

Вестник МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 2 — 1962

В. И. ИВАНОВСКИЙ

ОБ ОЦЕНКЕ ВЕЛИЧИНЫ ОБМЕННОГО ИНТЕГРАЛА В ФЕРРОМАГНЕТИКАХ

Предложен метод оценки величины обменного интеграла по результатам магнитных и температурных измерений в области истинного намагничивания. Экспериментальная оценка проведена для железа и никеля.

Величину обменного интеграла A в ферромагнетиках можно оценить либо по величине ферромагнитной точки Кюри θ из соотношения $zA = \frac{k\theta}{2}$ (z — координатное число), либо по результатам измерений температурной зависимости спонтанной намагниченности в области низких температур. В этом случае используется закон «трех вторых» Блоха $I_s = I_0(1 - \alpha T^2)$. В экспериментально определяемую величину α входит обменный интеграл, следовательно, измеряя $I_s(T)$, можно также оценить величину A .

Можно попытаться оценить величину обменного интеграла по результатам магнитных и температурных измерений в области истинного намагничивания. В этом случае согласно современным представлениям намагничивание связано с поворотом спиновых магнитных моментов в направлении результирующего магнитного момента области спонтанной намагниченности, что приводит к уменьшению обменной энергии (а также магнитной). Если в единице объема под действием магнитного поля поворачивается N спинов, то соответствующее изменение обменной энергии $\Delta U_A = NzA$. Если процесс намагничивания происходит адиабатически, то за счет этой высвободившейся внутри образца энергии телу сообщается некоторое количество теплоты $\Delta Q = c_p \Delta T$, то есть температура тела повышается на величину ΔT (магнегокалорический эффект). Следовательно, имеем соотношение $NzA = c_p \Delta T$. Величину N — число спинов, повернувшихся под действием магнитного поля H в направлении результирующего момента области спонтанного намагничивания, можно определить по измерениям намагниченности в области истинного намагничивания из соотношения $N\beta = I_p$ (β — магнетон Бора, I_p — истинная намагниченность). Из приведенных выше соотношений можно получить следующую формулу для оценки величины обменного интеграла:

$$A = \frac{c_p \beta \Delta T}{I_p z}, \quad (1)$$

c_p — объемная теплоемкость, ΔT — повышение температуры ферромагнетика при истинном намагничивании I_p .

Величина ΔT измерялась следующим образом: на образец (исследовались образцы никеля и железа в форме стержней $l=60$ мм, $d=3$ мм*), накладывалось начальное магнитное поле $H_0=2 \cdot 10^3$ эрст. Это поле необходимо, чтобы исключить тепловые эффекты, связанные с техническим намагничиванием. Затем магнитное поле скачком изменялось от H_0 до $H_m=5 \cdot 10^3$ эрст. Как показал эксперимент, при изменении магнитного поля от H_0 до H_m $(\Delta T)_{\text{Fe}} = 1 \cdot 10^{-3}$ град., $(\Delta T)_{\text{Ni}} = 5 \cdot 10^{-3}$ град. Величину I_p можно определить из соотношения $I_p = \int_{H_0}^{H_m} \chi_p dH$, если известна восприимчивость χ_p истинного намагничивания и ее полевая зависимость. Анализ экспериментальных работ [3], [4], [5], [6], а также дополнительных проведенных нами измерения дали следующие значения для величины I_p — истинной намагниченности в интервале полей $2 \cdot 10^3$ — 5×10^3 эрст.: $(I_p)_{\text{Fe}} \approx 0,2$ гаусс $(I_p)_{\text{Ni}} \approx 0,1$ гаусс.

Используя эти экспериментальные данные, из соотношения (1) для величины $J = zA$ (обменного интеграла в расчете на атом) железа и никеля получаем приблизительно одинаковую величину и равную $\approx 2 \cdot 10^{-14}$ эрг. Как известно, по результатам низкотемпературных измерений [7], [8], величина J для железа и никеля равна $\approx 3 \cdot 10^{-14}$ эрг. Значения J , оцененные по величине ферромагнитной точки Кюри, для железа и никеля составляют соответственно $7,5 \cdot 10^{-14}$ эрг и $4,5 \cdot 10^{-14}$ эрг.

Выражаю благодарность профессору Е. И. Кондорскому за обсуждение результатов этой работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ивановский В. И., Денисов П. П. ФММ, 4, вып. 3, 550, 1957.
2. Ивановский В. И. ФММ, 7, вып. 1, 29, 1959.
3. Weiss P., Fogger R. App. phys., [10], 12, 279, 1929.
4. Polley H. App. Physik, 36, 625, 1939.
5. Мирясов Н. З. «Вестн. Моск. ун-та», № 5, 65, 1951.
6. Роде В. Е., Гофман У. НДВШ, сер. физ.-мат. наук, вып. 3, 148, 1959.
7. Fallot M. App. Phys., 6, 305, 1938.
8. Кондорский Е. И., Роде В. Е., Гофман У. ЖЭТФ, 35, 2, 1958.

Поступила в редакцию
13. 7 1961 г.

Кафедра
магнетизма

* Измерения проводились в соленоиде по методике, описанной в статьях [1], [2].