

## Упругое рассеяние $\alpha$ -частиц на боре

С. В. Стародубцев, Б. И. Хрущев

На основании имеющегося экспериментального материала [1] по угловым распределениям  $\alpha$ -частиц, упруго рассеянных на различных ядрах, можно сделать следующий вывод: основной чертой угловых распределений для энергий, превышающих кулоновский барьер, является чередование максимумов и минимумов в дифференциальном поперечном сечении; с уменьшением атомного номера ядра осцилляция угловых распределений увеличивается и положение наибольшей осцилляции сдвигается от больших углов к малым; средний наклон углового распределения, т. е.  $\frac{\sigma(\theta)}{\sigma_R(\theta)}$ , изменяется от отрицательного к положительному и расстояние между соседними максимумами (минимумами) увеличивается. То же можно сказать об изменении угловых распределений при увеличении энергии  $\alpha$ -частиц, рассеиваемых на одном и том же ядре. Уменьшение осцилляций дифференциальных поперечных сечений с увеличением атомного номера ядра, по-видимому,

(с учетом потерь в мишенях) была равна 13,55 и 14,66 Мэв соответственно. Угловые распределения измерялись в многопластинчатой камере рассеяния. Пучок частиц из циклотрона фокусировался на мишень двумя квадрупольными магнитными линзами\*. Заряд, переносимый первичным пучком  $\alpha$ -частиц, собирался фардеевым цилиндром и измерялся электронным интегратором с точностью до 2%. Энергия первичного пучка определялась по пробегам в фотоэмульсии. Для тех энергий, при которых проводились опыты, этот метод

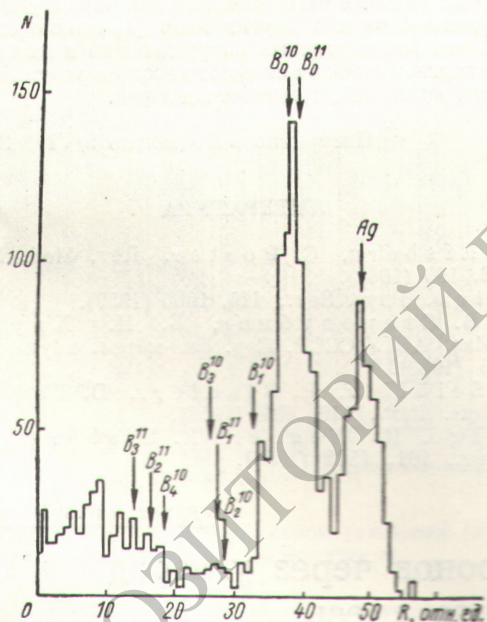


Рис. 1. Гистограмма пробегов  $\alpha$ -частиц, рассеянных на естественном боре.

можно объяснить особенностями распределения заряда в тяжелых и легких ядрах [2].

При рассеянии  $\alpha$ -частиц на боре, как и на других легких ядрах (C, O, Ne, Al [1]), можно ожидать угловые распределения колебательного характера.

В настоящей работе приводятся результаты измерений сечений рассеяния  $\alpha$ -частиц на естественном и обогащенном ( $B^{10}$ , 86%) боре. В первичном пучке  $\alpha$ -частицы имели энергию, равную 13,6 и 14,7 Мэв. Энергия первичного пучка для естественного бора

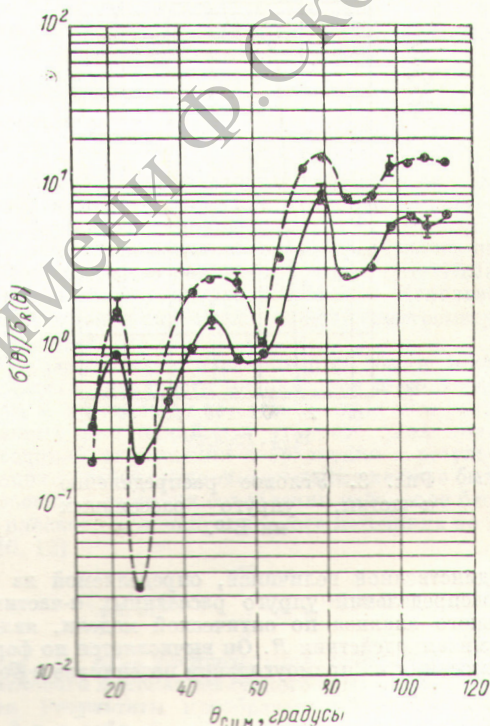


Рис. 2. Угловые распределения  $\alpha$ -частиц, упруго рассеянных на естественном боре, с энергией:

----- 13,55 Мэв; — 14,66 Мэв.

давал результаты с точностью до 2,5%. На рис. 1 показана гистограмма пробегов  $\alpha$ -частиц, рассеянных на естественном боре под углом в  $30^\circ$  (в лабораторной системе), при энергии 14,66 Мэв. Точность измерений дифференциальных сечений составляет 15%.

Угловые распределения  $\alpha$ -частиц, упруго рассеянных на естественном боре, для двух энергий показаны на рис. 2. Разделение групп  $\alpha$ -частиц, рассеянных на боре и серебряной подложке толщиной  $0,292 \text{ мг/см}^2$ , уверенно можно провести на углах, больших  $20^\circ$ . Пос-

\* Магнитные линзы и электронный интегратор изготовлены в Циклотронной лаборатории Ленинградского физико-технического института им. А. Ф. Иоффе.



колку для энергий, при которых проводились опыты, рассеяние  $\alpha$ -частиц на серебре является резерфордским [3], это распределение «привязывалось» на больших углах и результаты вычитались из суммарного числа следов  $\alpha$ -частиц, рассеянных на серебре и боре на малые углы. Угловое распределение  $\alpha$ -частиц, упруго рассеянных на  $B^{10}$ , показано на рис. 3.

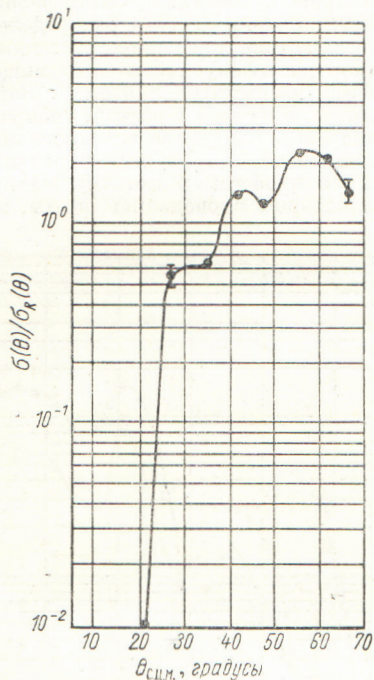


Рис. 3. Угловое распределение  $\alpha$ -частиц, упруго рассеянных на  $B^{10}$ .

Единственной величиной, определяемой из угловых распределений упруго рассеянных  $\alpha$ -частиц без детального анализа по оптической модели, является радиус взаимодействия  $R$ . Он вычисляется по формуле для рассеяния на прямоугольном потенциале в борнов-

ском приближении при совмещении минимумов с нулями функции  $I_1 [Rk 2 \sin(\theta/2)]$  или проща по формуле  $R = \pi / [2k \Delta(\sin\theta/2)]$ , где  $I_1$  — функция Бесселя первого порядка;  $k$  — волновой вектор  $\alpha$ -частицы;  $\Delta(\sin\theta/2)$  — среднее расстояние между соседними максимумами или минимумами. Это уравнение для случаев, когда величина  $\Delta(\sin\theta/2)$  постоянна для различных соседних максимумов (минимумов), дает обоснованную величину радиуса взаимодействия. Для  $\alpha$ -частиц с энергией 13,55 и 14,66 Мэв, рассеянных на естественном боре, эта величина для соседних максимумов (минимумов) не является постоянной. Для мишени, обогащенной  $B^{10}$ , значение  $R$ , найденное по трем минимумам, равно  $4,8 \times 10^{-13}$  см. Переменное значение  $R$  для естественного бора можно объяснить присутствием двух изотопов  $B^{10}$  и  $B^{11}$ , которые в естественном боре содержатся в отношении 1 : 4. Несмотря на то что  $B^{10}$  всего только 20%, рассеяние на нем вносит заметный вклад в дифференциальные поперечные сечения (см. рис. 3). Значение  $R$ , полученное для  $B^{10}$ , меньше вычисленного по формуле  $R_1 = (1,5 A^{1/3} + 2,0) \cdot 10^{-13}$  см [4], но больше вычисленного по формуле  $R_2 = (1,27 A^{1/3} + 1,6) \cdot 10^{-13}$  см и принятого в работе [5].

Угловые распределения  $\sigma(\theta)/\sigma_R(\theta)$  для бора являются распределениями с чередованием минимумов и максимумов, предсказываемыми оптической моделью. Из сравнения угловых распределений для бора с угловыми распределениями для других ядер [1] можно сделать вывод, что форма угловых распределений и их изменение с энергией в общем следуют закономерностям угловых распределений, приведенным выше.

Поступило в Редакцию 9/VIII 1963 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. R. Eisberg, C. Porter. Rev. Mod. Phys., 33, 190 (1961).
2. G. Igo. Phys. Rev., 115, 1665 (1959).
3. В. Стародубцев, Б. И. Хрущев. «Изв. АН УзССР. Сер. физ.-матем. наук», № 5, 85 (1962).
4. L. Seidlitz, E. Bleulers, D. Tendam. Phys. Rev., 110, 682 (1958).
5. G. Igo, H. Wegner, R. Eisberg. Phys. Rev., 101, 1508 (1956).

УДК 621.039.538:539.171.4

## Изучение прохождения нейтронов через углерод и железо-углеродную смесь

В. К. Даруга, И. И. Лазуткин, А. Н. Николаев,  
В. К. Сахаров, Б. И. Синицын, С. Г. Цыпин

Конструирование защиты от излучений — важная задача при проектировании ядерных реакторов. Для большинства защитных материалов теоретический расчет затруднен, так как нет полной и детальной информации о сечениях взаимодействия нейтронов с веществом. Известные данные о прохождении нейтронов в углероде, как теоретические [1, 2], так и экспериментальные [3, 4—6], получены для малых толщин и противоречивы. В настоящей работе рассмотрено пространственное распределение нейтронов различных энергий

при прохождении через слои углерода толщиной от 10 до 130–150 см. Изучалось также прохождение нейтронов через железо-углеродную смесь. Она относительно дешева, достаточно эффективна в качестве защиты от  $\gamma$ -излучения и нейтронов, обладает хорошей теплоустойчивостью и может найти широкое применение при проектировании защит ядерных реакторов. Смесь представляет собой чередование углеродных и железных слоев. Железо составляет 37,4% объема смеси.