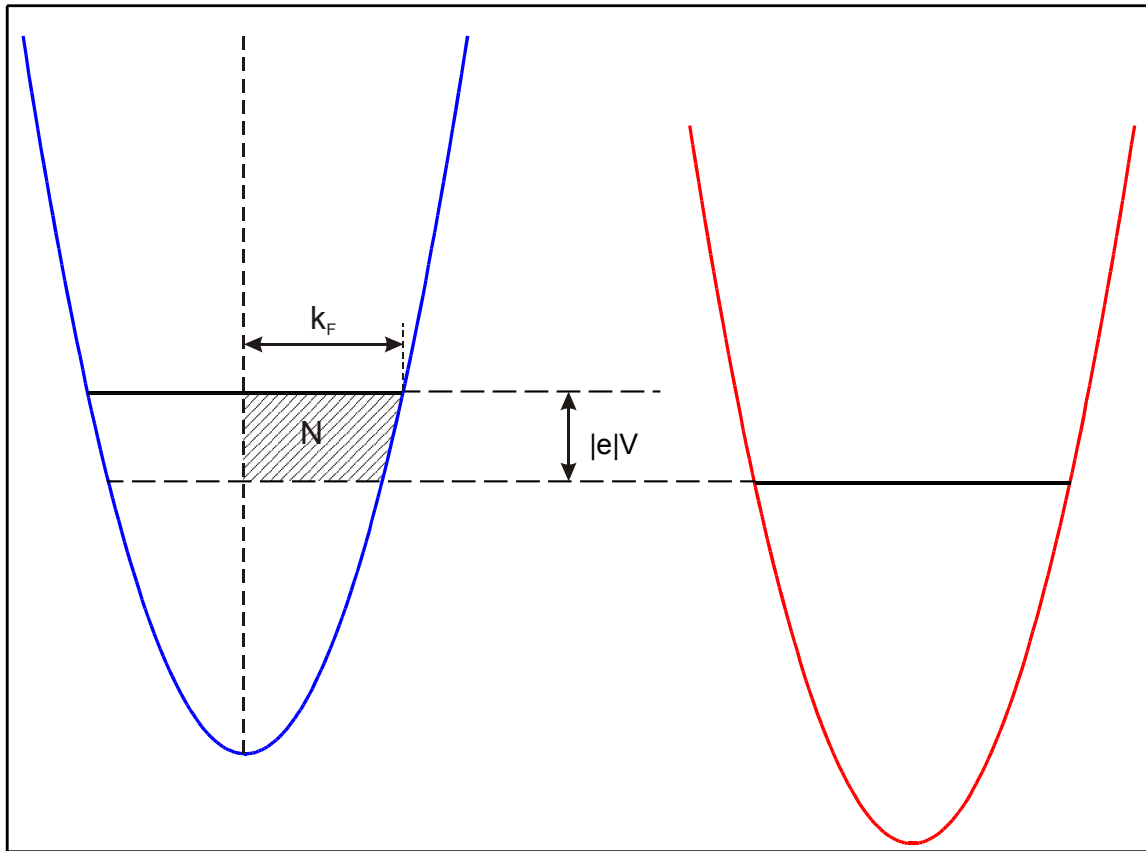


В.Н.Глазков
«Физика низкоразмерных систем»
слайды к лекции 5

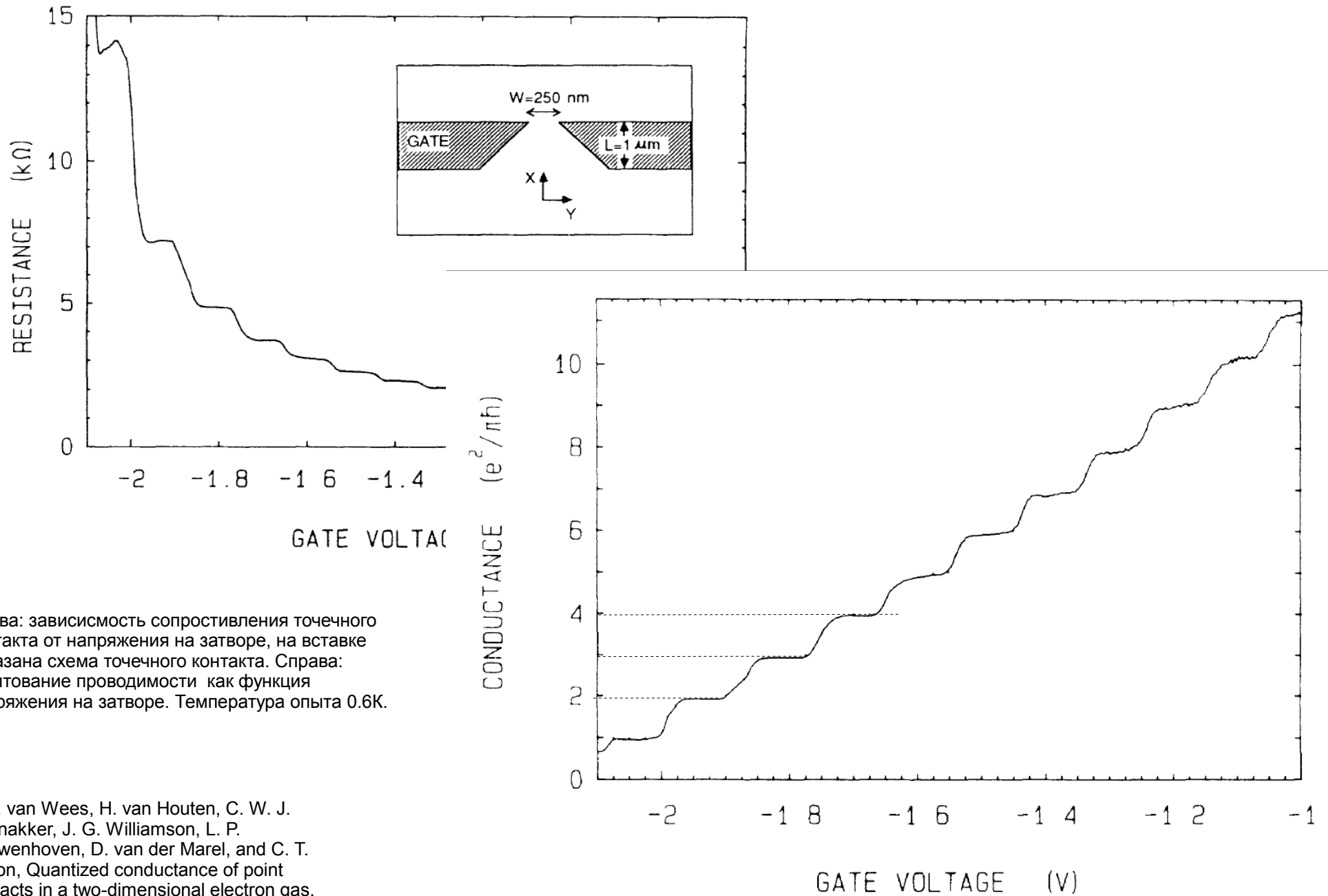
Одномерные электронные системы

Квантование проводимости в одномерном проводнике в баллистическом режиме



$$\sigma = 2 \frac{e^2}{h} = 2G_0 \approx \frac{1}{12.9 \text{ кОм}}$$

Наблюдение квантованой проводимости в одномерных проводниках.



Слева: зависимость сопротивления точечного контакта от напряжения на затворе, на вставке показана схема точечного контакта. Справа: квантование проводимости как функция напряжения на затворе. Температура опыта 0.6K.

B. J. van Wees, H. van Houten, C. W. J. Beenakker, J. G. Williamson, L. P. Kouwenhoven, D. van der Marel, and C. T. Foxon, Quantized conductance of point contacts in a two-dimensional electron gas, Physical Review Letters, 60, 848 (1988)

Наблюдение квантованой проводимости в одномерных проводниках.

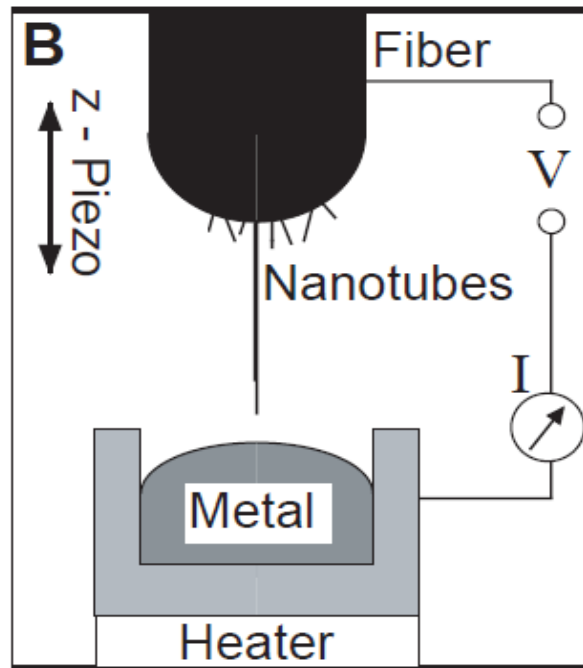
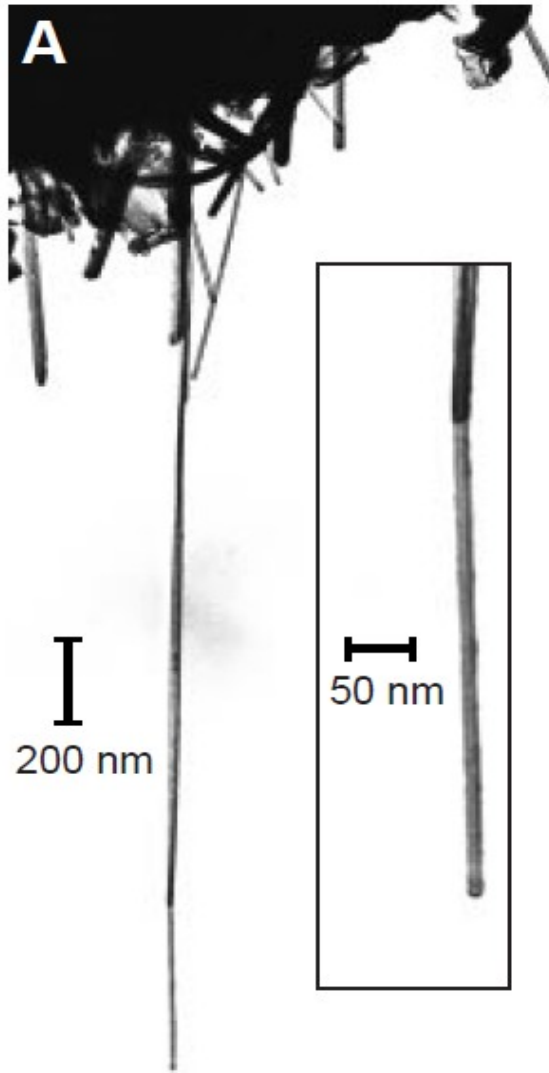
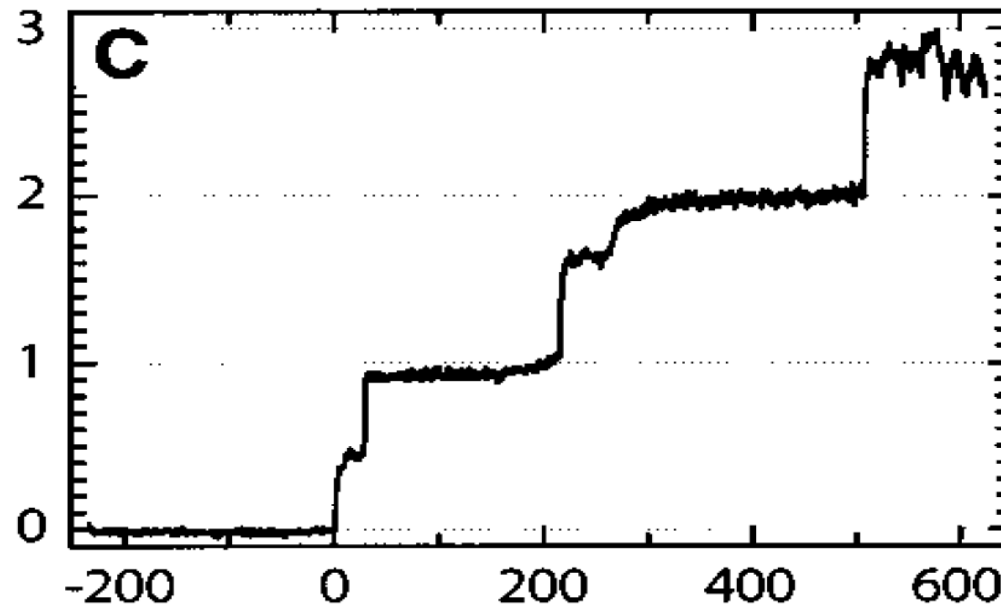


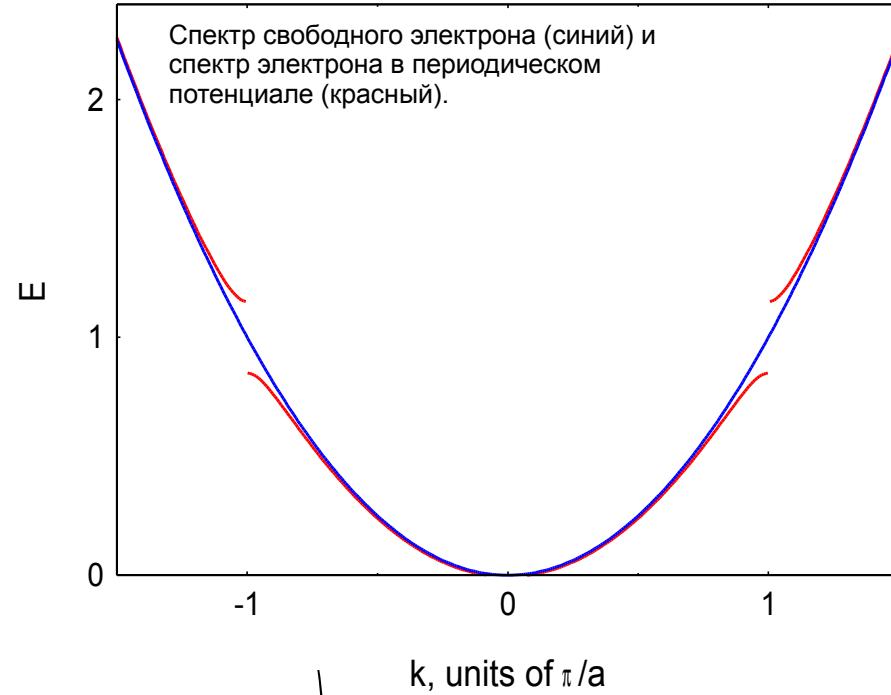
Схема (В) и микрофотография (А) установки по измерению сопротивления углеродной нанотрубки.

(С) Зависимость проводимости (в единицах кванта проводимости) от положения трубки относительно жидкометаллического контакта (в нанометрах).



Электроны в периодическом потенциале: слабая связь.

$$\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + V(x)$$



$$\begin{pmatrix} E^{(0)}(k-2K) & V_1 & V_2 & V_3 & V_4 \\ V_1^* & E^{(0)}(k-K) & V_1 & V_2 & V_3 \\ V_2^* & V_1^* & E^{(0)}(k) & V_1 & V_2 \\ V_3^* & V_2^* & V_1^* & E^{(0)}(k+K) & V_1 \\ V_4^* & V_3^* & V_2^* & V_1^* & E^{(0)}(k+2K) \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} \epsilon^2 - (E^{(0)}(k) + E^{(0)}(k+K))\epsilon + E^{(0)}(k)E^{(0)}(k+K) - |V_1|^2 &= 0 \\ \epsilon &= \frac{1}{2} \left[E^{(0)}(k) + E^{(0)}(k+K) \pm \sqrt{(E^{(0)}(k) - E^{(0)}(k+K))^2 + 4|V_1|^2} \right] \end{aligned}$$

Перестройка спектра при димеризации цепочки: пайерлсовский переход.

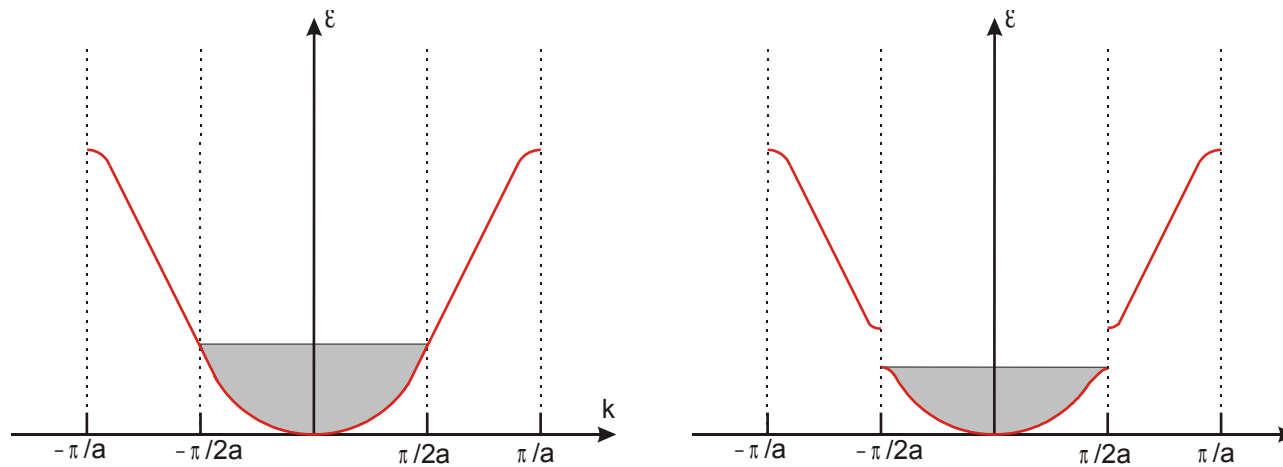


Схема заполнения электронных состояний до (слева) и после (справа) димеризации цепочек.

$$\epsilon = \frac{1}{2} \left[E^{(0)}(k) + E^{(0)}\left(k - \frac{\pi}{a}\right) - \sqrt{\left(E^{(0)}(k) - E^{(0)}\left(k - \frac{\pi}{a}\right)\right)^2 + 4|V_d|^2} \right]$$

$$E^{(0)}(k) = a + b \left(k - \frac{\pi}{2a}\right) = a + b\delta$$

$$E^{(0)}\left(k - \frac{\pi}{a}\right) = a - b \left(k - \frac{\pi}{a} + \frac{\pi}{2a}\right) = a - b\delta$$

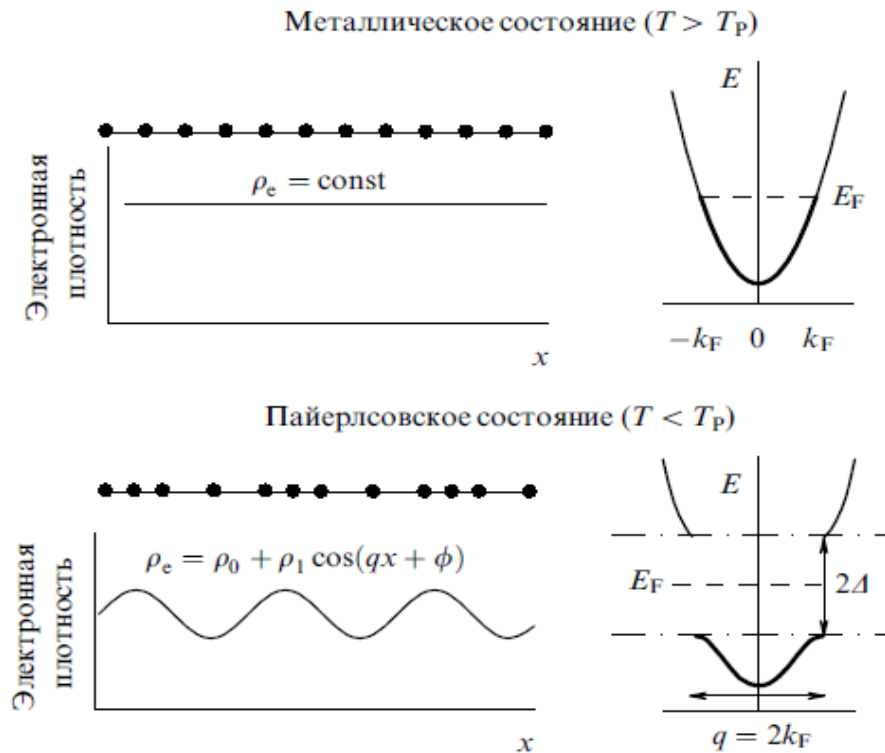
$$\Delta E(k) = E^{(0)}(k) - \epsilon(k) = b\delta + \sqrt{b^2\delta^2 + |V_d|^2}$$

$$\Delta E \approx \frac{2L}{\pi} \int_{-D}^{-D'} \left(b\delta + |b\delta| \left(1 + \frac{|V_d|^2}{(b\delta)^2} \right) \right) d\delta \approx \frac{2L}{\pi} \int_{-D}^{-D'} \frac{|V_d|^2}{b|\delta|} d\delta = -\frac{2L}{\pi} \frac{|V_d|^2}{b} \cdot \ln\left(\frac{D}{D'}\right) \approx$$

$$\approx -\frac{2L}{\pi} \frac{|V_d|^2}{b} \cdot \ln\left(\frac{bD}{|V_d|}\right)$$

упругие потери $\propto |V_d|^2$

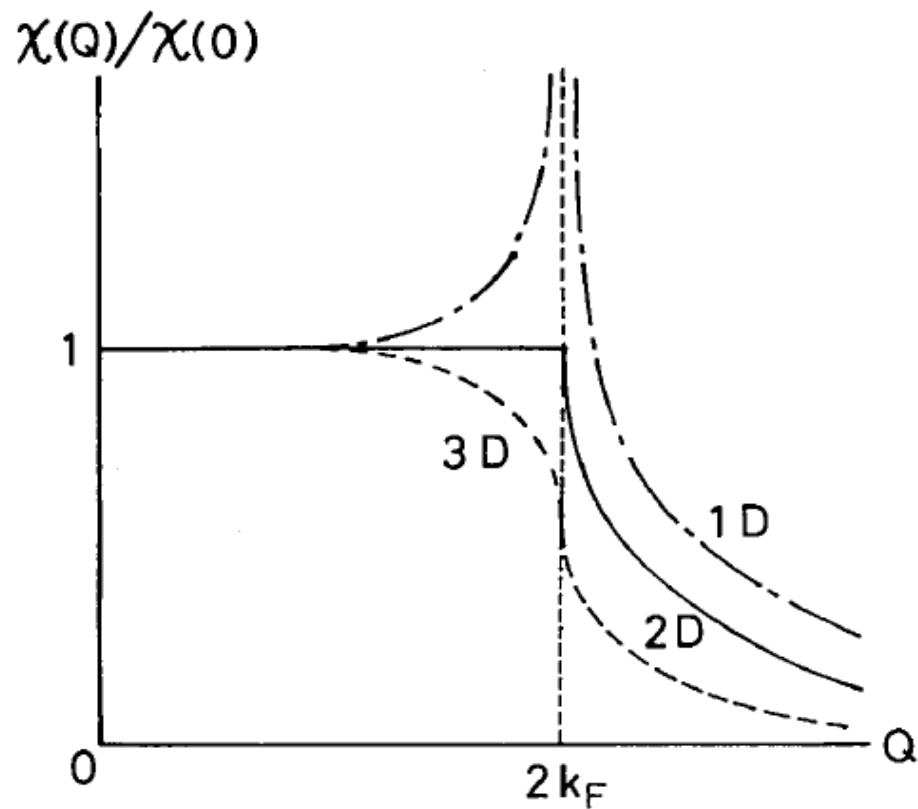
Пайерлсовский переход при произвольном заполнении зоны проводимости.



Формирование волны зарядовой плотности с волновым вектором q .

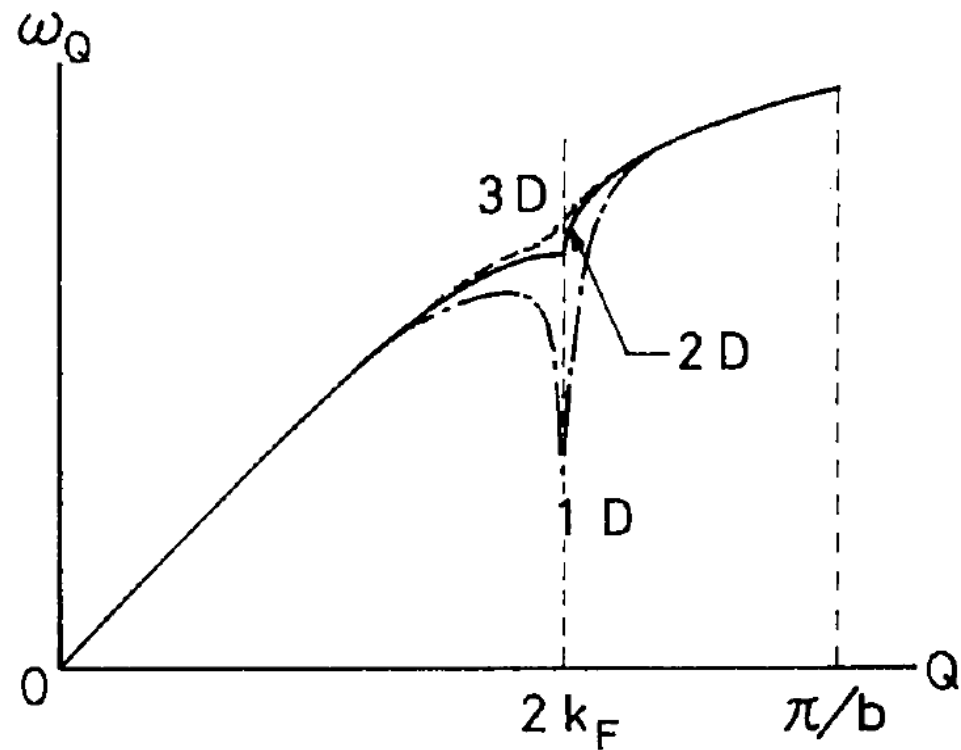
С.В.Зайцев-Зотов, Размерные эффекты в квазиодномерных проводниках с волной зарядовой плотности, УФН, 174, 585 (2004)

Случай двух и трёх измерений, коновская аномалия.



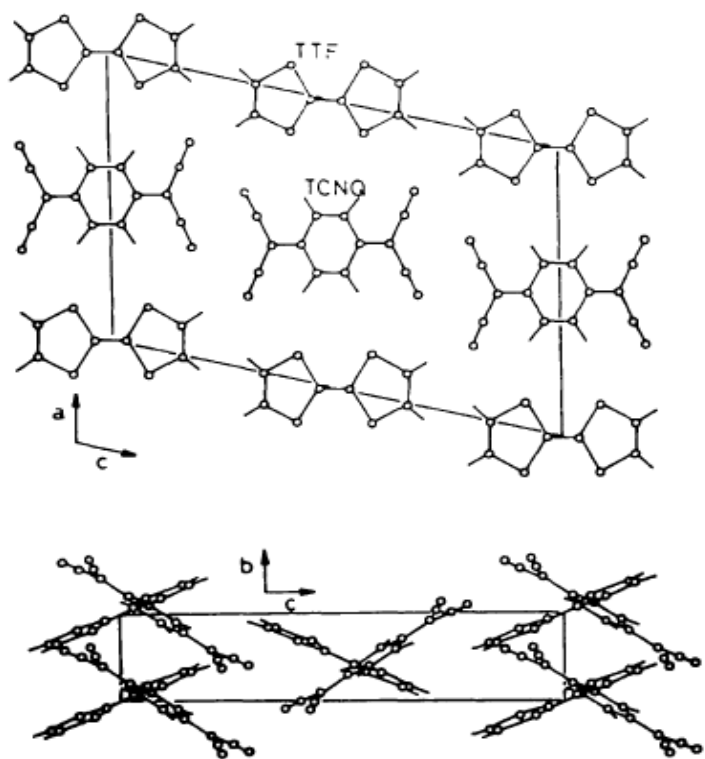
Зависимость обобщённой восприимчивости от волнового вектора в случае различного числа измерений.

Seiichi Kagoshima, Peierls Phase Transition, Japanese Journal of Applied Physics, 20 (1617) (1981)



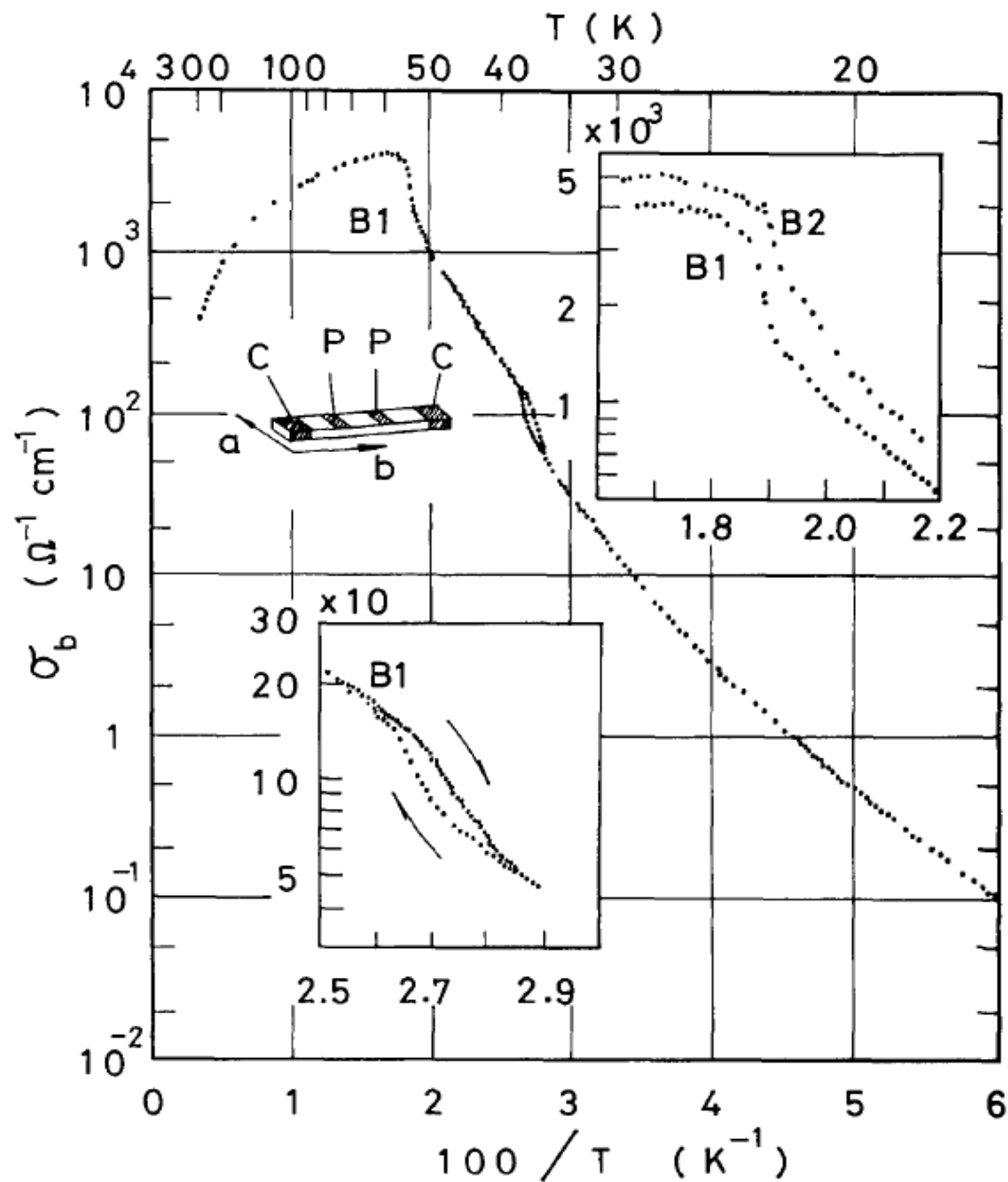
Схематическое изображение аномалии Кона фонного спектра в случае разных размерностей пространства.

Экспериментальные примеры пайерлсовской неустойчивости.



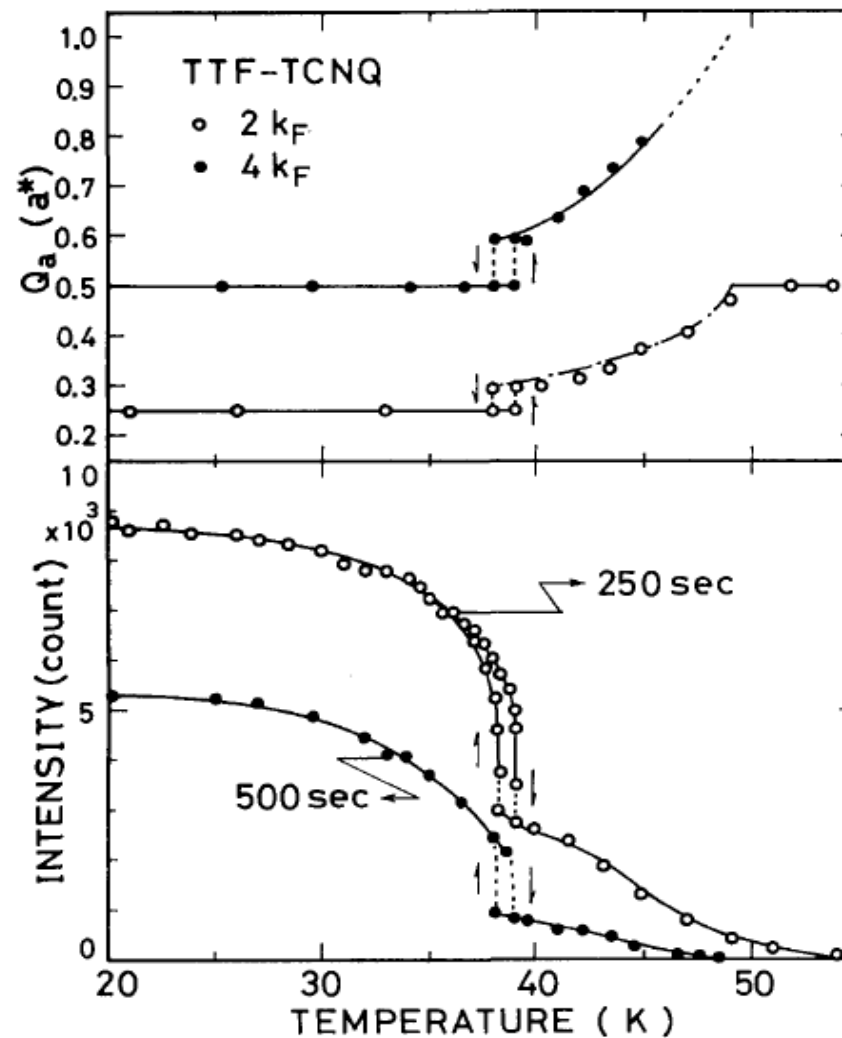
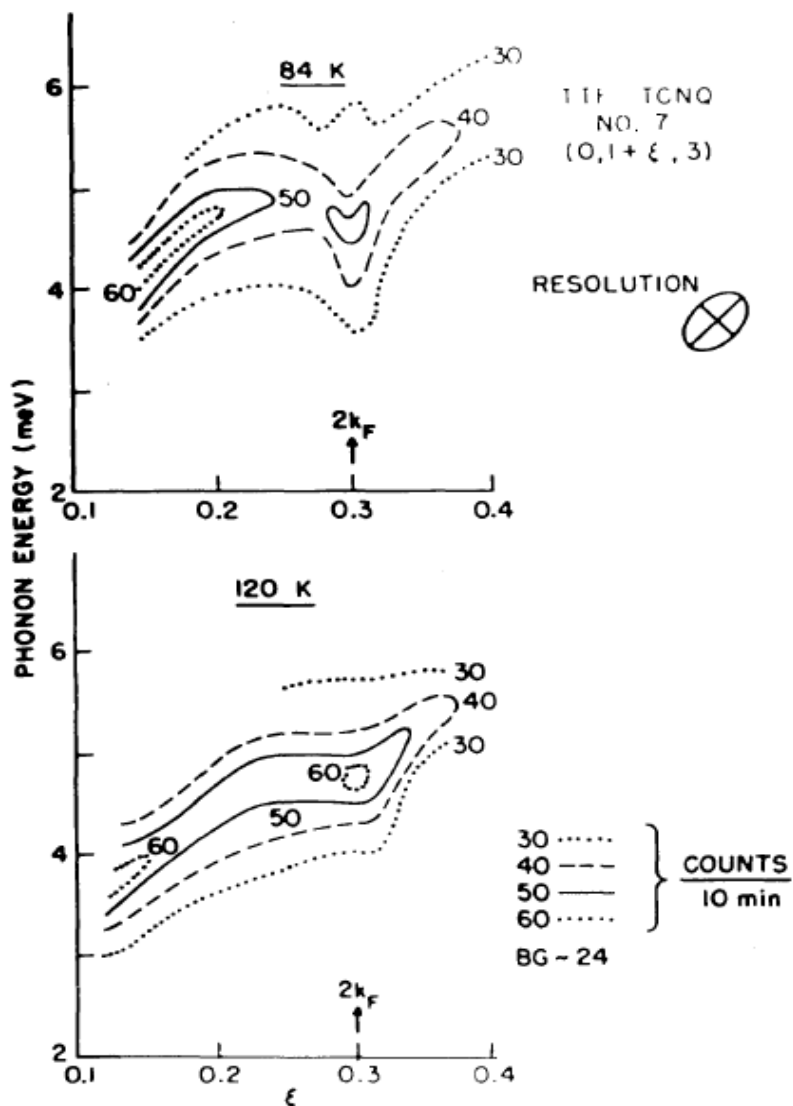
Кристаллическая структура TTF-TCNQ

Seiichi Kagoshima, Peierls Phase Transition, Japanese Journal of Applied Physics, 20 (1617) (1981)



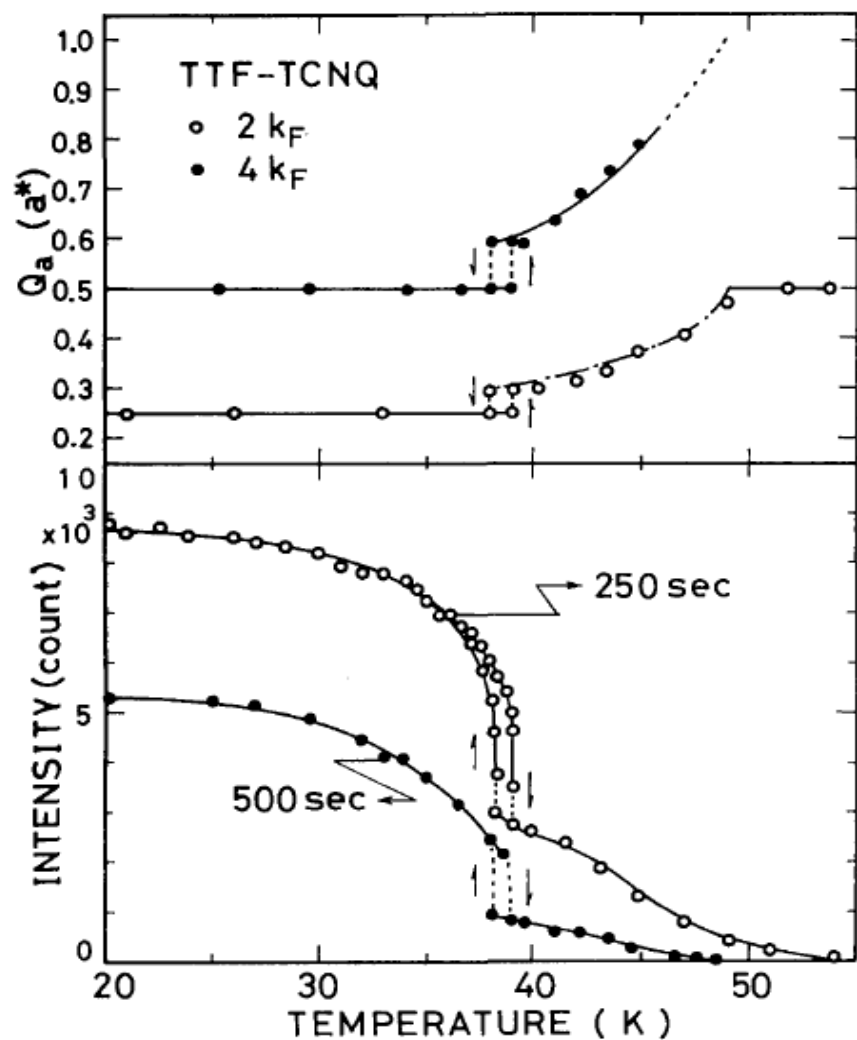
Зависимость проводимости TTF-TCNQ от температуры. Приведены результаты для двух образцов B1 и B2.

Экспериментальные примеры пайерлсовской неустойчивости.

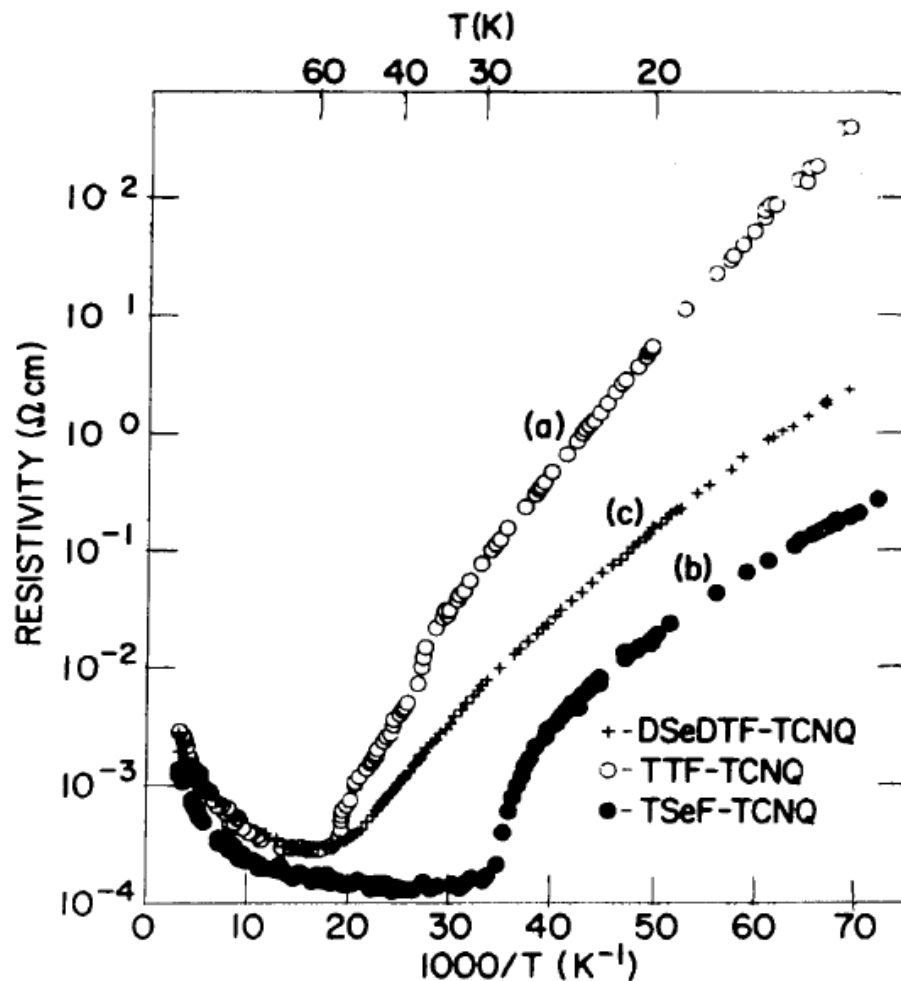


Коновская аномалия в TTF-TCNQ, по данным неупругого рассеяния нейтронов.

Экспериментальные примеры пайерлсовской неустойчивости.

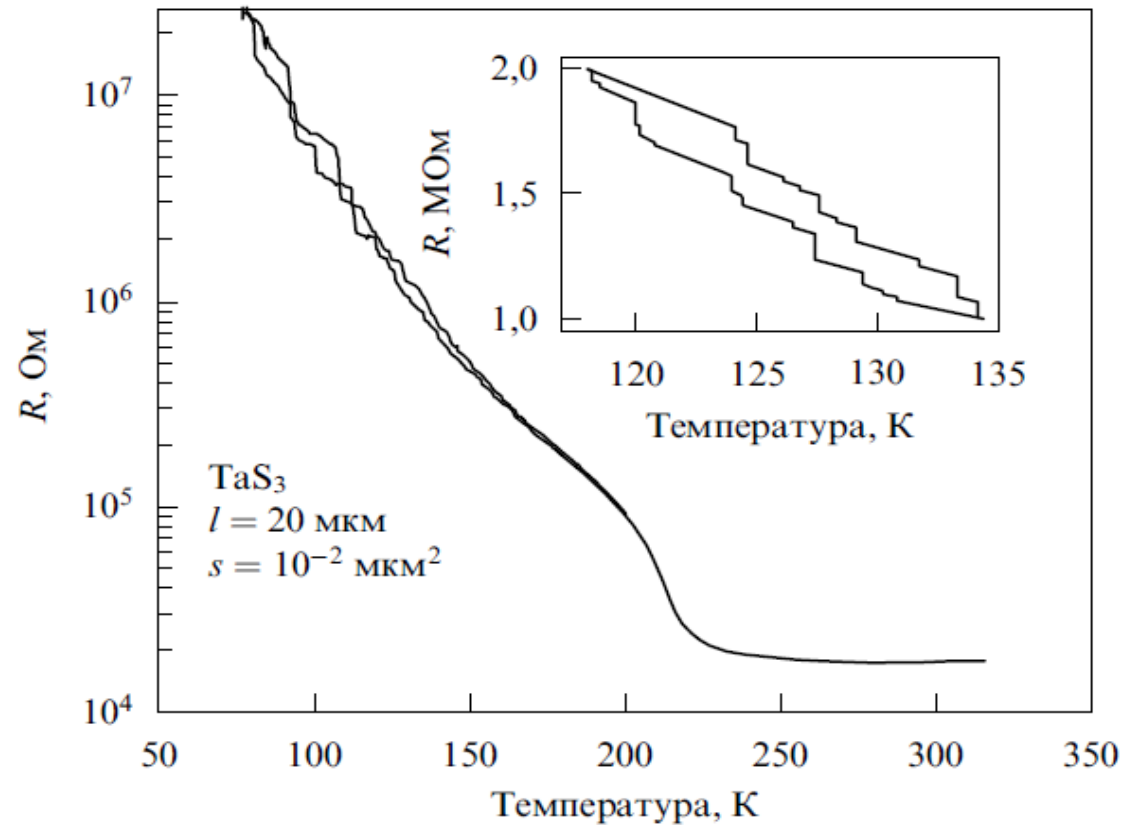


TTF-TCNQ. Зависимость поперечного волнового числа Q_a (сверху) и интенсивности связанного с волнами зарядовой плотности рентгеновского рассеяния от температуры. Сплошными линиями показан результат модельного расчёта.



Зависимость сопротивления от температуры для органических квазиодномерных проводников, демонстрирующих пайерлсовский переход.

Экспериментальные примеры пайерлсовской неустойчивости.



Температурная зависимость сопротивления малого образца TaS_3 . На вставке показан фрагмент зависимости $R(T)$ при циклировании температуры в интервале 118-134К.