

Издано в ЖЭТФ, том 15, вып. 8, стр. 458 - 461 20 апреля 1972 г.

АНИЗОТРОПИЯ ДЕПОЛЯРИЗАЦИИ НЕЙТРОННОГО ПУЧКА

19.2.2.

Г. М. Драбкин, А. И. Окороков, В. В. Рунов

При прохождении пучка поляризованных нейтронов через ферромагнитный образец, состоящий из множества доменов, возникает деполя-

ризация нейтронов. Это явление широко используется при исследовании магнитных материалов [1 - 3]. При количественном описании деполяризации обычно исходят из рассмотрения поворотов спина нейтронов вокруг поля B_i , i -го домена на угол $\phi_i = g(B_i \delta_i / v)$, где g – гиromагнитное отношение для нейтрона, δ_i – размер домена, v – скорость нейтрона.

В предположении, что индукция B_i постоянна по всему домену, а векторы индукции в разных доменах направлены хаотически и что спин нейтрона при прохождении через домен испытывает малый поворот $\phi_i \ll 1$, Халперном и Холштейном [4] была выведена формула для деполяризации:

$$\frac{P}{P_0} = \exp \left(- \frac{g^2}{3v^2} \sum_i B_i^2 \delta_i^2 \right), \quad (1)$$

где P_0 и P – поляризация падающего и прошедшего пучка.

Однако недавно Малеев и Рубан [5] теоретически показали, что при сделанном Халперном и Холштейном предположении относительно постоянства B_i в домене упущена связь между направлением поляризации P_0 и вектором скорости нейтронов v , приводящая к анизотропии деполяризации.

Дело в том, что при выводе формулы (1) не учитывались размагничивающие поля, возникающие из-за наличия магнитных полюсов на границах между доменами. Наиболее простым образом этот факт учитывается при рассмотрении рассеяния нейтронов, что и было сделано в работе Малеева и Рубана. Они связали деполяризацию с сечением магнитного рассеяния на малые углы (в пределах угловой ширины пучка). При этом, так как поляризация рассеянных нейтронов связана с поляризацией падающего пучка через вектор рассеяния e [6]:

$$P = -e(P_0), \quad (2)$$

то деполяризация зависит от ориентации P_0 по отношению к e , а, следовательно, и по отношению к вектору скорости v , так как при упругом рассеянии $e \perp v$. В результате проведенного анализа рассеяния авторы работы [5] показали, что составляющая поляризации P_{\perp} , перпендикулярная вектору скорости, должна деполяризоваться сильнее, чем составляющая $P_{||}$, параллельная v , причем

$$\alpha = \frac{\ln P_{\perp} / P_{0\perp}}{\ln P_{||} / P_{0||}} = \frac{3}{2}, \quad (3)$$

тогда как по формуле (1) $\alpha = 1$.

Настоящее сообщение посвящено экспериментальному обнаружению анизотропии деполяризации нейтронного пучка на ферромагнитных доменах никеля при комнатной температуре.

Работа проводилась на установке, описанной ранее [1]. Длина волны нейтронов $\lambda \approx 4 \text{ \AA}$. Специальная система магнитов позволяла направлять на образец нейтроны, поляризованные вдоль любого направле-

ния в пространстве. При этом образцы находились практически в нулевом магнитном поле ($H < 0,04$ э). Образцы были изготовлены из порошка никеля, спрессованного в таблетки с эффективной толщиной никеля 0,07; 0,14 и 0,42 мм. Оцененный по формуле (1) размер доменов составлял величину порядка 10^{-4} см.

В таблице представлены полученные результаты для

$$\alpha_x = \frac{\ln P_x / P_{o_x}}{\ln P_z / P_{o_z}} \quad \text{и} \quad \alpha_y = \frac{\ln P_y / P_{o_y}}{\ln P_z / P_{o_z}},$$

где ось z совпадала с направлением пучка v , а оси x и y перпендикулярны z и расположены соответственно в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

№ опыта	Толщина никеля, мм	$\frac{P_z}{P_{o_z}}$	α_x	α_y
1	0,07	$0,86 \pm 0,01$	$1,62 \pm 0,20$	$1,68 \pm 0,20$
2	0,14	$0,65 \pm 0,01$	$1,54 \pm 0,07$	$1,57 \pm 0,07$
3	0,42	$0,46 \pm 0,01$	$1,50 \pm 0,05$	$1,45 \pm 0,05$
4	0,42	$0,49 \pm 0,01$	$1,55 \pm 0,08$	$1,67 \pm 0,09$

В экспериментах №1, 2, 3 (см. таблицу) вектор P_o последовательно направлялся вдоль осей x , y , z и соответственно измерялась поляризация P_{o_x} и P_x , P_{o_y} и P_y , P_{o_z} и P_z . Измерения проводились на разных уровнях деполяризации, определяемых толщиной образца. В третьей колонке таблицы приведены эти уровни на примере деполяризации по оси z .

Из эксперимента можно сделать заключение, что для всех исследованных образцов наблюдается явная анизотропия деполяризации, а полученные значения α согласуются с теоретической величиной $\alpha = 1,5$.

В экспериментах с произвольным направлением P_o такая анизотропия деполяризации одновременно приводит к повороту вектора поляризации по направлению к оси z . Так, в опыте №4 вектор поляризации P_o был направлен под некоторым углом к выбранной координатной системе так, что его проекции на оси были сравнимы по величине ($P_{o_x} \approx P_{o_y} \approx P_{o_z}$). В результате прохождения нейтронов через образец соотношения проекций изменились ($P_x \approx P_y < P_z$). Этот поворот поляризации никак не учитывается формулой (1) и может вызывать значительные искажения экспериментальных результатов. Так, в опыте №4 $P_z / P_{o_z} = 0,49 \pm 0,01$, а $P_x / P_{o_x} = 0,33 \pm 0,01$, т. е. разница между P_z и P_x достигает 30%. Истинная же деполяризация, определенная по абсолютной величине вектора P составляет $|P| / |P_o| = 0,43 \pm 0,02$. Это следует учитывать в экспериментах по деполяризации нейтронов.

В заключение мы благодарим С.В.Малеева и В.А.Рубана за обсуждение вопросов, связанных с деполяризацией нейтронов, Е.И.Забидарова за предоставление нужных образцов никеля.

Ленинградский
институт ядерной физики
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
28 февраля 1972 г.

Литература

- [1] Г.М.Драбкин, Е.И.Забидаров, Я.А.Касман, А.И.Фокороков. ЖЭТФ, роков. ЖЭТФ, 56, 478, 1969.
 - [2] H.K.Bakker, M.Th. Rekveldt, I.I.van Loef. Phys. Lett., 27A, 69, 1968.
 - [3] H.Rauch, E. Seidl A.Zeilinger. Zeit. Angew. Phys., 32, 109, 1971.
 - [4] O.Halpern, T.Holstein. Phys. Rev., 59, 960, 1941.
 - [5] С.В.Малеев, В.А.Рубан. ЖЭТФ, 62, 415, 1972.
 - [6] С.В.Малеев. Письма в ЖЭТФ, 2, 545, 1965.
-