

## НЕОДНОРОДНАЯ НАМАГНИЧЕННОСТЬ НИКЕЛЯ ВБЛИЗИ ТОЧКИ КЮРИ

Г.М.Драбкин, А.Н.Окороков, В.И.Волков,  
А.Ф.Щебетов

При исследовании фазового перехода в никеле с помощью поляризованных нейтронов нами было обнаружено, что вблизи точки Кюри поляризация нейтронов, прошедших через образец, неоднородна и зависит от места пересечения пучком исследуемого образца [1]. Такой характер поляризации можно объяснить деполаризацией нейтронов на критических флуктуациях намагниченности и смещением точки Кюри на локальных неоднородностях материала образца.

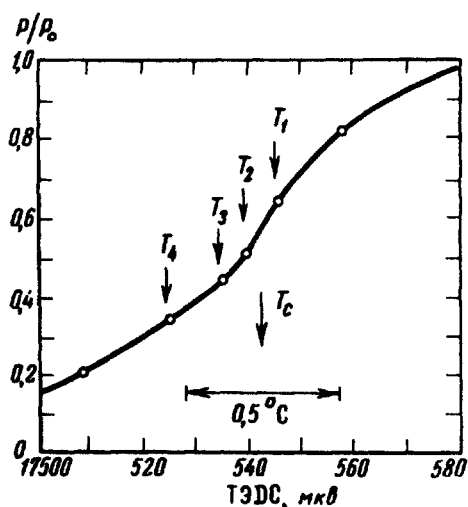


Рис. 1

Так как в опыте измеряется только компонента вектора поляризации, направленная по ведущему магнитному полю, то иное объяснение наблюдаемого явления состоит в предположении о неоднородной намагниченности образца при  $T \leq T_c$  и во вращении вектора поляризации нейтронов в магнитных полях этих неоднородностей. В настоящей статье излагаются результаты экспериментов по изучению состояния намагниченности никеля вблизи точки Кюри.

Измерения проводились на установке, аналогичной описанной ранее [1]. Пучок поляризованных нейтронов сечением от 0,3 до 1 мм<sup>2</sup> последовательно с шагом 0,4 или 0,8 мм пропускался через всю площадь исследуемых образцов. Длина волн падающих нейтронов ~ 4 Å, степень поляризации  $P_0 \approx 75\%$ . Температура поддерживалась с точностью  $\pm 0,01^\circ\text{C}$ . Магнитное поле в районе образца  $< 0,1$  э. С помощью фазовращающих магнитов, расположенных около образца, изучалась деполяризация и вращение вектора поляризации нейтронов  $P$  в толще образца. Нами исследовались образцы монокристаллического и поликристаллического никеля различной формы: прямоугольные пластины, диски, кольца.

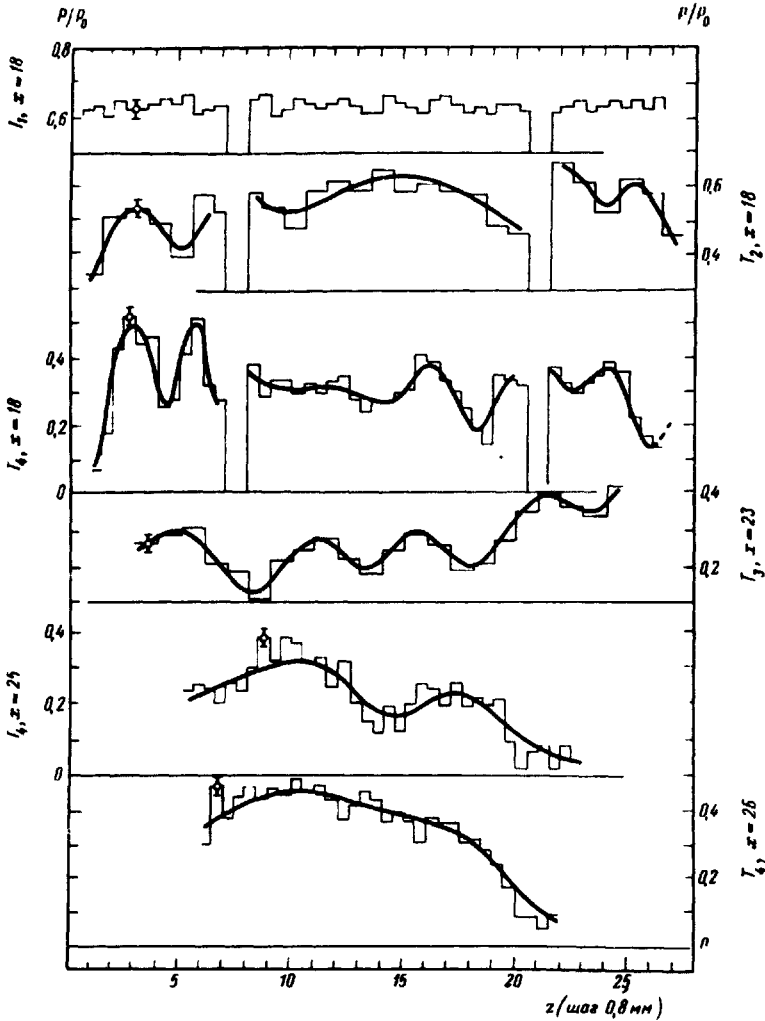


Рис. 2

Из анализа большого количества измерений можно сделать следующие выводы: независимо от формы образца и его термообработки по мере понижения температуры возрастает деполяризация нейтронного пучка. Эта деполяризация однородна по сечению образца до температур, соответствующих понижению  $P$  до значений  $P/P_0 = 0,6 \div 0,7$ . При этом в образце не наблюдается вращения вектора поляризации. При дальнейшем понижении температуры поляризация

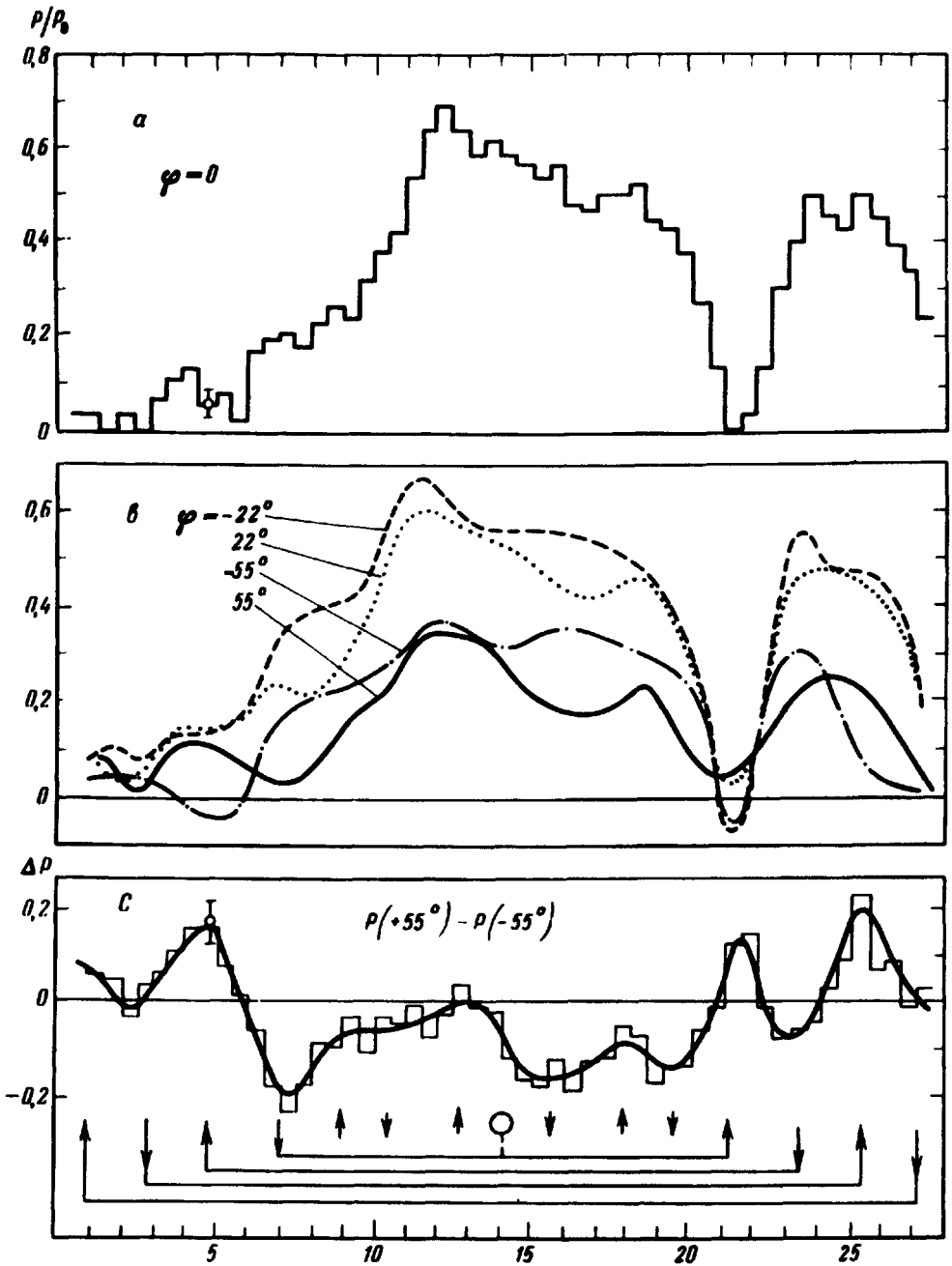


Рис. 3

становится неоднородной по сечению образца и даже возникают области с отрицательным значением  $P$ . Это указывает, что неоднородная поляризация возникает из-за вращения  $P$  в магнитном поле самого образца. Таким образом, возникновение намагниченности при  $T < T_c$  отмечается поворотом вектора  $P$  в отличие от деполяризации при  $T > T_c$ . Температура, ниже которой начинается вращение  $P$  определяет точку фазового перехода. Эта точка согласуется с нашими предыдущими определениями  $T_c$  по кривой деполяризации  $P(T)$  [1].

Для иллюстрации приведем некоторые экспериментальные данные для кольца и диска, вырезанных из монокристалла никеля. Размеры кольца: внутренний диаметр 12,5 мм, наружный — 22 мм. Ось [111] перпендикулярна плоскости диска (и кольца). Диск и кольцо размещались соосно в параллельных плоскостях, отстоящих друг от друга на 5 мм. На рис. 1 показана деполяризация образца (диск) пучка нейтронов сечением  $10 \times 1,5 \text{ мм}^2$  в функции температуры. Температура выражена в ТЭДС термопары медь-константан. Исследованная нами область  $T$  занимала  $\sim 0,5^\circ \text{C}$ . На рис. 2 приведены гистограммы  $P(z)$  по разным вертикальным сечениям  $x$  (ось  $z$  направлена вертикально, ось  $x \perp z \perp y$ , где  $y$  — ось горизонтального пучка,  $x$  и  $z$  даются в единицах шага по координате, равного 0,8 мм). Указанные на графиках значения  $T$  соответствуют отметкам на кривой  $F(T)$  (рис. 1). Из рис. 2 следует, что неоднородность намагниченности проявляется при  $T \leq T_2$ , а из сравнения кривых с  $x = 18, 23, 25, 26$  (хорды, проходящие на разных расстояниях от геометрического центра кольца) можно сделать заключение, что при  $T = T_3$  и  $T_4$  возникает неоднородность в виде соосных кольцевых слоев с противоположным направлением намагниченности с периодичностью по радиусу 2,5 — 3 мм. В случае диска диаметром 22 мм и толщиной 4,3 мм такая кольцевая симметрия не проявляется непосредственно из распределения поляризации (рис. 3,  $\phi = 0$ , где  $\phi$  — угол поворота  $P$  в вертикальной плоскости, задаваемый фазовращающим магнитом. Периодическая структура с периодами 3—4 мм проявляется при повороте  $P$  на некоторый угол  $\phi$  в обе стороны (рис. 3, б). Газностная гистограмма  $\Delta P = P(+55^\circ) - P(-55^\circ)$ , приведенная на рис. 3, в, убедительно показывает наличие неоднородности, симметричной относительно центра кривой и выраженной в отклонении  $P$  в плоскости  $yz$ . Максимальные отклонения  $P$  достигают угла в  $25^\circ$ , что соответствует осцилляции  $x$ -компоненты индукции в образце с амплитудой  $4\pi M_x = 4 \text{ гс}$ . Направления  $M_x$  указаны стрелками на рис. 3, в. Значения  $4\pi M_x$  других исследованных образцов лежат в пределах от 0 до 30 гс для температурного интервала в  $0,3^\circ \text{C}$ .

Таким образом, из анализа результатов шести исследованных образцов можно сделать вывод, что в ферромагнитной фазе вблизи  $T_c$  ( $r = |T - T_c| / T_c \geq 10^{-4}$ ) существует неоднородная намагниченность. Вид неоднородности связан с формой образца: для круглых образцов — круговая симметрия, для прямоугольных — периодичность наблюдается по крайней мере по двум координатам в плоскости образца. Характерные размеры неоднородности сравнимы с толщиной образца (2 — 4 мм). Неоднородность не связана с ферромагнитными доменами в обычном представлении, что говорит о малости величины кристаллографической анизотропии вблизи  $T_c$ . Исследование поведения намагниченности во внешнем поле может дать ответ насколько такого вида неоднородность связана с интенсивно обсуждаемым [2,3] вопросом о смещении точки фазового перехода в магнитном поле. Методика поляризованных нейтронов открывает качественно новые возможности изучения ферромагнитного фазового перехода.

Авторы благодарны Д.М.Аминкеру за постоянный интерес к работе, С.Б.Малееву, И.Я.Коренблиту, Б.А.Рубану за полезные обсуждения, Г.П.Гордееву, Е.И.Забидарову, Я.А.Касману, Э.Г.Таровику и другим сотрудникам лаборатории за помощь в создании установки и измерениях.

### Литература

- [1] Г.М.Драбкин, Е.И.Забидаров, Я.А.Касман, А.И.Скориков. ЖЭТФ, 56, 478, 1969.
  - [2] A.Arrott. Phys. Rev. Lett., 20, 1029, 1969.
  - [3] P.J. Wojtowicz, M.Kayl. Phys. Rev. Lett., 20, 1489, 1968.
-