

ПЕРЕХОД 13-АТОМНЫХ РТУТНЫХ КЛАСТЕРОВ В СИЛЬНО ПАРАМАГНИТНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

*В.Н.Богомолов, А.И.Задорожний, Л.К.Панина,
В.П.Петрановский*

В полостях неолита NaA получена ртуть в ультрадисперсном состоянии, в виде кубической решетки из 13-атомных кластеров. При охлаждении в магнитном поле $H \geq 20$ кэ в области 70 – 110 К образец переходит в сильно парамагнитное состояние ($\chi = 5 \cdot 10^{-5}$ см³/г), которое сохраняется при более низких температурах T . Выше 110 К это состояние разрушается и $\chi \approx 10^{-5}$ см³/г. В области перехода восприимчивость χ осциллирует как функция T и H . Имеется большой гистерезис по температуре.

Используя цеолиты как матрицы, можно получать вещества в ультрадисперсном состоянии, в виде пространственных решеток из одинаковых кластеров по 10 – 30 атомов в каждой полости цеолита [1]. Нами была получена кубическая решетка из 13-атомных кластеров ртути в полостях диаметром 11,4 Å цеолита NaA (см. рис.1), постоянная решетки 24,6 Å. Для увеличения стабильности образцов введение ртути проводилось при 20 кбарах и ~ 400° С в течение 20 минут. При таких условиях получались кристаллы с плотностью 3,6 – 3,8 г/см³, что и соответствует примерно 13 атомам ртути в каждой полости. Эффекты, описанные ниже, обнаруживаются только на образцах именно такой плотности.

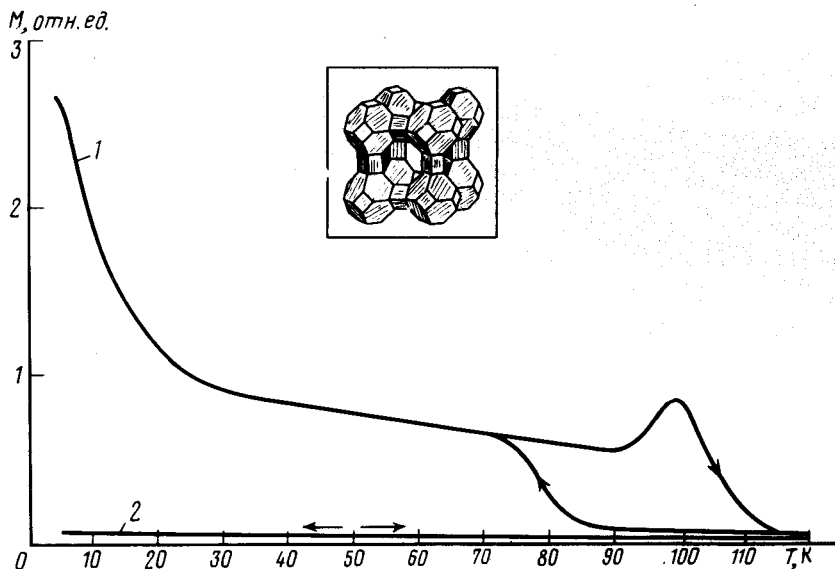


Рис.1. Температурная зависимость $M(T)$ (в отн. ед), полученная при охлаждении и нагревании образца в поле: 1 – 25 кЭ, 2 – 15 кЭ. На вставке – элементарная ячейка цеолита NaA

На рис.1 показана зависимость магнитного момента образца $M(T)$, полученная при охлаждении и нагревании в полях 15 и 25 кЭ. Во втором случае в области 80 К при охлаждении резко возрастает магнитная восприимчивость и затем такое состояние "замораживается" в образце. При низких температурах восприимчивость пропорциональна $1/T$. При нагревании наблюдается гистерезис и выше 110 К образец снова возвращается в слабое парамагнитное состояние (и цеолит, и массивная ртуть являются диамагнетиками). Область 70 – 110 К, по-видимому, есть область переохлаждения. На рис.2 показана зависимость $M(H)$ для различных температур, полученная по мере нагревания образца. Если при низких температурах эта зависимость почти линейная, то в области перехода (переохлаждения) она имеет весьма сложный вид.

На рис.3 эти данные перестроены в виде зависимости $M(T)$ для различных H . Следует отметить, что данные рис.1 и рис.3, по-видимому, не совсем эквивалентные из-за необратимости эффектов в области неустойчивости. Наблюдается также потеря образцом указанных свойств после нескольких циклов "замораживания -размораживания". При хранении образцов ртуть постепенно высачивается из образца, что также приводит к исчезновению эффекта.

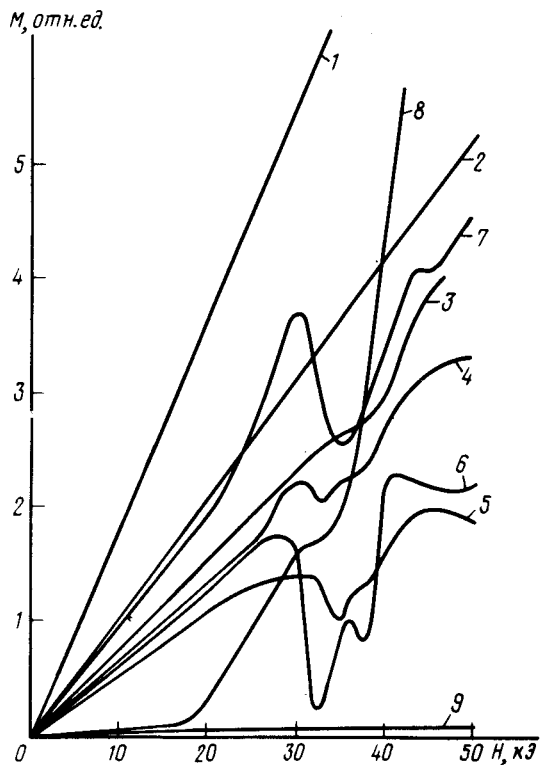


Рис.2. Зависимость $M(H)$ (в отн. ед) образца, "замороженного" в поле 43 кЭ, по мере повышения температуры для: 1 - 20 К, 2 - 40 К, 3 - 55 К, 4 - 65 К, 5 - 72 К, 6 - 80 К, 7 - 92 К, 8 - 110 К, 9 - 125 К

Величина магнитной восприимчивости $\chi_{42\text{К}} \approx 10^{-3} \text{ см}^3/\text{г}$, что близко к парамагнитным свойствам веществ, содержащих ионы железа. Как величина χ , так и ее необычная зависимость от относительно слабых магнитных полей и температуры в какой-то мере напоминают то, что наблюдается у спиновых стекол, однако, появление этих свойств у вещества, компоненты которого диамагнитны, остается неясным. Можно привести ряд соображений, которые, возможно, могут иметь отношение к делу: 1) область 70 - 110 К находится в том районе температур, куда двигается точка плавления ртути при уменьшении размеров образца, причем плавление и твердение таких частиц также имеет большой гистерезис [2]; 2) 13-атомный кластер имеет несколько геометрических конфигураций, близких по энергиям [3], которые, вероятно, могут "размораживаться" в точке "плавления"; 3) эффект привязан к числу атомов в кластере 13, что дает 26 электронов, т.е., столько же, сколько и у атомов железа.

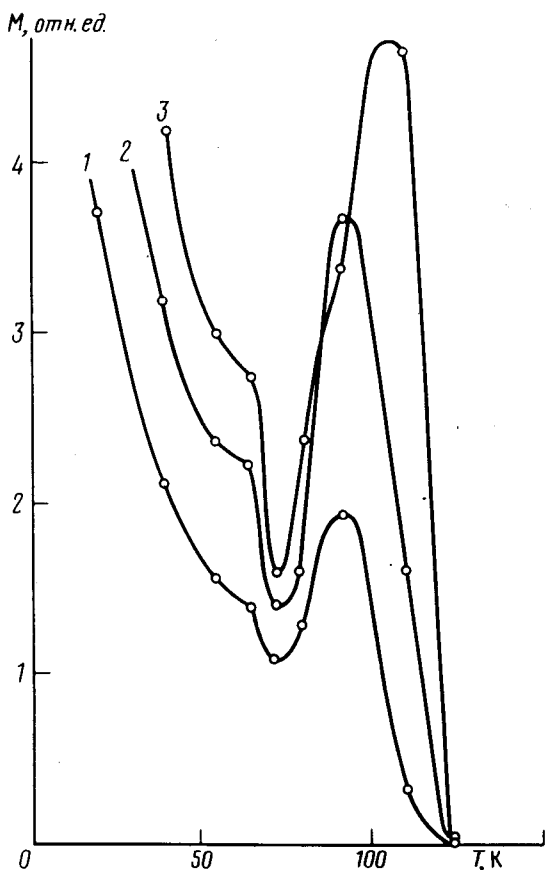


Рис.3. Зависимость $M(T)$ по данным рис. 2 для полей: 1 – 20 кЭ, 2 – 30 кЭ, 3 – 40 кЭ

Если кластер Hg_{13} рассматривать как квазиатом, то в отличие от нормального атома, кроме большего размера, у кластера поле "ядра" не имеет центральной симметрии. Особенности металлической связи остаются и у частиц столь малых размеров [1].

Авторы благодарят Е.К.Кудинова за обсуждение результатов.

Физико-технический институт
им. А.Ф.Иоффе
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
14 февраля 1980 г.

Литература

- [1] В.Н.Богомолов. УФН, 124, 171, 1978.
- [2] В.Н.Богомолов, А.И.Задорожный, А.А.Капанадзе, Э.Л.Луценко, В.П.Петрановский. ФТТ, 18, 3050, 1976.
- [3] M.R.Noare, P.Pal. Advan. in Phys., 20, 161, 1971.