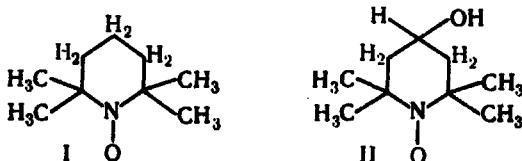


# СВОБОДНЫЕ РАДИКАЛЫ КАК ЦЕПОЧКИ СПИНОВ С АНТИФЕРРОМАГНИТНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ

И.С.Карцхов

С экспериментальной стороны линейные цепочки спинов изучены крайне слабо. Это объясняется прежде всего отсутствием подходящих объектов. Известно всего лишь одно соединение —  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4$ , где предполагается наличие линейной структуры [1]. С теоретической стороны одномерная модель представляет значительный интерес. Это связано с тем, что такая модель при некоторых упрощениях допускает точное решение [2, 3], а также может быть с хорошим приближением рассчитана в весьма общем случае [4, 5].

Ранее при исследовании ряда иминоксильных радикалов методом ЭПР было обнаружено, что для двух из них:



магнитная восприимчивость проходит через максимум при температурах жидкого гелия [6]. Это не было связано с переходом образцов в антиферромагнитное состояние, поскольку сигнал ЭПР наблюдался при всех температурах. В настоящей работе эти два радикала были исследованы при более низких температурах и в магнитных полях до 60 кэ. Сверхнизкие температуры получались методом адиабатического размагничивания. Магнитные поля, необходимые для размагничивания и для измерения момента образца, создавались сверхпроводящими соленоидами. Исследовались монокристаллические образцы весом 15 — 20 мг, имеющие хорошую огранку.

На рис. 1 приведена температурная зависимость магнитной восприимчивости для двух образцов. С понижением температуры восприимчивость достигает максимума, затем уменьшается примерно на 25% и остается постоянной. Никакой зависимости восприимчивости от ориентации монокристалла замечено не было. Для обоих радикалов снималась зависимость магнитного момента от поля. При температурах жидкого гелия момент линейно увеличивается с полем, отклонения от линейности не превышают 10% при 1,7°К. При более низких температурах, если для радикала II эти отклонения все еще не велики, то для ради-

кала I в больших полях наблюдается сильное возрастание магнитного момента (рис. 2).

Такое поведение парамагнетиков хорошо описывается одномерной моделью Гейзенберга с изотропным антиферромагнитным взаимодействием [5]. Все физические характеристики парамагнетика являются

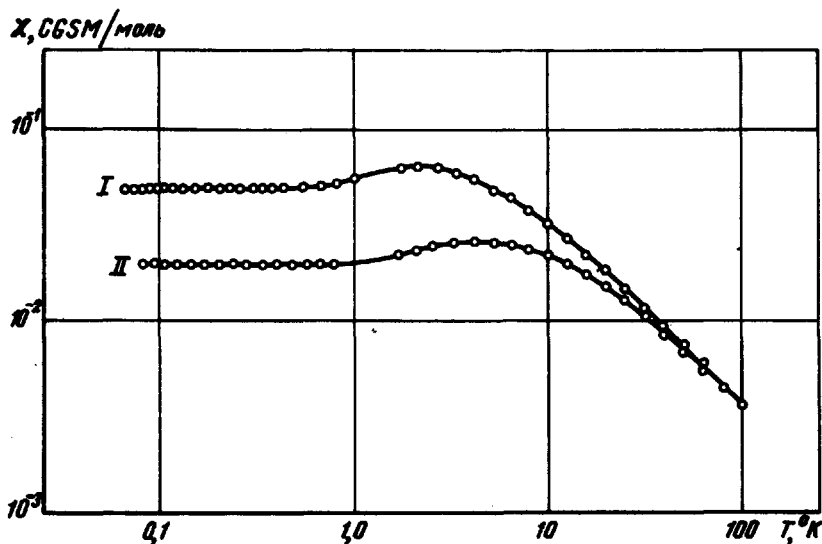


Рис. 1. Температурная зависимость магнитной восприимчивости

функцией одного параметра – обменного интеграла  $J$ . Величина  $J$  наиболее точно может быть определена из зависимости  $M(H)$ . На рис. 2 сплошной линией показана теоретическая зависимость, взятая из работы [5] для  $T = 0$ . Масштаб по оси абсцисс выбран так, чтобы экспериментальные значения наилучшим образом ложились на кривую. При  $T = 0$  и в поле  $H_{кр} = 2J/\mu_B$  должен наблюдаться фазовый переход. Для  $0 < T < J/k$  переход отсутствует, кривая не имеет излома, но ее вид меняется лишь в узкой области полей вблизи поля  $H_{кр}$ . Поэтому из рис. 2 можно заключить, что для радикала I  $2J/\mu_B = 57 \pm 1$  кэ или  $J = 2,64 \cdot 10^{-16}$  эрг.

Другой величиной, характерной для линейной цепочки спинов, является магнитная восприимчивость при  $T = 0$ . Эта величина связана с обменным интегралом соотношением [5]:

$$4J\chi_0/Ng^2\mu_B^2 = 0,259.$$

Если воспользоваться найденной величиной  $J$  и измеренным значением восприимчивости  $\chi_0 = 49,7 \cdot 10^{-3}$  CGSM/моль, то для радикала I имеем:

$$4J\chi_0/Ng^2\mu_B^2 = 0,253.$$

Согласие между экспериментом и теорией весьма хорошее.

Для радикала II величина  $J$  может быть оценена по температуре, где восприимчивость проходит через максимум [4, 5]:

$$J = 0,85 k T_{\max} = 6,0 \cdot 10^{-16} \text{ эрг}$$

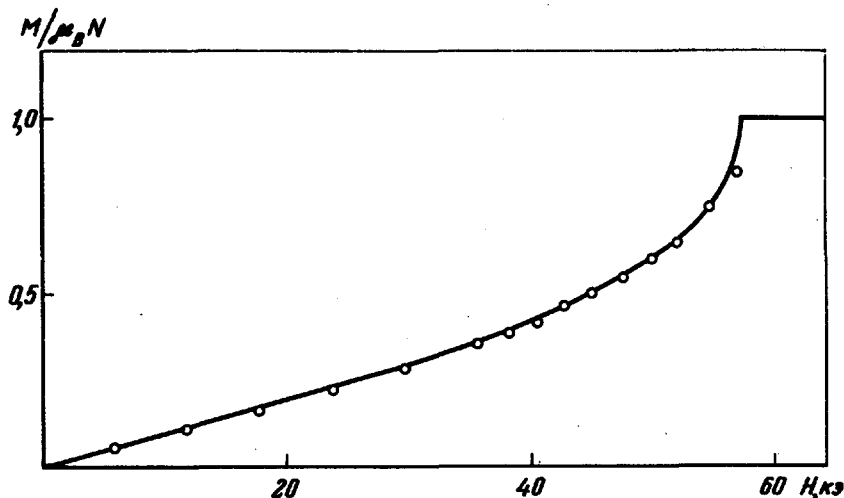


Рис. 2. Зависимость магнитного момента образца 1 от поля при  $T = 0,07^\circ\text{K}$

Ясно, что аналогичное возрастание магнитного момента вблизи поля  $H_{\text{кр}}$  должно наблюдаться в существенно более высоких полях. Таким образом, органические парамагнетики являются удобным объектом для изучения магнитного поведения линейных структур.

В заключение выражаю искреннюю благодарность И.Ф.Щеголеву за полезные обсуждения.

Филиал  
Института химической физики  
Академии наук СССР

Поступило в редакцию  
26 июня 1968 г.

#### Литература

- [1] T. Haseda, H. Kobayashi. J. Phys. Soc. Japan, 19, 1260, 1964.
- [2] E. Lieb, T. Schultz, D. Mattis. Ann. of Phys., 16, 407, 1961.
- [3] С.А.Пикин, В.М.Цукерник. ЖЭТФ, 50, 1377, 1966.
- [4] Л.Н.Булаевский. ЖЭТФ, 43, 968, 1962.
- [5] S. Inawashiro, S. Katsura. Phys. Rev. 140, A892, 1965.
- [6] Ю.С.Каримов, Э.Г.Розанцев. ФТТ, 8, 2787, 1966.