

## УПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ НЕЙТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 13,7 МЭВ НА ИЗОТОПАХ $Pb^{206,207,208}$

Г. Е. Беловицкий, Л. Н. Колесникова, И. М. Франк

Целью настоящей работы является измерение дифференциальных сечений упругого рассеяния нейтронов с энергией 13,7 Мэв на изотопах  $Pb^{206,207,208}$  и сопоставление их между собой. Аналогичные измерения на нейтронах выполнены лишь при энергиях  $\lesssim 8$  Мэв /1/, где существенный вклад в упругое рассеяние вносит рассеяние через составное ядро, что затрудняет теоретический анализ результатов. Сопоставление дифференциальных сечений упругого рассеяния на трех изотопах, в частности, позволяет выяснить, зависят ли угловые распределения быстрых нейтронов от степени заполнения нейтронной оболочки вблизи самого тяжелого дважды магического ядра. Предварительные результаты по  $Pb^{208}$  содержатся в работе /2/.

Нейтроны с энергией 13,7 Мэв получались в реакции  $T(d,n)He^4$  при бомбардировке толстой ( $Zr + T$ ) мишени дейтронами с энергией 0,7 Мэв. Энергетический разброс первичных нейтронов составлял  $\pm 150$  кэв, а угловое разрешение равнялось  $\pm 10^\circ$ . Рассеиватели имели форму цилиндра (высота  $h$ , диаметр  $\phi$ ); их размеры, вес и изотопный состав приведены в таблице.

Рассеиватель устанавливался под углом  $115^\circ$  по отношению к направлению пучка дейтронов. Расстояние от источника нейтронов до рассеивателя  $R_1 = 8,2$  см, а от последнего до детекторов нейтронов  $R_2 = 112-124$  см. Нейтроны регистрировались с помощью ядерных фотоэмульсий НИКРИ-К толщиной 450 микрол.

Для защиты фотопластинок от фоновых нейтронов использовался многоселевой коллиматор, характеристики которого приведены в работе /3/. Величина фона была измерена в специальном облучении без рассеивателя. Фон для всего диапазона углов рассеяния

Таблица 1

Рассеиватель	Вес, г	Размеры, см		Изотопный состав, %			
		$\varphi$	h	208	207	206	204
Pb <sup>208</sup>	478,0	4,4	2,78	98,2	0,8	0,8	0,2
Pb <sup>207</sup>	438,5	4,4	2,55	15,3	81,4	3,3	-
Pb <sup>206</sup>	465,0	4,4	2,70	2,8	5,7	91,3	0,2

в пределах ошибок измерений оказался одинаковым и эквивалентным вкладу в сечение рассеяния, равному 4мб/стер.Мэв для рассеивателя весом 2 г-а.

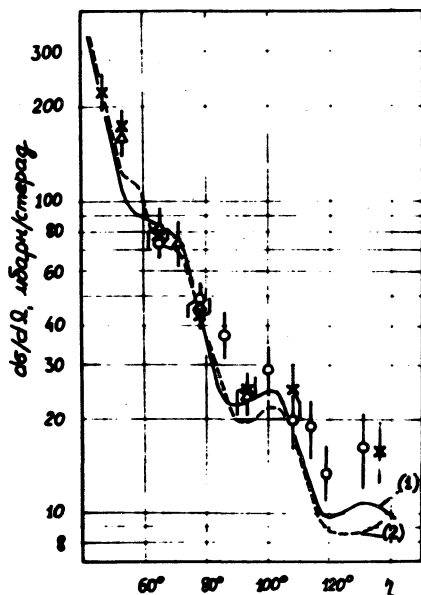
Фотопластины облучались в коллиматоре для всего диапазона углов рассеяния (47-136°) одновременно, что исключало относительные ошибки при расчете сечений, вносимые неточностями измерений  $R_1$  и первичного потока нейтронов. Последний контролировался с помощью фотопластины, удаленной на 955 см от источника. После облучения и проявления фотопластины просматривались на микроскопе при увеличении 600 х.

Разработанная нами методика измерений с использованием полуавтоматических установок и последующей обработки спектров протонов отдачи на ЭВМ позволила достичь энергетического разрешения  $\sim 0,3$  Мэв /4/.

Дифференциальные сечения упругого рассеяния вычислялись по известной формуле /5/. При этом обычно вводится поправка на самопоглощение в образце и многократное рассеяние. Для вычисления первой поправки, согласно /6/, использовалось сечение неупругого рассеяния нейтронов. Вторая поправка не вводилась. Как показано в работе /7/, поправка на самопоглощение в образце с использованием сечения неупругого рассеяния частично учитывает многократное рассеяние. Наконец, при сравнении угловых распределений упру-

гого рассеяния для трех изотопов свинца этой поправкой можно вовсе пренебречь, так как все изотопы имели примерно одинаковый вес и форму.

Угловые распределения нейтронов, упруго рассеянных на  $\text{Pb}^{206,207,208}$ , приведены на рис. 1. По оси



Р и с. 1. Угловые распределения упругого рассеяния 13,7 Мэв нейтронов на изотопах свинца: x -  $\text{Pb}^{206}$ ,  $\Delta$  -  $\text{Pb}^{207}$ , o -  $\text{Pb}^{208}$ .

абсцисс отложен угол рассеяния, по оси ординат - сечение упругого рассеяния в миллибарнах на стерадиан. Указанные на рисунке ошибки включают статистическую ошибку и ошибку 10%, вносимую неточностями мониторинга первичного потока нейтронов и установки рассеивателя, "хождением" пучка дейтронов по мишени и т.д. При расчете сечений рассеяния на  $\text{Pb}^{207}$  учитывалась примесь  $\text{Pb}^{208}$  (15,3%).

В пределах точности измерений ( $\sim 20\%$ ) не наблюдается существенных различий в угловых распределениях упругого рассеяния 13,7 Мэв нейтронов на трех изотопах свинца.

Для сравнения теории с экспериментом на рис. 1 приведены две теоретические кривые: сплошная взята из работы /8/, пунктирная — из работы /6/. Кривые рассчитаны по оптической модели в приближении искаженных волн для изотопа  $\text{Pb}^{208}$  и энергии нейтронов 14,0 Мэв (кривые усреднены по угловому разрешению  $\pm 10^\circ$ ). При расчетах использовался потенциал, содержащий действительную, мнимую и спин-орбитальную части. Для сплошной кривой значения параметров оптического потенциала таковы:  $U = 44,5$  Мэв,  $W = 5,75$  Мэв,  $V_{so} = 5,5$  Мэв,  $r_0 = 1,25 \varphi$ ,  $a = 0,65\varphi$ ,  $b = 0,70\varphi$ ; для пунктирной кривой  $U = 44$  Мэв,  $W = 9,8$  Мэв,  $V_{so} = 6,0$  Мэв,  $r_0 = 1,25 \varphi$ ,  $a = 0,65 \varphi$ ,  $b = 0,47\varphi$ . Таким образом, два набора параметров отличаются в основном значениями  $W$  и  $b$ , которые слабо влияют на угловые распределения упругого рассеяния, определяемого главным образом действительной частью оптического потенциала.

Согласие теоретических расчетов с нашими данными для углов рассеяния меньше  $110^\circ$  удовлетворительное, для больших углов экспериментальные значения сечений лежат выше теоретических. Это может быть отчасти обусловлено тем, что в экспериментальные данные не вводилась поправка на многократное рассеяние.

Полученное сходство угловых распределений на трех изотопах (в пределах точности  $\sim 20\%$ ), по-видимому, обусловлено тем, что для  $\sim 14$  Мэв нейтронов упругое рассеяние на тяжелых ядрах в основном является потенциальным и поэтому не сильно различается при изменении числа нуклонов на 1-2 единицы.

Поступила в редакцию  
29 апреля 1971 г.

## Л и т е р а т у р а

1. L. Cranberg, T. A. Oliphant, J. Levin, C. D. Zafiratos. *Phys. Rev.*, 159, 969 (1967); L. Cranberg, C. D. Zafiratos. *Phys. Rev.*, 142, 775 (1966); C. D. Zafiratos, T. A. Oliphant, J. S. Levin, L. Cranberg. *Phys. Rev. Lett.*, 14, 913 (1965); L. Cranberg, C. D. Zafiratos, J. S. Levin, T. A. Oliphant. *Phys. Rev. Lett.*, 11, 341 (1963).
2. Г. Е. Беловицкий, А. Е. Воронков, Л. Н. Колесникова, Л. В. Сухов, И. М. Франк. *Изв. АН СССР, сер. физ.*, XXXII, 2044 (1968).
3. Г. Е. Беловицкий, Л. Н. Колесникова, Л. В. Сухов, Т. А. Романова. *Труды ФИАН СССР (в печати)*, ПТЭ, № 5, 206 (1969).
4. А. Е. Воронков, Г. Е. Беловицкий, Л. Н. Колесникова, В. С. Маренков, П. Н. Комолов, Л. В. Сухов. *Труды ФИАН СССР*, XLII, 62 (1968). Г. Е. Беловицкий, А. Е. Воронков, Л. Н. Колесникова, Р. А. Латыпова, Л. В. Сухов, И. В. Штраних. *Труды ФИАН СССР (в печати)*.
5. B. Antolkovic, D. Winterhalter, M. Turk. *Glasnik Mat. Fiz. i Astron.*, 15, 303 (1960).
6. P. H. Stelson, R. L. Robinson, H. J. Kim, J. Rapaport, G. R. Satchler. *Nucl. Phys.*, 68, 97 (1965).
7. P. Kuijper. *Neutron Scattering from Bismuth, Strontium and Sodium at 14,8 Mev*. Vrije Universiteit te Amsterdam, 1968.
8. L. Rosen, J. Beerg, A. Goldhaber. *Ann. Phys.*, 34, 96 (1965).