

ИСПУСКАНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ПРИ ПОГЛОЩЕНИИ МЕДЛЕННЫХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ПИОНОВ ЯДРАМИ УРАНА

Г.Е. Беловицкий, В.Н. Баранов, К. Петижан *

В работе исследовалось испускание заряженных частиц при поглощении медленных пионов ядрами урана. Впервые измеренное угловое распределение протонов, дейтронов и тритонов относительно направления движения тяжелого осколка оказалось анизотропным. Анизотропия растет с увеличением асимметрии деления.

Поглощение медленного отрицательного пиона ядром, как правило, происходит на паре нуклонов. При этом образуются два быстрых нуклона с энергией ~ 70 МэВ, которые дают начало двум каскадам. Энергия возбуждения остаточного ядра имеет широкое распределение от 0 до 140 МэВ, со средним значением ~ 60 МэВ /1/.

При девозбуждении остаточного ядра также испускаются нейтроны и заряженные частицы /2, 3/. В настоящей работе исследовалось поглощение медленных отрицательных пионов в ^{238}U , сопровождаемое испусканием p , d , t , α . Поглощение пиона ураном идентифицировалось по делению ядра. В процессе деления ядра урана также вылетают указанные частицы /4/, однако вероятность их эмиссии (за исключением α -частиц) очень мала, поэтому ими можно пренебречь.

В качестве мишени и детектора использовались фотоэмульсии толщиной ~ 150 мкм, регистрировавшие протоны с энергией до 50 МэВ. Уран вводился в эмульсию перед облучением. Фотоэмульсии облучались в пучке $\pi E1$ в Институте Пауля Шерера (Швейцария) пионами с импульсом 100 МэВ/с. Плотность остановок пионов $2 \cdot 10^5 \text{ см}^{-2}$.

Было проанализировано число делений ядер урана пионами $N_{\pi f} = 1,54 \cdot 10^4$. Среди них выявлено 2102 событий, в которых из точки деления вылетает одна заряженная частица и 59 событий с вылетом двух частиц. В тех событиях, в которых углы погружения осколков и частиц в фотоэмульсии φ не превышали 45° , при увеличении 2000^\times измерялись пробеги легкого (R_l) и тяжелого (R_h) осколков, третьей частицы и пространственный угол между ними.

Измерялась также ионизация на всей длине следа частицы (число зерен или просветов). Все частицы были разделены по заряду на две группы: $z = 1$ (p , d , t) и $z = 2$. Энергии определялись для частиц с пробегом более 170 микрон, что позволило в большинстве случаев отделить протоны от

* Институт Пауля Шерера, Швейцария.

дейтронов и тритонов. Энергия частиц определялась по дифференциальным калибровочным кривым ионизация — пробег. Подавляющее число частиц с $z = 1$ не останавливаются в фотослое, поэтому их энергия определялась с точностью до 10—20%.

Более детально методика эксперимента описана в работе /5/.

На рис. 1 приведено энергетическое распределение протонов, испущенных при поглощении пионов ядрами урана. Максимум распределения лежит в интервале 10—15 МэВ. Спектры дейтронов и тритонов не приведены из-за трудности их разделения и их малого числа.

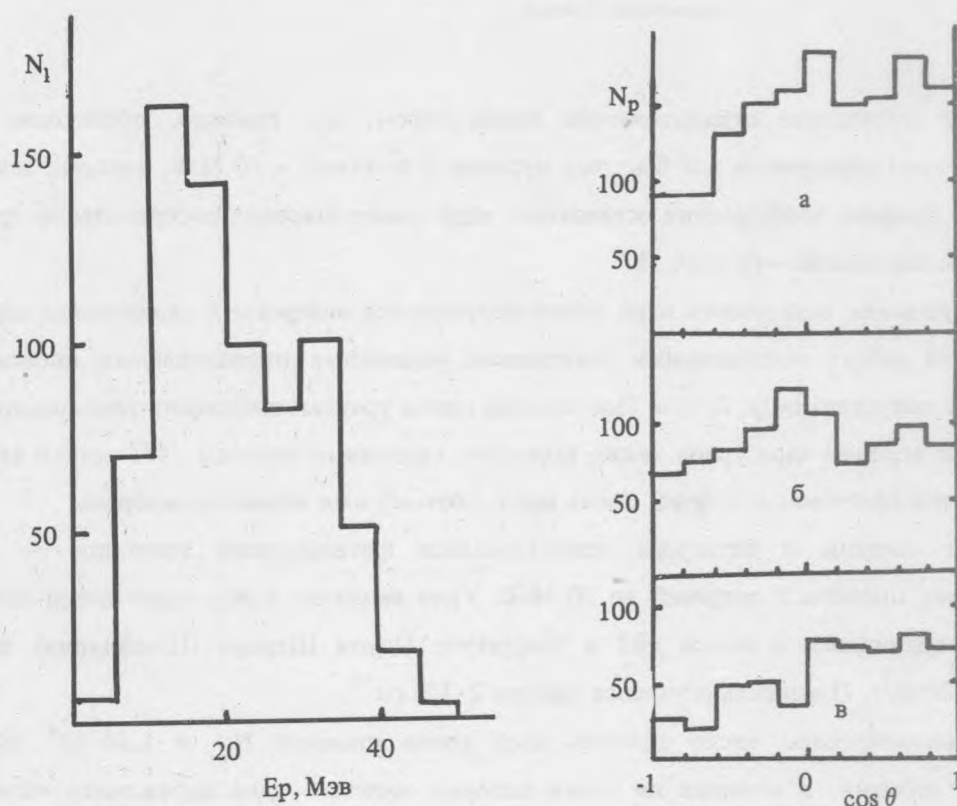


Рис. 1. Энергетическое распределение протонов.

Рис. 2. Угловые распределения однозарядных частиц относительно направления движения тяжелого осколка для M_h / M_1 ≥ 1 (а), $M_h / M_1 \leq 1,3$ (б), $M_h / M_1 > 1,3$ (в).

На рис. 2 приведено угловое распределение частиц с $z = 1$ относительно направления движения тяжелого осколка для разных отношений пробегов осколков. Угловые распределения p, d, t

объединены, поскольку не наблюдается заметного различия между ними. Известно, что $R_1/R_h \approx M_h/M_l$, где M_h и M_l — массы тяжелого и легкого осколков. Поэтому распределения для разных отношений пробегов соответствуют различным интервалам масс осколков.

Важной характеристикой процесса поглощения пионов ядром является вероятность эмиссии заряженных частиц. При расчете вероятностей использовалась только часть экспериментальных данных: $N_{\pi f} = 7,4 \cdot 10^3$, $N_p = 395$, $N_{dt} = 103$. Геометрическая поправка, учитывающая частицы с $R < 170$ мк и $\varphi > 45^\circ$, оказалась равной 2,12.

Вероятность испускания протонов на один акт деления

$$W_{\pi p} = \frac{kN_p}{N_f} = \frac{2,12 \cdot 395}{7,4 \cdot 10^3} = (11,3 \pm 0,6) \cdot 10^{-2}.$$

Вероятность эмиссии (d + t)

$$W_{\pi dt} = \frac{kN_{dt}}{N_f} = \frac{2,12 \cdot 103}{7,4 \cdot 10^3} = (3,0 \pm 0,3) \cdot 10^{-2}.$$

Наибольший интерес представляют угловые распределения p, d и t, приведенные на рис. 2, их зависимость от асимметрии деления и энергий испущенных частиц.

Будем характеризовать угловые распределения с помощью параметра β — отношения числа частиц, испущенных под углами меньше и больше 90° к направлению движения тяжелого осколка.

В табл. 1 приведены значения β для различных интервалов M_h/M_l для p, d, t, протонов с $E_p \leq 15$ МэВ, $E_p > 15$ МэВ и α -частиц.

Т а б л и ц а 1

Значения анизотропии β для различных частиц, отношений масс осколков и энергий протонов

Частицы	$M_h/M_l \geq 1,0$	$M_h/M_l \leq 1,3$	$M_h/M_l > 1,3$
p, d, t	1,3±0,1	1,0±0,1	2,1±0,3
p($E_p \leq 15$ МэВ)	2,0±0,3	1,3±0,3	3,5±0,9
p($E_p > 15$ МэВ)	1,2±0,1	1,0±0,1	1,6±0,3
α -частицы	1,5±0,3	1,3±0,3	2,5±0,6

Видно, что параметр β существенно больше единицы для асимметричных делений ($M_h/M_l > 1,3$) и для протонов с энергией менее 15 МэВ. Избыток числа p, d, t, испущенных по направлению тяжелого осколка, составляет $\sim 17\%$ от полного числа зарегистрированных частиц, а для асимметричных делений он еще больше ($\sim 35\%$).

Абсолютная вероятность анизотропии углового распределения, отнесенная на акт деления, равна $0,17 \cdot 14,3 \cdot 10^{-2} = 2,4 \cdot 10^{-2}$. Эта величина на два порядка больше вероятности эмиссии p, d, t в

процессе деления /4/. Поэтому естественно допустить, что наблюдаемый эффект связан с эмиссией частиц дс деления из сильно деформированного ядра, поскольку параметр β имеет наибольшее значение для протонов с $E_p \leq 15$ МэВ.

Механизм, ответственный за анизотропию углового распределения частиц (рис. 2), пока остается неясным. Необходимы новые эксперименты и теоретические расчеты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б у т ц е в В.С. и др. ЭЧАЯ, 11, 900 (1980).
2. P r u y s H.S. et al. Nucl. Phys., A352, 388 (1981); Nucl. Phys., A395, 457 (1983).
3. J s a a k H.P. et al. Nucl. Phys., A392, 385 (1983); S h i n o h a r a A. et al. Nucl. Phys., A456, 701 (1986).
4. H a l p e r n J. Annual Rev. of Nucl. Science, 21, 245 (1971); H o n d P.D. et al. Nucl. Phys., A346, 461 (1980).
5. Б е л о в и ц к и й Г.Е. и др. ЯФ, 43, 1057 (1986).

Институт ядерных исследований АН СССР

Поступила в редакцию 7 июня 1991 г.