

Рис. 2. Кривые пропускания для вольфрама:
+ — 12,8 Мэв; ○ — 18 Мэв ● — 25 Мэв.

где $W_{t=0}(\theta)$ — распределение плотности электронов по радиусу пучка, измеренное камерой без рассеивающей фольги; $W_t(\theta)$ — угловое распределение электронов, прошедших фольгу толщиной t (г/см²). Функции $W_{t=0}(\theta)$ и $W_t(\theta)$ нормированы на единицу тока падающих электронов. При расчете коэффициентов пропускания вводилась поправка на обратно рассеянные электроны. Величина сечения обратного рассеяния $\varepsilon(E_0, \infty)$ для полубесконечной геометрии взята из работы [2]. Зависимость ε от толщины рассеивающей фольги

учитывалась в соответствии с работой [2] по формуле

$$\varepsilon(E_0, t) = \varepsilon(E_0, \infty) \{1 - \exp[-\alpha(2t/R)^n]\}, \quad (3)$$

где $\alpha = 3,5$; $n = 1,65$; R — пробег электронов.

Кривые пропускания для вольфрама приведены на рис. 2. Экстраполированные пробеги даны в таблице.

Крестиками на рис. 1 показаны результаты расчетов угловых распределений электронов по Мольер. Влияние слоя воздуха на ширину углового распределения оценивалась по формуле Мольер для $\theta_{1/e}$ с помощью «эквивалентной добавки» к толщине фольги. Оцененное таким способом увеличение ширины $\theta_{1/e}$ за счет слоя воздуха составляло не более 1,5%. Сравнение с экспериментом подтверждает вывод авторов работы [3] о том, что теория Мольер удовлетворительно описывает угловые распределения электронов пропускания в области толщин $\leq 0,1R$.

Поступило в Редакцию 28/II 1972 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. П. Ковалев и др. «Атомная энергия», 31, 289 (1974); 32, 77 (1972).
2. T. Tabata. Phys. Rev., 162, 336 (1967).
3. T. Tabata et al. Ann. Rep. Rad. Center Osaka Pref., 8, 60 (1967).

Спектры и абсолютные выходы нейтронов из толстых мишеней, бомбардируемых дейтонами с энергией 23,2 Мэв

В. К. ДАРУГА, Е. С. МАТУСЕВИЧ, Х. НАРЗИЕВ

УДК 539.125.5.7

Изучение энергетических распределений и абсолютных выходов нейтронов из толстых мишеней Be, Al, Ni, Nb, Ag, Ta, Pb естественного изотопного состава проведено на дейтоном пучке 1,5-метрового циклотрона ФЭИ. Средняя энергия бомбардирующих дейтонов определялась по пробегам в калиброванных алюминиевых фольгах и прямым измерением с помощью полупроводникового кремниевого детектора и составляла $23,2 \pm 0,2$ Мэв.

Энергетические спектры нейтронов с энергией выше 0,5 Мэв измерялись однокристалльным стильбеновым

спектрометром под углом θ , равным 0; 45; 90 и 135°, относительно направления первичного пучка дейтонов. Дискриминация γ -фона осуществлялась по времени высвечивания [1]. Амплитудные распределения протонов отдачи преобразовывались в энергетические спектры нейтронов по программе, описанной в работе [2]. Ошибки измерений и погрешности при обработке спектров определялись по методике, описанной в работе [3].

Полученные результаты показаны на рис. 1. Форма спектра нейтронов из Ве-мишени под углом $\theta = 0^\circ$ аналогична полученной в работе [4] при энергии дей-

Таблица 1

Мишень	$Y(\theta) = \int_1^{13} N(E_n) dE_n$, степ-1. мкк-1			
	0°	45°	90°	135°
Be	$7,3 \cdot 10^{10} (\pm 16,5)^*$	$1,8 \cdot 10^{10} (\pm 17)$	$7,6 \cdot 10^9 (\pm 13)$	$4,0 \cdot 10^9 (\pm 15,5)$
Al	$2,5 \cdot 10^{10} (\pm 12)$	$6,0 \cdot 10^9 (\pm 12)$	$3,7 \cdot 10^9 (\pm 11,5)$	$2,6 \cdot 10^9 (\pm 12)$
Ni	$1,0 \cdot 10^{10} (\pm 12)$	$4,5 \cdot 10^9 (\pm 11)$	$2,1 \cdot 10^9 (\pm 12)$	$1,65 \cdot 10^9 (\pm 12)$
Nb	$1,1 \cdot 10^{10} (\pm 18)$	—	$3,6 \cdot 10^9 (\pm 11)$	—
Ag	$1,2 \cdot 10^{10} (\pm 17)$	—	$3,3 \cdot 10^9 (\pm 15)$	—
Ta	$9,0 \cdot 10^9 (\pm 11,5)$	$2,5 \cdot 10^9 (\pm 16)$	$2,1 \cdot 10^9 (\pm 10,5)$	$1,67 \cdot 10^9 (\pm 17)$
Pb	$8,0 \cdot 10^9 (\pm 15)$	—	$2,1 \cdot 10^9 (\pm 14,5)$	—

* В скобках указаны погрешности, выраженные в процентах.

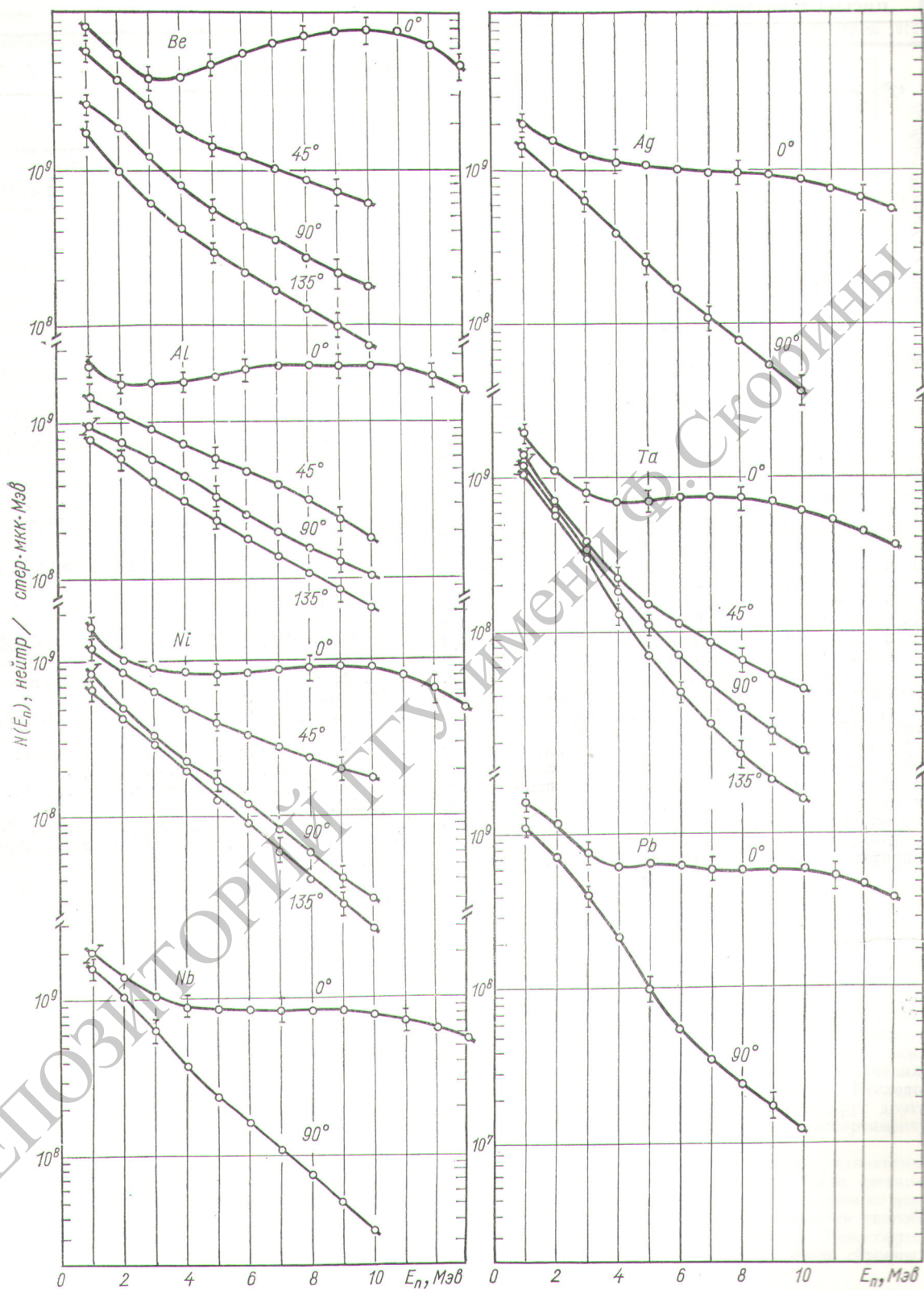


Рис. 1. Дифференциальные энергетические распределения нейтронов из мишеней, бомбардируемых дейтронами с энергией 23,2 Мэв.

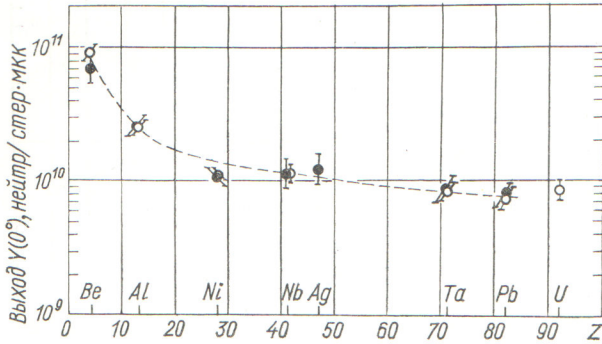


Рис. 2. Абсолютные выходы нейтронов в направлении $\theta = 0^\circ$ из мишеней, бомбардируемых дейтонами с энергией 23,2 Мэв:
 ○ — $E_n > 0$; ● — $1 \leq E_n \leq 13$ Мэв.

тонов 22 Мэв. В табл. 1 приведены выходы $Y(\theta)$ нейтронов из различных мишеней, полученные интегрированием кривых распределений $N(E_n)$ в диапазоне энергий $E_n = 1 \div 13$ Мэв.

Полные выходы нейтронов ($E_n > 0$) из мишеней Al, Ni, Nb, Ta, Pb в направлении $\theta = 0^\circ$ были измерены при помощи «всеволнового» детектора стандартной конструкции [3]. На рис. 2 показано распределение по Z (атомный номер ядер мишени) величины выходов нейтронов под углом $\theta = 0^\circ$, измеренных этим детектором и полученных интегрированием кривых $N(E_n)$ (см. табл. 1), для сравнения приведены результаты измерений «всеволновым» детектором из работы [4]. Обращает на себя внимание пониженный выход нейтронов из Ni-мишени, аналогичное явление наблюдалось в работе [5] при энергии дейтонов 10 Мэв.

Для приближенной оценки полных интегральных выходов нейтронов измеренные энергетические распределения (см. рис. 1) были проэкстраполированы в области низких и высоких значений энергий нейтронов. Экстраполяция в область $E_n > 13$ Мэв выполнялась с учетом данных работы [6]. Затем строились угловые распределения полных выходов нейтронов. В табл. 2

Интегральные выходы нейтронов

Таблица 2

Мишень	$Y_{4\pi} \times 10^{10}$, нейтр/мкв		Мишень	$Y_{4\pi} \times 10^{10}$, нейтр/мкв	
	настоящая работа	[7]		настоящая работа	[7]
Be	$20 \pm 3,5$	$18,5 \pm 1$	Cu	—	$5,5 \pm 0,3$
Al	$7,7 \pm 1,3$	—	Ta	$4,7 \pm 0,8$	$5,2 \pm 0,3$
Ni	$4,6 \pm 0,7$	—	U	—	$7,3 \pm 0,6$

значения $Y_{4\pi}$, полученные интегрированием кривых угловых распределений, сравниваются с результатами измерений, выполненных в работе [7] методом марганцевой ванны при энергии дейтонов 24 Мэв.

В заключение авторы выражают благодарность Н. Н. Краснову за представленную возможность работать на циклотроне, А. А. Огневу за измерение энергии дейтонов, Н. Н. Пальчикову, С. С. Прохорову и В. И. Регушевскому за помощь в измерениях и при обработке результатов.

Поступило в Редакцию 6/VI 1972 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. F. Brooks. Nucl. Instrum. and Methods, 4, 151 (1959).
2. Ю. А. Казанский и др. «Атомная энергия», 22, 143 (1966).
3. В. К. Даруга. Диссертация. ОИЯИ, Дубна, 1971.
4. В. К. Даруга, Н. Н. Краснов. «Атомная энергия», 30, 399 (1971).
5. L. Smith, P. Kruger. Phys. Rev., 83, 1137 (1951).
6. I. Heertje, Aten, Jr. Physica, 30, 978 (1964).
7. W. Crandall, G. Millburn. J. Appl. Phys., 38, 273 (1957).