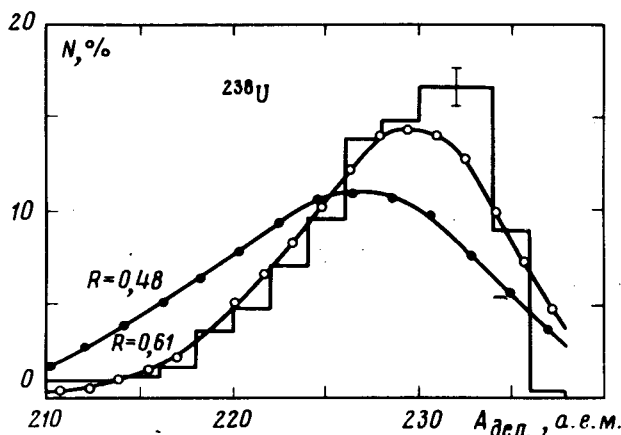


НУКЛОННЫЕ ПОТЕРИ ЯДЕР УРАНА И ВИСМУТА ПРИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ДЕЛЕНИИ

В.Е.Шушмин, М.Н.Андроненко, И.Н.Синогеев,
Г.Е.Солякин, С.Т.Труш, Ю.А.Честнов

Измерены массы коррелированных осколков деления ядер ^{238}U и ^{209}Bi протонами с $E_p = 1000 \text{ Мэв}$. Впервые получены экспериментальные распределения сумм масс осколков, позволившие определить полные потери нуклонов до и после момента разрыва ядер.

Экспериментальное изучение нуклонной эмиссии, сопровождающей деление ядер частицами высоких энергий, является необходимым условием понимания механизма этой сложной ядерной реакции. Так в работе [1] непосредственное измерение абсолютных выходов и угловых распределений нейтронов было выполнено для мишеней из ^{238}U и ^{209}Bi при энергии налетающих протонов $E_p = 155 \text{ Мэв}$. В работах [2] для тех же мишеней при энергии протонов $E_p = 2900 \text{ Мэв}$ измерялась масса одного осколка в одноплечевом времяпролетном спектрометре масс, при этом совпадающий осколок использовался для генерации стартового сигнала. Оценка полных нуклонных потерь производилась вычитанием удвоенной средней измеренной массы осколка из массы ядра-мишени.



Спектры масс делящихся ядер для мишени из ^{238}U при облучении протонами с энергией $E_p = 1000 \text{ Мэв}$. Гистограмма — расчет по каскадно-испарительной модели [5]. Темные точки — обработка результатов эксперимента с использованием экспериментальной величины $R = 0,48$. Светлые точки — обработка результатов эксперимента с использованием подгоночной величины $R = 0,61$.

Созданный в ЛИЯФ им. Б.П. Константинова АН СССР двухплечевой времяпролетный масс-спектрометр с независимым датчиком стартового сигнала [3] позволяет проводить коррелированные измерения масс и кинетических энергий совпадающих осколков деления. С помощью этого прибора на протонном пучке синхроциклотрона ЛИЯФ с энергией $E_p = 1000 \text{ Мэв}$ было проведено изучение процессов ядерного деления в мишенях ^{238}U и ^{209}Bi [4]. В табл. 1 приведены результаты экспериментов, а также значения нуклонных потерь, полученных в работах [1, 2].

Т а б л и ц а 1

Ядро-мишень	$\overline{M_1 + M_2}$ ат.ед.массы	FWHM ат.ед.массы	$\overline{\Delta A}$ ат.ед.массы	$\overline{\Delta A}[1]$ ат.ед.массы	$\overline{\Delta A}[2]$ ат.ед.массы
^{238}U	216 ± 4	31 ± 3	22 ± 4	$10,9 \pm 1,0$	36 ± 7
^{209}Bi	189 ± 4	21 ± 3	20 ± 4	$11,1 \pm 1,0$	$30,0 \pm 5,4$

$\overline{\Delta M}_{\text{до}}$ и $\overline{\Delta M}_{\text{оск}}$ — средние величины потерь нуклонов делящимся ядром до его разрыва и ускоренными осколками соответственно.

$\overline{M_1 + M_2}$ — среднее значение распределения сумм масс осколков деления, $M_{1,2}$ — измеряемые массы совпадающих осколков деления, FWHM — полная ширина на половине высоты указанных распределений. ΔA — полная средняя величина потерь нуклонов, полученная по формуле $A = A_0 - (M_1 + M_2)$, где A_0 — масса ядра-мишени.

Если средние величины нуклонных потерь можно оценить из других работ, то полуширины распределений сумм масс осколков могут быть измерены только методом двухплечевой масс-спектрометрии. Отличие полуширины ^{238}U и ^{209}Bi в 1,5 раза при почти равных ΔA объясняется сильным различием барьеров деления этих ядер. В случае ^{238}U малость барьеров приводит к делению ядер-остатков, образующихся при взаимодействии с протонами как при центральных соударениях с большой потерей нуклонов, так и при периферических соударениях с малой потерей нуклонов.

Оценку потерь нуклонов до и после разрыва ядра можно получить, опираясь на экспериментальный факт пропорциональности эмиссии нуклонов из осколка его массе [4], в предположении изотропии их вылета. Считая, что начальная полная кинетическая энергия осколков постоянна, а изменение конечной кинетической энергии связаны с эмиссией нуклонов из осколков, из экспериментально измеренной корреляции сумм масс и полных кинетических энергий совпадающих осколков можно получить отношение потерь нуклонов ускоренными осколками к полной потере нуклонов: $R = \Delta M_{\text{оск}} / \Delta A$. Табл. 2 содержит результаты такой оценки и аналогичные данные из работы [1].

Ядро-мишень \ Величина	E_p Мэв	$\overline{\Delta A}$ ат.ед.массы	$\overline{\Delta M}_{до}$ ат.ед.массы	$\overline{\Delta M}_{оск.}$ ат.ед.массы	R
^{238}U	155	$10,9 \pm 1,0$	$5,8 \pm 1,0$	$5,1 \pm 0,5$	0,47
	1000	22 ± 4	$11,4 \pm 2,1$	$10,6 \pm 1,9$	0,48
^{209}Bi	155	$11,1 \pm 1,0$	$6,9 \pm 1,0$	$4,2 \pm 0,5$	0,38
	1000	20 ± 4	$12,0 \pm 2,4$	$8,0 \pm 1,6$	0,40

Постоянство R означает, что относительная величина нуклонных потерь из ускоренных осколков не зависит от энергии налетающей частицы и абсолютной величины полной потери нуклонов.

Этот факт свидетельствует о неизменности механизма деления ядер при переходе к высоким энергиям налетающих протонов.

Параметры распределений A делящихся ядер можно получить из распределений сумм масс осколков по формуле:

$$A_{\text{дел}} = A_0 R + (1 - R)(M_1 + M_2),$$

что дает средние значения $226,6 \pm 2,1$ ат. ед. массы и $197,0 \pm 2,4$ ат. ед. массы для мишеней из ^{238}U и ^{209}Bi соответственно. Приведенные на рисунке распределения $A_{\text{дел}}$ и расчетная гистограмма из работы [5], полученная в рамках каскадно-испарительной модели, близки по средним значениям, но отличаются значениями полуширин: $16,1 \pm 1,5$ ат. ед. массы и $11,0 \pm 0,5$ ат. ед. массы соответственно. Совпадение этих распределений вероятно произойдет, если в использованном авторами методе расчета изменить отношение парциальных ширин Γ_n/Γ_f . Такой вывод следует из совпадения упомянутых параметров расчетного и экспериментального распределений, полученного при $R = 0,61$.

Институт ядерной физики
им. Б.П.Константинова
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
23 января 1978 г.

Литература

- [1] E.Cheifetz, Z.Fraenkel, J.Galin, N.Lefort, J.Peter, X.Tarrogo. Phys. Rev., C2, 256, 1970.
- [2] L.P.Remsberg, F.Plasil, J.B.Cumming, M.L.Perlman. Phys.Rev., 187, 1597, 1969; Phys. Rev., C1, 265, 1970.

- [3] М.Н.Андроненко, И.Н.Синогеев, Г.Е.Солякин, Ю.А.Честнов, В.Е.Шашмин. ПТЭ, №4, 51, 1977; ПТЭ, №4, 53, 1977; ПТЭ, №4, 41, 1977 .
- [4] М.Н.Андроненко, И.Н.Синогеев, Г.Е.Солякин, С.И.Труш, Ю.А.Честнов, В.Е.Шашмин. Препринт ЛИЯФ, Л., 1977, стр.375.
- [5] V.S.Bogashenkov, F.S.Geregi, A.S.Iljinov, V.D.Toneev: Nucl. Phys., A222, 1, 204, 1974.
-