

АНИЗОТРОПИЯ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ОРТОФЕРРИТОВ В ОКРЕСТНОСТИ ТОЧКИ НЕЕЛЯ И ПАРАМАГНИТНОЙ ОБЛАСТИ

В настоящее время большое внимание уделяется исследованию магнитных свойств редкоземельных ортоферритов. Эти исследования в основном проводятся при температурах ниже точки Нееля, и только для ортоферрита YFeO_3 были проведены измерения в районе точки Нееля и выше нее [1, 2, 3].

В данной работе измерены восприимчивости χ_a , χ_b и χ_c ортоферритов с магнитными редкоземельными ионами Gd, Tb, Dy, и для сравнения были повторены измерения восприимчивостей монокристалла FeO_3 .

Как известно, эти вещества имеют слабоискаженную перовскитную кристаллографическую структуру и температуру Нееля порядка 650°K [4]. При температуре выше 20°K в упорядоченном состоянии находятся только ионы железа, в то время как редкоземельные ионы составляют неупорядоченную парамагнитную систему [5, 6]. Ионы железа упорядочиваются антиферромагнитно с направлением спинов вдоль ромбической a -оси. Слабый ферромагнитный момент ортоферритов направлен вдоль c -оси кристаллов [7].

Наши измерения проводились с помощью рычажных методов с электромеханической компенсацией в магнитных полях напряженностью до 12 квт . Точность измерения около $0,8\%$, температура $0,1^\circ\text{K}$. Исследования проводились на монокристаллах спонтанной кристаллизацией из раствора в расплаве свинцовых соединений (метод Ремейки). Кристаллы выращены в Институте кристаллографии АН СССР Тимофеевой. Они имели вид хорошо ограненных параллелепипедов, причем внешняя огранка их была образована плоскостями, параллельными граням элементарной ячейки. Вывод к истинным осям осуществлялся на гониометре.

На рис. 1 приведены температурные зависимости восприимчивости χ_a , χ_b и χ_c монокристаллов TbFeO_3 и YFeO_3 . Аналогичные зависимости наблюдались для GdFeO_3 и DyFeO_3 . Восприимчивость χ_a ортоферритов ведет себя подобно восприимчивости χ_{\perp} обычных антиферромагнетиков. При повышении температуры до точки Нееля она возрастает, проходит через максимум в T_N и затем резко падает при дальнейшем росте температуры. Для YFe_3 наши результаты совпадают с данными работы [3] и несколько отличается от данных [1, 2]. В [2] χ_a иттриевого ортоферрита ниже точки Нееля с температурой практически не менялась.

Для всех исследованных нами ортоферритов восприимчивость χ_c имеет острый максимум в T_N , обусловленный слабым ферромагнетизмом, слабый спонтанный магнитный момент направлен по оси c , более резкий, чем максимум χ_a в T_N и сдвинут относительно последнего на $11-0,5^\circ$ в сторону высоких температур.

Температурная зависимость χ_b подобна зависимости $\chi_{\perp}(T)$ обычных антиферромагнетиков; до точки Нееля восприимчивость χ_b почти не меняется с температурой

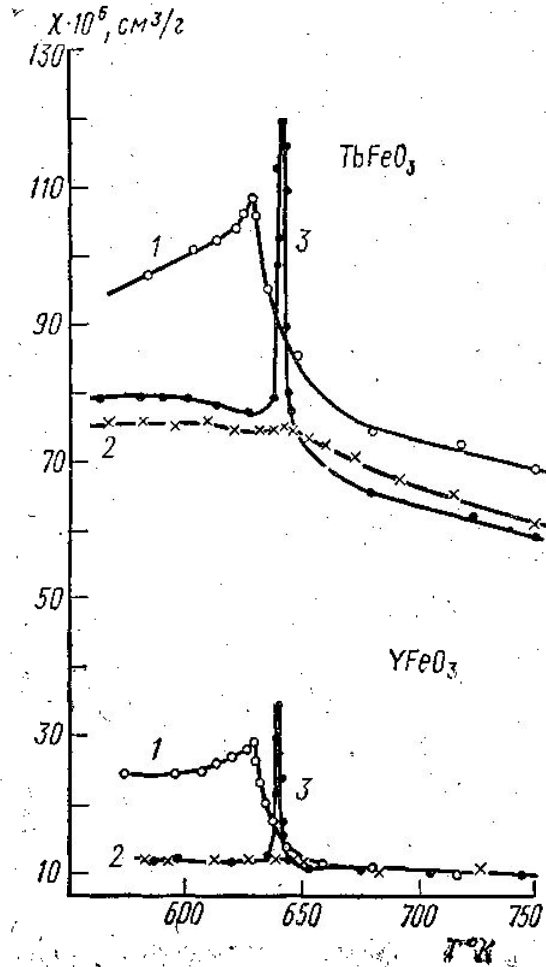


Рис. 1. Температурная зависимость магнитной восприимчивости χ в окрестности точки Нееля ортоферритов YFeO_3 и TbFeO_3 для трех направлений магнитного поля: 1 — $H||a$, 2 — $H||b$, 3 — $H||c$

(см. рис. 1), а в области точки перехода наблюдается слабовыраженный максимум, совпадающий по температуре с максимумом χ_c .

На рис. 2 и 3 приведены зависимости $1/\chi_a(T)$, $1/\chi_b(T)$ и $1/\chi_c(T)$ ортоферритов

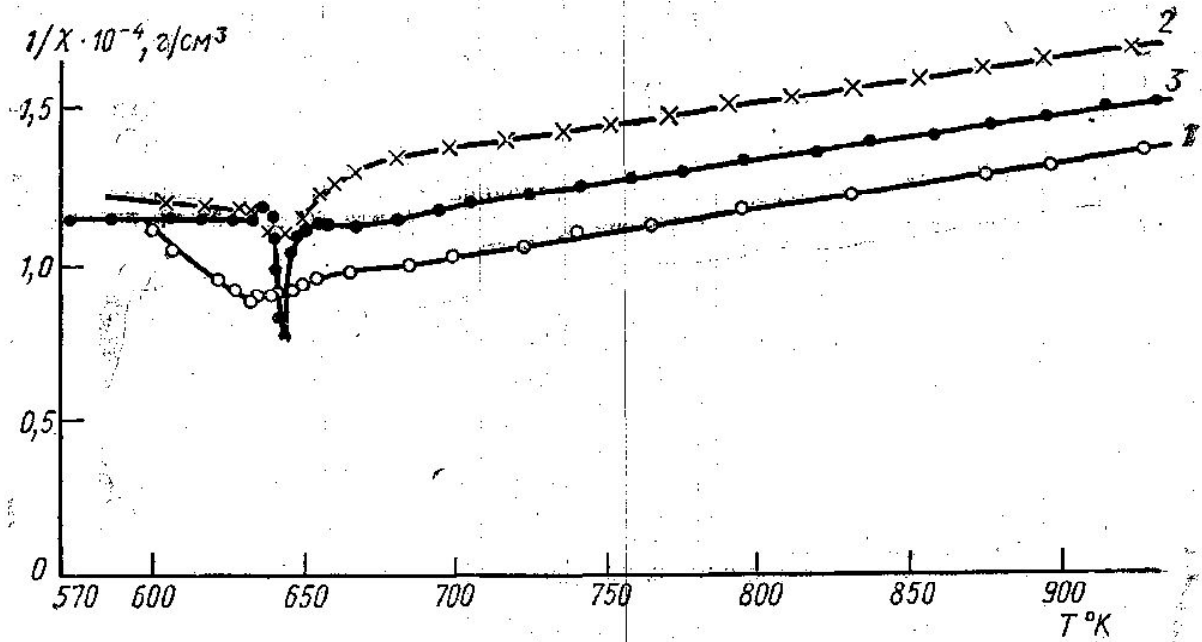


Рис. 2. Температурная зависимость обратной восприимчивости $1/\chi$ ортоферрита CdFeO_3 для трех направлений магнитного поля: 1 — $H\|a$, 2 — $H\|b$, 3 — $H\|c$

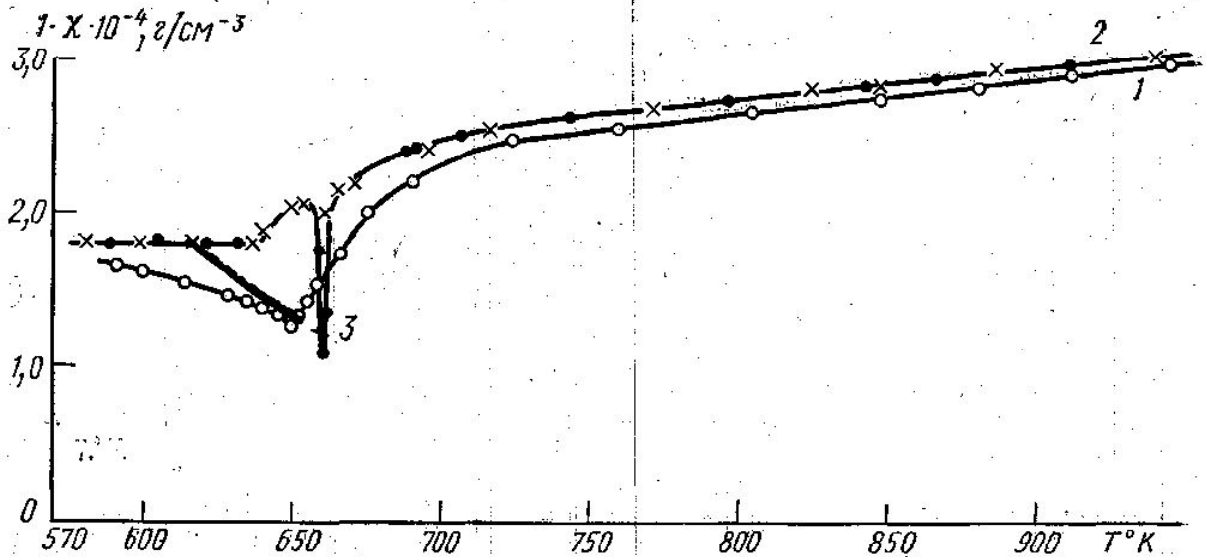


Рис. 3. Температурная зависимость обратной восприимчивости $1/\chi$ ортоферрита DyFeO_3 . Обозначения те же, что на рис. 2

GaFeO_3 и DyFeO_3 . Начиная с температуры 700°K главные восприимчивости ортоферритов подчиняются закону Кюри — Вейсса:

$$\chi_{a,b,c} = \frac{c}{T - \theta_{pa,b,c}} \quad (1)$$

Здесь парамагнитные температуры Кюри $\theta_{pa} > \theta_{pc}$ для всех ортоферритов, а $\theta_{pb} \approx \theta_{pc}$ у ортоферритов GdFeO_3 и YFeO_3 и несколько различаются у TbFeO_3 и DyFeO_3 . Парамагнитная восприимчивость ортоферрита YFeO_3 в пределах ошибки опыта изотропна по всем направлениям a , b и c .

Вещество	$\theta_{pc}, ^\circ\text{K}$	$\theta_{pa}, ^\circ\text{K}$	$\Delta\theta_p, ^\circ$	$C_M, \text{эксп}$	$C_M, \text{теор}$
GdFeO ₃	-500±3	-480±3	20±6	13,05	12,3
TbFeO ₃	-415±5	-290±5	135±10	16,5	16,1
DyFeO ₃	-375±5	-225±5	150±10	18,5	18,4
YFeO ₃	-3850±5	-3850±5	0±10	4,5	4,4

В таблице приведены значения θ_{pc} и θ_{pa} и величины $\Delta\theta_p$, характеризующие анизотропию величины θ_p , а также величины экспериментальных и теоретических постоянных C_M всех исследованных нами кристаллов. Разность парамагнитных точек Кюри $\Delta\theta_p$ меняется при переходе от иттриевого ортоферрита к диспрозиевому от 0 до 150°. Анизотропия парамагнитной восприимчивости в области, где выполняется закон Кюри — Вейсса, и анизотропия парамагнитной точки Кюри ортоферритов, по-видимому, вызвана только одноионной анизотропией редкоземельных ионов. Из рис. 2 и 3 и таблицы видно, что у ортоферритов, редкоземельные ионы которых парамагнитны, наименьшей анизотропией парамагнитных свойств обладает GdFeO₃ и наибольшей — TbFeO₃ и DyFeO₃.

Основное состояние иона Gd³⁺ — это s-состояние и небольшая анизотропия парамагнитной восприимчивости GdFeO₃, по-видимому, вызвана возмущающим действием кристаллического поля ромбической симметрии на электронное облако иона Gd³⁺. Ионы Tb³⁺ и Dy³⁺ обладают большим орбитальным моментом, поэтому в кристаллическом поле симметрии ниже кубической следует ожидать большую анизотропию парамагнитных свойств, что и наблюдается на опыте.

Автор благодарен К. П. Белову и А. М. Кадомцевой за ряд ценных замечаний и А. Н. Горяге за помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смоленский Г. А., Юдин В. М. Труды X Международной конференции по физике низких температур, 1966.
2. Yudin V., Sherman A. B., Mylnikova J. E. Phys. Lett., 22, 554, 1966.
3. Gorodetsky G., Shrikman S., Tenenbaum I., Treves D. Phys. Rev., 181, 823, 1969.
4. Treves D. J. Appl. Phys., 36, 1033, 1965.
5. Koehler W., Wollan E., Wilkinson C., Cable J. Acta Cryst., 10, 845, 1957.
6. Белов К. П., Кадомцева А. М., Левитин Р. З. ЖЭТФ, 47, 439, 1964.
7. Bozorth R., Kramer V., Remeika J. P. Phys. Rev. Lett., 1, 3, 1958.

Поступила в редакцию
5.6 1970 г.

Кафедра
общей физики для биологов

УДК 539.293.3

А. М. СМЕРНОВ, Ю. С. КОНСТАНТИНОВ

О ВЛИЯНИИ НЕОДНОРОДНОСТИ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФОРМУ СИГНАЛОВ ЯМР

В связи с широким применением модуляционного и многочастотных методов в практике ЯМР-спектроскопии высокого разрешения нередки случаи, когда на исследуемый образец, кроме слабого резонансного поля, действует нерезонансное ВЧ-поле значительной амплитуды.

Как известно, под действием этого поля собственная частота спин-системы [1, 2] изменяется на величину