

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО СОСТОЯНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОЙ ПОДРЕШЕТКИ В СОЕДИНЕНИИ $TbCo_5$.

*В.В.Келарев, С.К.Сидоров, А.Н.Пирогов,
А.П.Вохмянин*

При нейтронографическом исследовании соединения $TbCo_5$ установлено соответствие изменения диффузного фона изменению намагниченности тербиевой подрешетки. Делается вывод о сохранении абсолютной величины магнитного момента редкоземельного иона в области изменения ориентации оси легкого намагничивания.

Аномальное уменьшение намагниченности редкоземельной (R) подрешетки в соединении $TbCo_5$, проявляющееся в области 390 – 420 К при переходе "легкая плоскость – легкая ось", в работе [1] объясняется влиянием кристаллографической анизотропии, достигающей в соединениях типа RCo_5 больших значений (порядка 10^8 эрг/см^2). В этом объяснении считается, что аномалия намагниченности R-подрешетки $\Delta m \approx 0,8 \mu_B$ вызывается лишь изменением дезориентирующего влияния теплового движения. Абсолютная величина магнитного момента иона тербия предполагается постоянной.

Подтвердить или опровергнуть предположение о сохранении момента тербия в $TbCo_5$ при изменении температуры может измерение магнитного диффузного рассеяния тепловых нейтронов. К этому выводу можно прийти исходя из следующих соображений.

Можно ожидать, что магнитное разупорядочение R- и Co-подрешеток под влиянием температуры будет приводить к возникновению магнитного диффузного рассеяния нейтронов. Так как в $TbCo_5$ имеет место следующее соотношение между обменными параметрами $I_{Tb-Tb} \ll \ll I_{Tb-Co} < I_{Co-Co}$, то магнитное разупорядочение редкоземельной подрешетки при повышении температуры проявляется в большей степени, чем разупорядочение кобальтовой подрешетки. Если еще учесть, что магнитный момент R-иона значительно превосходит по абсолютной величине магнитный момент Co, а сечение диффузного магнитного рассеяния нейтронов практически квадратично зависит от величины магнитного момента рассеивателя, то следует думать, что в области 4,2 – 700 К, охватывающей переход "легкая плоскость – легкая ось", вклад R-подрешетки в диффузный фон будет доминировать. Характер изменения магнитного диффузного фона с увеличением температуры, естественно, должен определяться тем, как идет процесс поворота легкой оси, сохраняется ли при этом магнитный момент R-иона или он уменьшается.

Методика эксперимента

Измерения проводились на нейтронографе, смонтированном на одном из горизонтальных каналов реактора ИВВ-2. Использовался пучок нейтронов с длиной волны $\lambda = 1,075 \text{ \AA}$. Измерения велись в интервале температур 4,2 – 700 К. Для изучения температурной зависимости интенсивности фона $I_{\phi}(T)$ счетчик устанавливался под углом $2\theta = 6^\circ$. В этой позиции значение формфактора еще велико, а влияние первичного пучка уже практически отсутствует. Ближайший рефлекс (001) расположен в районе 12° . Рассеянием, обусловленным тепловыми колебаниями решетки, здесь также можно пренебречь.

Для установления температурной зависимости намагниченности тербиевой подрешетки с целью сопоставления ее с температурной зависимостью фона при некоторых температурах внутри указанного выше интервала получены нейтронограммы с порошковых образцов; методика приготовления которых описана в [1].

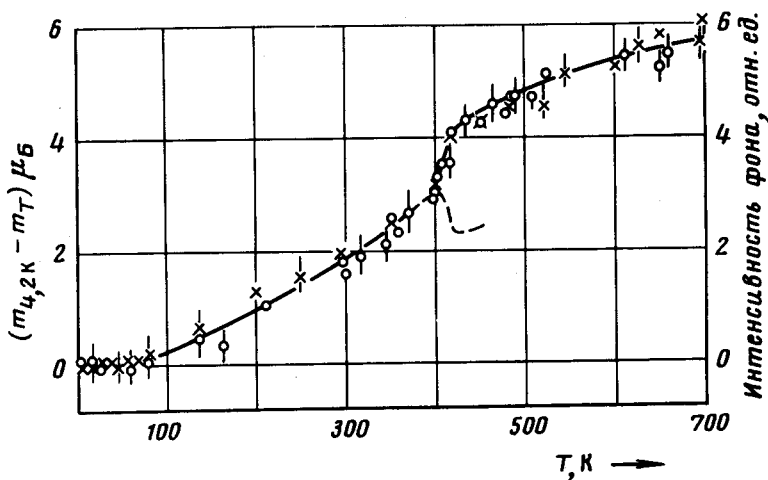
Результаты измерений и их обсуждение

Намагниченность R-подрешетки, начиная примерно с 60 К, сильно зависит от температуры. При 700 К ее величина уже в четыре раза меньше

исходной (при 4,2К). В соответствии с предположением, сделанным в [1], и расчетами [2] характер изменения намагниченности до и после перехода "легкая плоскость — легкая ось" неодинаков. Скорость ее изменения в интервале 60 — 390К больше, чем на участке 420 — 700К. Как уже отмечалось [1], в узкой области 390 — 420К, соответствующей повороту оси легкого намагничивания, наблюдается аномалия в изменении намагниченности ($\Delta m \approx -0,8 \mu_B$).

Как и ожидалось, с повышением температуры появляется значительное диффузное рассеяние, в характере зависимости которого от температуры легко обнаруживается связь с состоянием R-подрешетки.

Действительно, в интервале 4,2 — 60К уровень фона практически не изменяется. На участке 100 — 390К он растет примерно с постоянной скоростью. В районе перехода "легкая плоскость — легкая ось" (390 — 420К) скорость возрастания фона увеличивается примерно втрое по сравнению с предыдущим интервалом. При дальнейшем повышении температуры фон продолжает увеличиваться, но медленнее, чем на втором участке, причем с приближением к 700К можно заметить тенденцию к постепенному замедлению его роста. На рисунке представлена экспериментальная зависимость изменения намагниченности $\Delta m_R = m_{4,2K} - m_T$ R-подрешетки и фона ΔJ_Φ от температуры. Масштаб для ΔJ_Φ подобран таким образом, чтобы точки, отвечающие изменению и намагниченности и фона, при температуре 420К на графике были максимально близки.



Зависимость изменения намагниченности тербиевой подрешетки и фона от температуры в соединении $TbCo_5$: \times — изменение намагниченности Tb-подрешетки (μ_B / at), o — изменение фона (отн. ед.)

Видно, что в этом случае та и другая зависимость удовлетворительно описывается одной кривой, т.е. интенсивность фона с температурой увеличивается пропорционально изменению намагниченности R-подрешетки. Такая связь показывает, что увеличение фона вызвано, главным образом, магнитным (некогерентным) рассеянием нейтронов на R-ионах.

Естественно полагать, что в интервалах 4,2 – 390К и 420 – 700К магнитный момент R-иона сохраняется. Тогда из факта пропорциональности ΔJ_{Φ} и Δm_{Tb} во всем температурном интервале можно уверенно сделать заключение о сохранении абсолютной величины магнитного момента иона тербия и в промежуточной области (390 – 420К).

Изменение намагниченности R-подрешетки за счет уменьшения величины магнитного момента иона Tb неизбежно должно было привести к соответствующему снижению уровня фона, т.е. эффекту в поведении фона, противоположному наблюдаемому. Пунктиром на рисунке изображена расчетная кривая $J_{\Phi}(T)$, полученная в предположении, что в области перехода происходит изменение величины магнитного момента иона тербия на $0,8 \mu_B$ (изменение μ_{Tb} от 8,35 до 7,55 μ_B).

Таким образом, можно считать, что поворот оси легкого намагничивания в $TbCo_5$, имеющий место в интервале 390 – 420К, приводит лишь к увеличению чувствительности тербиевой подрешетки к действию теплового движения атомов.

Институт физики металлов
Академии наук СССР
УНЦ

Поступила в редакцию
17 июля 1977 г.

Литература

- [1] А.С.Ермоленко, Е.В.Розенфельд, Ю.П.Ирхин, В.В.Келарев, А.Ф.Рождда, С.К.Сидоров, А.Н.Пирогов, А.П.Вохмянин. ЖЭТФ, **69**, 1743, 1975.
- [2] В.В.Дружинин, С.П.Запасский, В.М.Повышев. ФТТ, **19**, 159, 1977.