

Письма в ЖЭТФ, том 10, стр. 125 – 129

5 августа 1969г.

О КОЭФФИЦИЕНТАХ ХОЛЛА ФЕРРОМАГНЕТИКОВ В ОБЛАСТИ ПАРАПРОЦЕССА

Т.Н.Июшева

Для описания эффекта Холла в ферромагнетиках в области парапроцесса в работе [1] было принято трехчленное выражение:

$$E = R_0 H + R_J J_s + R_I J_I, \quad (1)$$

где E – ЭДС Холла, отнесенная к единице силы тока через образец и единице толщины образца; R_0 и R_J – обыкновенный и аномальный коэф-

коэффициенты Холла; R_1 — коэффициент Холла, соответствующий истинной намагниченности J_1 , равной разности между полной (J) и самопроизвольной (J_s) намагниченностью образца; H — напряженность истинного магнитного поля в образце ($H = H_0 - NJ$, где H_0 — напряженность внешнего магнитного поля, N — размагничивающий фактор образца). В работе [1] сделано утверждение, что коэффициенты R_J и R_1 для гадолиния и сплава инварного типа соответственно сравнимы по величине, но отличаются по характеру температурной зависимости.

На основе анализа экспериментальных данных покажем, что в соотношении для эффекта Холла обычных ферромагнетиков в области парапроцесса с хорошей точностью $R_J = R_1$, так что для описания эффекта Холла достаточно двух слагаемых. Обыкновенный член в (1) должен быть записан в виде $R_0 B$ ($B = H + 4\pi J$ — магнитная индукция, которая является усредненным микроскопическим полем в ферромагнетике), а коэффициент R_0 следует определять непосредственно по измерениям ниже точки Кюри. Метод вычисления коэффициентов Холла ферромагнетиков в области парапроцесса предлагается ниже.

Запишем выражение для ЭДС Холла в виде:

$$E = R_0 B + R_F \sigma + R_1 \sigma_1, \quad (2)$$

где R_0 и R_F — обыкновенный и ферромагнитный коэффициенты Холла, R_1 — некоторый коэффициент (подлежащий определению), $\sigma = J/\rho$ и $\sigma_1 = J_1/\rho$ — соответственно удельная полная и истинная намагниченность, ρ — плотность вещества. Учтем, что в области парапроцесса, исключая, быть может, небольшую окрестность вблизи самой точки Кюри θ_f ,

$$H = a\sigma + b\sigma^3, \quad (3)$$

где a и b — термодинамические коэффициенты, зависящие от температуры и давления [2].

Легко убедиться что значение постоянной R_0 образца при данной температуре с хорошей точностью может быть определено по отношению угловых коэффициентов прямых E/σ от σ^2 и H/σ от σ^2 для сильных магнитных полей. Постоянные R_F и R_1 вычисляются по зависимости величины $E - R_0 B$ от σ_1 . Экстраполяция прямой $E - R_0 B$ к значению $\sigma_1 = 0$ дает произведение $R_F \sigma_s$. Величина самопроизвольной намагниченности σ_s определяется методом термодинамических коэффициентов. Из выражения (2) следует что тангенс угла наклона экспериментальной прямой в координатах $\sigma_1, E - R_0 B$ дает значение суммы $R_F + R_1$.

При вычислении коэффициентов R_o , R_F и R_j гадолия были обработаны данные работы [3]. Экспериментальные данные работы [1] не могли быть использованы, так как измерения [1] на Gd проведены при недостаточно высоких значениях напряженности магнитного поля H . На рис. 1 приведены зависимости намагниченности J от H для Gd при 230°K , полученные в работе [3] (кривая I.) и в работе [1] (кривая II). Из рисунка видно, что интересующая нас область парапроцесса в работе [1] не исследована.

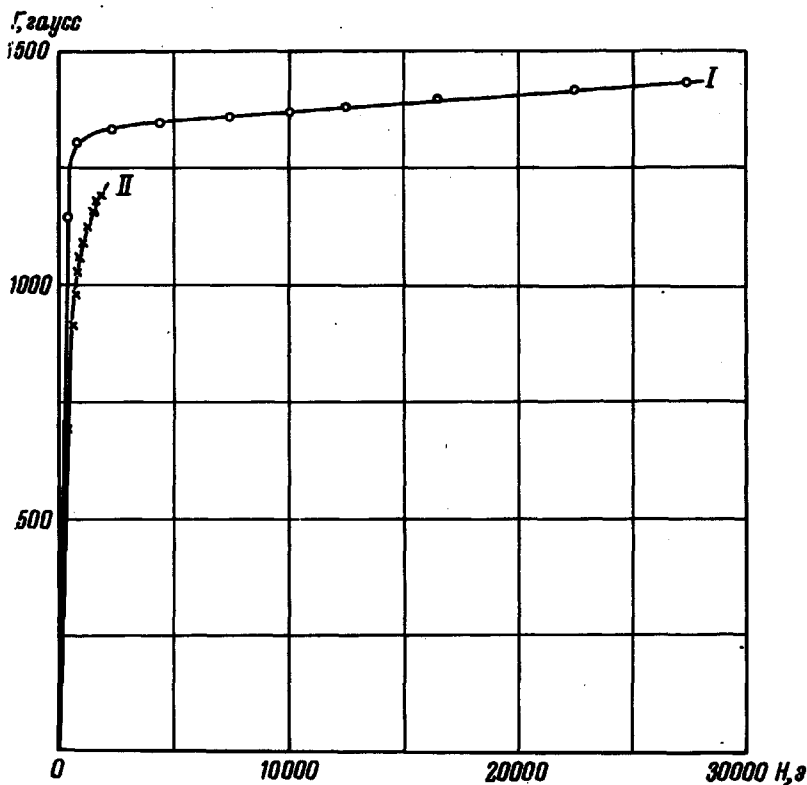


Рис.1

На рис. 2 представлена зависимость разности $E - R_o B$ от σ_i для Gd при 290°K . Значения R_F и R_j/R_F , определенные по этому графику для температуры $T/\theta_f = 0,983$, приведены в таблице. В таблице представлены также результаты обработки экспериментальных данных по эффекту Холла в ферромагнитных сплавах CrTe [4] и MnSb [5].

В таблице для каждого из ферромагнетиков в скобках приведены значения ферромагнитного коэффициента Холла R_F , определенные для максимального по отношению к низким температурам значения T/θ_f мето-

дом экстраполяции прямых $E(B)$ от больших значений B к $B=0$, (или, что то же самое для образцов с $N=4\pi$, экстраполяцией прямых $E(H_0)$ к $H_0=0$). Далее для ряда температур вблизи точки Кюри приведены значения R_F и R_1/R_F , полученные из уравнений (3), (4) описанным выше способом. Таблица показывает, что для перечисленных образцов в пределах точности измерений коэффициенты R_F , определенные при одинаковых T/θ_f двумя способами, совпадают и, кроме того, отношения R_1/R_F близки к нулю. Аналогичные результаты получены для сплава Ni - Cu (23,4 ат. % Cu) [6].

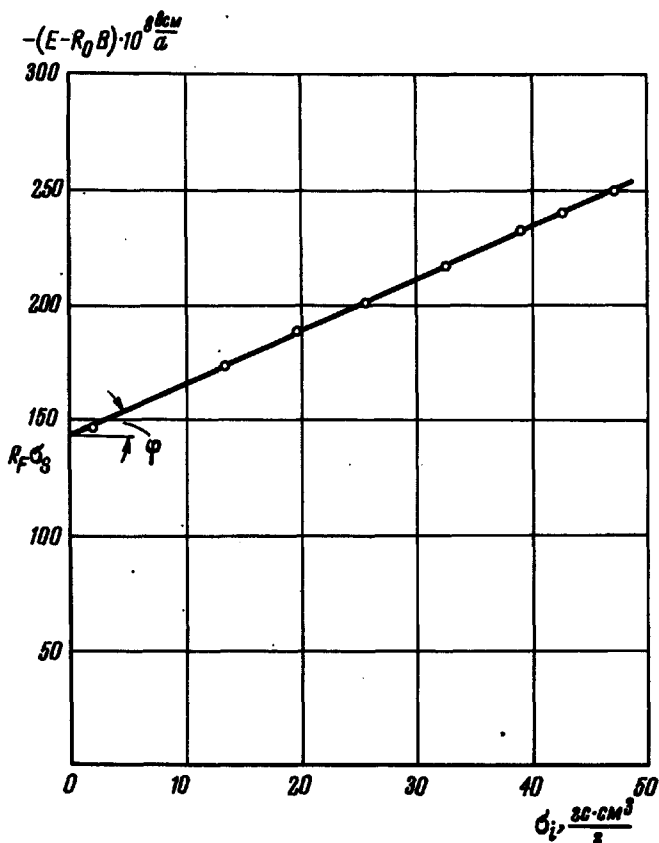


Рис.2

Таким образом, изложенный выше метод позволяет с достаточной степенью точности определять коэффициенты Холла ферромагнетиков в области парапроцесса, а приведенные данные убедительно показывают, что для исследованных образцов нет необходимости вводить в выражение (2) третье слагаемое.

Интересно, что ферромагнитный коэффициент Холла R_F не претерпевает скачка при переходе через температуру Кюри. Это видно из таблицы, в которой для сравнения приведены значения R_F , полученные в работах [3–5] на основании измерений в парамагнитной области температур $T/\theta_f \gg 1$.

Вещество	$\theta_f, ^\circ\text{K}$	T/θ_f	$R_F \cdot 10^9 \frac{\text{см}^2}{\text{с}}$	$R_i/R_F, \%$
Gd [3]	295	(0,7695)	(-25,2)	-5,4
		0,983	-24	
		$\gg 1$	-21	
CrTe [4]	327	(0,905)	(-286)	+2,2
		0,905	-289	
		0,927	-306	
		0,957	-335	
		$\gg 1$	-325	
MnSb [5]	589	(0,9438)	(+48,3)	-3,7
		0,9438	+48	
		0,9671	+55	
		0,9920	+60	
		$\gg 1$	+67	

Автор выражает благодарность академику И.К.Кикоину за обсуждение работы.

Поступила в редакцию
12 июня 1969г.

Литература

- [1] Е.П.Свирина, Э.А.Новикова, Е.Н.Поливанова. Письма в ЖЭТФ, 9, 96, 1969.
- [2] В.Л.Гинзбург. ЖЭТФ, 17, 833, 1947; К.П.Белов. Магнитные превращения, М., Физматгиз, 1959.
- [3] Н.А.Бабушкина. ФТТ, 7, 3027, 1965.
- [4] И.К.Кикоин, Е.М.Буряк, Ю.А.Муромкин. ДАН СССР, 125, 1011, 1959.
- [5] И.К.Кикоин, Н.А.Бабушкина, Т.Н.Игошева. ФММ, 10, 488, 1960.
- [6] И.К.Кикоин, Т.Н.Игошева. ЖЭТФ, 46, 67, 1964.