

Письма в ЖЭТФ, том 16, вып. 1, стр. 42 – 45

5 июля 1972 г.

**МОТТОВСКИЙ ПЕРЕХОД В КВАЗИОДНОМЕРНЫХ
НЕУПОРЯДОЧЕННЫХ СИСТЕМАХ**

Л. Н. Булаевский, Р. Б. Любовский, И. Ф. Щеголев:

Исходная зона проводимости в хорошопроводящих комплексах тетрацианхинодиметана (ТЦХМ) является частично заполненной, однако, тем-

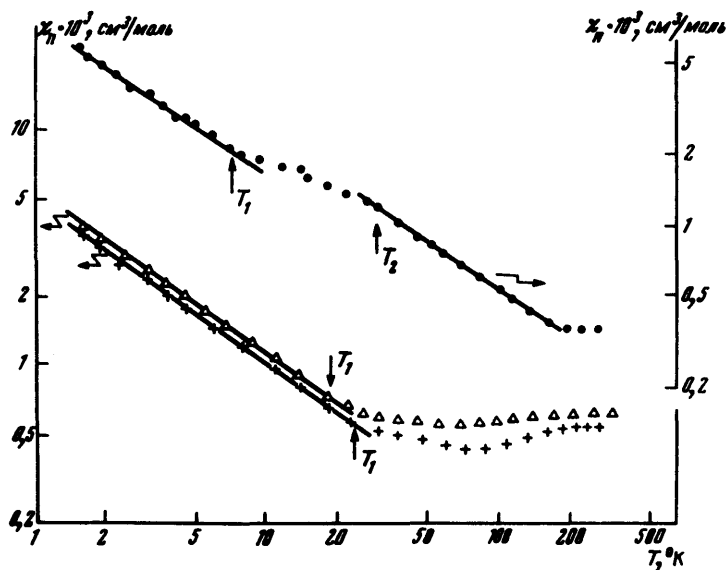
пературная зависимость их проводимости носит неметаллический характер (обзор их свойств дан в [1]). В [2] было показано, что ниже $\sim 15^\circ\text{K}$ электроны в этих комплексах находятся в состоянии одномерного неупорядоченного моттовского диэлектрика (НМД). Из-за наличия моттовской щели в спектре электронных возбуждений низколежащие состояния системы в этой области температур хорошо описываются гамильтонианом Гейзенберга, причем неупорядоченность решетки приводит к случайным вариациям обменного параметра и к дробно-степенной зависимости восприимчивости χ от температуры T и магнитного момента от поля H при $kT \ll g\mu_B H$. Неупорядоченность решетки является, по-видимому, свойством, внутренне присущим всем хорошо проводящим комплексам ТЦХМ, и связана со случайным характером упаковки несимметричных катионов [3, 4], приводящим к возникновению случайного потенциала вдоль проводящих цепочек молекул ТЦХМ. Это приводит к случайному распределению электронной плотности на молекулах ТЦХМ и вызывает тем самым случайные вариации обменного интеграла.

Состояние НМД не может, по-видимому, существовать при температурах, существенно превышающих величину моттовской щели [5]. Эту последнюю можно оценить из данных [1, 6] по температурной зависимости проводимости σ . При $10 - 15^\circ\text{K}$ наклон кривых $\ln \sigma$ от $1/T$ не превышает в хорошо проводящих комплексах ТЦХМ 80°K , поэтому можно думать, что, во всяком случае, выше этой температуры они должны находиться в состоянии, которое можно было бы назвать состоянием одномерного неупорядоченного металла (ОМ). Неметаллический характер зависимости $\sigma(T)$ при этом может быть связан с пространственной локализацией электронов, возникающей из-за неупорядоченности решетки [1, 6, 7].

По-видимому, общим свойством энергетического спектра одномерных неупорядоченных систем является существование особенности в плотности состояний в центре энергетической зоны. Такая особенность возникает, например, в ряде точно рассчитанных моделей [8, 9]. Для узких примесных зон доказательство ее существования было дано в [10]. В [2] было отмечено, что в "металлическом" состоянии n при наличии такой особенности поведение комплексов с зоной, заполненной наполовину, должно качественно отличаться от поведения комплексов с зоной, заполненной на одну четверть, потому что в первом случае уровень Ферми расположен как раз в центре зоны. Собственно, отсутствие такого различия при низких температурах было одним из аргументов, свидетельствующих об НМД — состоянии хорошо проводящих комплексов ТЦХМ.

Мы приведем теперь результаты, показывающие, что при более высоких температурах (выше $\sim 30^\circ\text{K}$) такое различие действительно наблюдается. На рисунке в логарифмических координатах представлена зависимость χ от T для комплексов (хинолиний) (ТЦХМ)₂ (I), (акридин) (ТЦХМ)₂ (II) и (N-метилфеназин) (ТЦХМ) (III). При низких температурах у всех комплексов $\chi \sim T^{-\alpha}$, $0 < \alpha < 1$, что, как показано в [2], свидетельствует о реализации состояния НМД. Заметим, что такой

закон выполняется вплоть до $0,1^\circ\text{K}$ [2]. При повышении температуры, начиная с некоторой температуры T_1 , разной у разных комплексов, ход восприимчивости перестает следовать этому закону. Однако в простой соли III, с наполовину заполненной зоной, при $T > T_2 \approx 30^\circ\text{K}$ вновь наблюдается зависимость $\chi = AT^{-\alpha}$ с $A = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ см}^3/\text{моль}$ и $\alpha = 0,63$ (в низкотемпературной части $\alpha = 0,58$), что свидетельствует, по-видимому, о возникновении состояния ОНМ и является проявлением особенности в плотности состояний в центре зоны. В то же время в сложных солях I, II, исходная зона которых заполнена на 1/4, восприимчивость в области высоких температур слабо зависит от температуры и может быть интерпретирована как обычная паулиевская восприимчивость. Отметим, что отклонение хода $\chi(T)$ в комплексе III от закона $T^{-\alpha}$ в области между T_1 и T_2 лежит далеко за пределами точности измерений, что можно видеть и по малому разбросу точек на рисунке.



Температурная зависимость магнитной восприимчивости нескольких хорошопроводящих комплексов ТЦХМ: + – I, Δ – II, \bullet – III. T_1 и T_2 – температуры начала и конца моттовского перехода. Правая шкала по оси ординат относится к комплексу III, левая – к комплексам I и II

Поведение восприимчивости, аналогичное представленному на рисунке для комплексов I и II, наблюдается у всех известных нам хорошопроводящих комплексов ТЦХМ с исходной зоной, заполненной на 1/4. К сожалению, комплекс III является единственным известным хорошопроводящим комплексом ТЦХМ с исходной зоной, заполненной на 1/2, однако, можно надеяться, что и его поведение является достаточно представительным.

Таким образом, изложенные результаты свидетельствуют, по-видимому, о существовании моттовского перехода в хорошопроводящих комплексах ТЦХМ и являются, вероятно, первым экспериментально

установленным проявлением особенности в плотности состояния в центре зоны одномерных неупорядоченных "металлов".

Выражаем искреннюю благодарность М.Ч.Хидекелю и Э.В.Ягубскому за предоставление образцов.

Институт химической физики
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
31 мая 1972 г.

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Литература

- [1] И.Ф.Шеголев. *Physica status solidi (a)*, **12**, №1, 1972.
 - [2] Л.Н.Будлаевский, А.В.Зварькина, Ю.С.Каримов, Р.Б.Любовский, И.Ф.Шеголев. *ЖЭТФ*, **62**, 725, 1972.
 - [3] Н.Кobayashi, F. Marumo, Y.Saito. *Acta cryst.*, **B27**, 373, 1971.
 - [4] C.F.Frietchie, Jr. *Acta cryst.* **20**, 892, 1966.
 - [5] S.Doniach. *Adv. phys.*, **18**, 819, 1969.
 - [6] F.H.Pperlstein, M.F.Minot, V.Walatka. *Mat. Res. Bul.*, **7**, №4, 1972.
 - [7] A.N.Bloch, R.B.Weisman, C.M.Warma. *Phys. Rev. Lett.*, **28**, 753, 1972.
 - [8] F.Dyson. *Phys. Rev.*, **92**, 1331, 1953.
 - [9] Ю.А.Бычков, А.М.Лыхно. *ЖЭТФ*, **51**, 1923, 1966.
 - [10] И.М.Лифшиц. *ЖЭТФ*, **44**, 1723, 1963.
-