

РАСЧЕТ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРИ УПРУГОМ РАССЕЯНИИ НЕЙТРОНОВ НА
ЯДРАХ СВИНЦА В ДИАПАЗОНЕ ЭНЕРГИЙ 14,0 - 17,4 МэВ

Б. А. Бенепкий, А. В. Клячко, Р. П. Раден

УДК 539.172.4

В связи с планируемыми экспериментами проведены расчеты поляризации нейтронов при рассеянии на Pb в диапазоне $14,0 \leq E_n \leq 17,4$ МэВ и при энергии ≈ 4 МэВ. Полученная угловая зависимость $P_n(\theta)$ имеет дифракционную структуру. Проведено сравнение с экспериментом при $E_n = 24$ МэВ.

Реакция $T(d, n)He^4$ может служить простым источником поляризованных нейтронов в области их энергий $E_n > 15$ МэВ при наличии ускорителей неполяризованных дейтронов на небольшие энергии. Так, при энергии дейтронов $E_d = 2 - 2,5$ МэВ и углах вылета нейтронов $70^\circ - 75^\circ$ поляризация нейтронов достигает величин $0,18 - 0,22$ /1/, что создает возможность экспериментального исследования поляризационных характеристик упругого рассеяния нейтронов с энергиями 15 - 18 МэВ на ядрах. Экспериментальных данных в этой области к настоящему времени накоплено мало, и относятся они к легким ядрам, таким как H, D, He, O^{12} (см., например, материалы симпозиума /2/). В подобных работах измерялась в основном угловая зависимость поляризации (анализирующая способность ядер). Она хорошо описывается дифракционным механизмом, предложенным Э. Ферми. Данные же об энергетической зависимости поляризации $P_n(E_n)$ практически отсутствуют, хотя представляют, по-видимому, определенный интерес. Действительно, если сечение упругого рассеяния быстрых нейтронов на угол θ аппроксимировать известным полуэмпирическим выражением:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\theta) = \text{const} \frac{J_1^2(2kR \sin \theta/2)}{2kR \sin \theta/2} \quad (1)$$

где R — средний ядерный радиус, то на основании дифракционного механизма поляризации /3/ в первом приближении можно получить формулу, дающую для ряда ядер вполне удовлетворительное согласие с экспериментом:

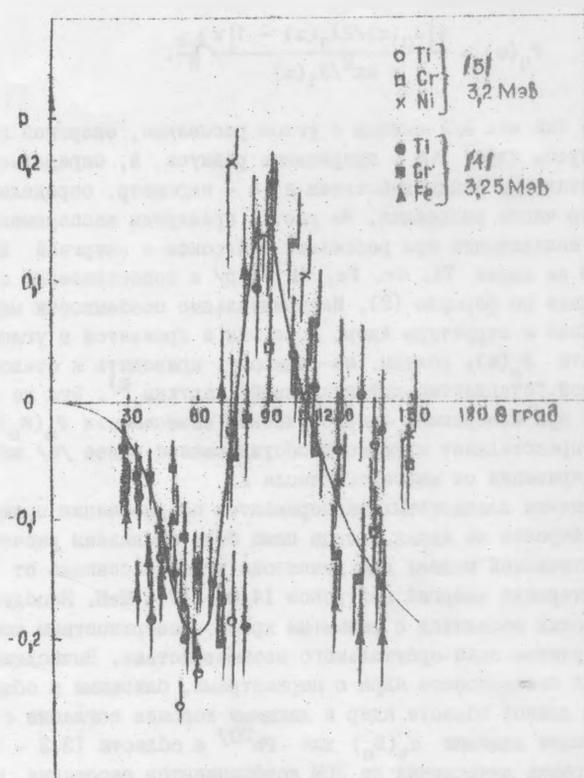
$$P_n(\theta) = \frac{4[J_0(x)/2J_1(x) - 1]x \frac{\Delta R}{R}}{1 + ax^2/J_1(x)} \quad (2)$$

Здесь $x = 2kR \sin \theta/2$ связан с углом рассеяния, энергией нейтрона и радиусом ядра, ΔR — приращение радиуса R , определяемое спин-орбитальным взаимодействием и a — параметр, определяющий изотропную часть рассеяния. На рис. 1 приведены экспериментальные данные о поляризации при рассеянии нейтронов с энергией $E_n = 3,2$ МэВ на ядрах Ti , Cr , Fe , Ni /4,5/ в сопоставлении с кривой, рассчитанной по формуле (2). Индивидуальные особенности механизма рассеяния и структуры ядер, если они и проявятся в угловой зависимости $P_n(\theta)$, должны, по-видимому, приводить к отклонению от подобной "стандартно-дифракционной" картины ^{*)}. Это же должно сказаться при измерениях энергетической зависимости $P_n(E_n)$. Кроме того, представляет интерес и обсуждавшаяся ранее /6/ зависимость поляризации от массового числа A .

Для оценки планируемых экспериментов по рассеянию поляризованных нейтронов на ядрах свинца нами были проведены расчеты в рамках оптической модели для диапазона углов рассеяния от 0° до 180° в интервала энергий нейтронов 14,0 — 17,4 МэВ. Использовался оптический потенциал с размытым краем, поверхностным поглощением и с учетом спин-орбитального взаимодействия. Вычисления проведены для бесспинового ядра с параметрами, близкими к общепринятым для данной области ядер и дающими хорошее согласие с экспериментальными данными $\sigma_n(E_n)$ для Pb^{207} в области 13,2 — 16,0 МэВ. Программа вычисления на ЭВМ коэффициентов рассеяния, на основе которых проведены расчеты поляризации, приведена в работе /7/.

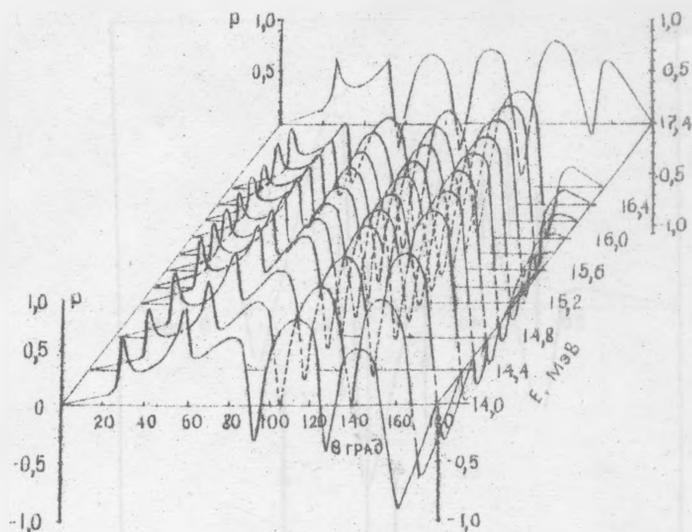
Полученные результаты представлены на рис. 2. Они указывают на весьма значительную поляризацию рассеянных нейтронов, достигающую при некоторых углах значений $\pm 90\%$. Для большинства

^{*)} По-видимому, это наблюдается для ядер Zr и W /5/.



Р и с. 1. Поляризация при рассеянии нейтронов с энергией 3,2 МэВ на ядрах Ti, Cr, Fe, Ni /4,5/. Кривая - расчет по формуле (2)

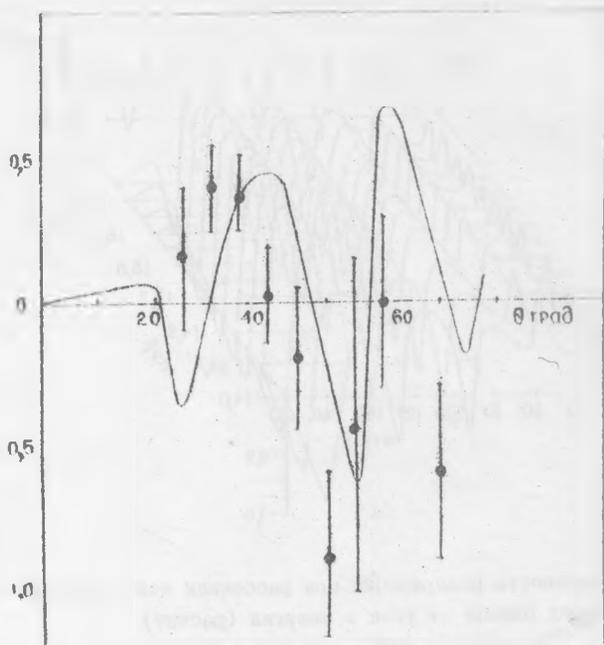
углов рассеяния полученная в расчетах поляризация положительна и характеризуется чередованием максимумов и резких минимумов. Результаты расчетов указывают также на слабую зависимость поляризации от энергии падающих нейтронов. Дифракционная картина плыв



Р и с. 2. Зависимость поляризации при рассеянии нейтронов на ядрах свинца от угла и энергии (расчет)

но смещается в сторону меньших углов с увеличением E_n . Преимущественно положительные значения P_n в данной области энергий также объяснимы с точки зрения дифракционного механизма. Действительно, данная область энергий соответствует росту полного сечения σ_t для свинца /8/, что определяется в рамках модели величиной действительной части потенциала и отношением R/λ . Для нейтронов со спином "вверх" эффективный радиус ядра больше, что соответствует как бы уменьшению λ , то есть росту сечения, для нейтронов с противоположной ориентацией спина - наоборот. Отсюда - преимущественно положительная поляризация. Ситуация должна измениться

при энергиях выше 20 МэВ (в этой области полное сечение для Рб имеет максимум). Для сопоставления с имеющимися экспериментальными данными по поляризации в рассеянии нейтронов с энергией 24 МэВ [9] были также проведены расчеты угловой зависимости по-



Р и с. 3. Угловая зависимость поляризации для свинца при $E_n = 24$ МэВ [9]. Кривая — расчет по оптической модели ядра

поляризации в области углов $0^\circ \leq \theta \leq 75^\circ$. Результаты приведены на рис. 3. Видно, что расчет дает правильный порядок величины P_n и чередование минимумов и максимумов в области малых углов, однако их положение несколько сдвинуто в сторону больших значений θ .

При индивидуальной подгонке параметров оптического потенциала согласие с экспериментом, вероятно, может быть существенно улучшено.

В связи с данными о резонансном характере сечений для Pb^{207} /10/ в дальнейшем предполагается провести расчеты для оценки вклада резонансного рассеяния в энергетическую зависимость поляризации $P_n(R_n)$ для Pb .

Поступила в редакцию
17 мая 1978 г.

Л и т е р а т у р а

1. J. R. Smith, S. T. Thornton, Nucl. Phys. **A187**, 433 (1972).
2. Proc. 4-th Int. Symp. on Polarization Phenomena in Nuclear Reaction, Zurich. Birkhauser Verlag, Basel, 1976.
3. Г. Файснер, "Поляризация нуклонов при рассеянии". Изд. ИЛ., М., 1960 г.
4. D. Ellgehausen, E. Baumgartner, R. Gleyvod, P. Huber, A. Stricker, K. Wiedeman, Helv. Phys. Acta **42**, 269 (1969).
5. E. Zijp, C. Jonker, Nucl. Phys. **A222**, 93 (1974).
6. И. С. Шапиро, "Оптическая модель в свете современных данных". Преприят ИТЭФ АН СССР, 1960 г.
7. А. В. Клячко, В. И. Назарук, "Алгоритмы и программы", ВНИИЦентр, № 2. 40. П001215 (1975).
8. Т. Темуга, "Nuclear Structure". International Atomic Energy Agency, Vienna, 213 (1968).
9. C. Wong, J. D. Anderson, J. W. McClure, D. B. Walker, Phys. Rev., **128**, 2339 (1962).
10. Б. А. Бенетский, А. В. Клячко, В. В. Нефедов, Н. М. Франк, И. В. Штраших, Сообщения ОЯИ, РЗ - 9047, 1975 г.