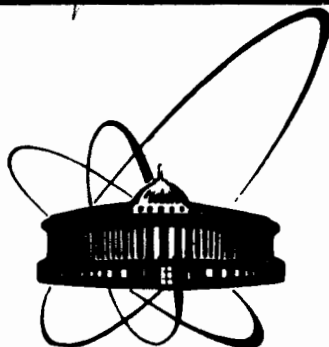


1572/82

5/10-82



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P15-82-18

Ю.П.Гангрский, М.Б.Миллер, Л.В.Михайлов

ДЕЛЕНИЕ ^{238}U И ^{232}Th

ПОД ДЕЙСТВИЕМ γ -ИЗЛУЧЕНИЯ,
ИСПУСКАЕМОГО ПРИ РАДИОАКТИВНОМ
РАСПАДЕ НУКЛИДОВ

Направлено в журнал "Вопросы атомной науки
и техники", серия "Ядерные константы".

1982

Исследования ядерного деления под действием γ -излучения получили широкое развитие и внесли весомый вклад в понимание этого процесса. В них, как правило, использовался либо непрерывный спектр γ -лучей, либо дискретные γ -линии с большим энергетическим разбросом /не менее 20 кэВ/. В результате имело место возбуждение большого числа уровней делящегося ядра, и определяемые делительные характеристики оказывались усредненными по достаточно широкому интервалу энергии.

В то же время известно, что сложная структура барьера деления и наличие квазистационарных состояний во второй потенциальной яме приводят к большому разбросу делительных ширин для различных возбужденных уровней. Поэтому представляло интерес исследовать деление ядер под действием монохроматических γ -квантов, приводящих к возбуждению одного или нескольких уровней. Однако опыты в этом направлении еще не получили распространения. Известны лишь работы, где использовалось γ -излучение ^{60}Co /1/ и осколков деления /2/ /при этом наблюдался крайне низкий эффект/, а также γ -излучение, испускаемое при радиоактивном распаде тепловых нейтронов /3-5/ или протонов малых энергий /7/ /в этом случае низкая интенсивность γ -излучения позволяла работать только с энергиями выше 5 МэВ/.

В наших исследованиях запаздывающего деления /8/ наблюдался фон осколков из мишеней ^{238}U или ^{232}Th , причиной которого являлось деление указанных ядер под действием β - или γ -излучения, испускаемого при радиоактивном распаде нуклидов, образующихся в реакциях тяжелых ионов с материалом подложки. Уровень этого фона позволил провести более детальное изучение явления. Полученные результаты представлены в данной работе.

Был измерен выход осколков из мишеней ^{238}U и ^{232}Th при облучении их β - и γ -лучами радиоактивных источников ^{60}Co , ^{62}Cu , ^{68}Ga , ^{74}Br /основное и изомерное состояние/ и ^{142}La . Эти источники /их интенсивность составляла 10^{-2} - 10^{-1}Ci / получались в реакциях: $^{58}\text{Ni}(\alpha, 2n)^{60}\text{Co}$, $^{63}\text{Cu}(\gamma, n)^{62}\text{Cu}$, $^{63}\text{Cu}(\alpha, n)^{68}\text{Ga}$, $^{65}\text{Cu}(\text{C}, 3n)^{74}\text{Br}$, $^{238}\text{U}(\gamma, f)^{142}\text{La}$. Радиоактивные свойства источников /9/ /период полураспада $T_{1/2}$, полная энергия β -распада Q_β , энергии $E_{\gamma\text{max}}$ и интенсивности $N_{\gamma\text{max}}$ наиболее жестких γ -квантов/ представлены в табл.1. Следует отметить, что все эти источники имеют сложный спектр γ -излучения, обычно несколько десятков γ -линий /число γ -линий с энергией выше 3 МэВ указано в табл.1/.

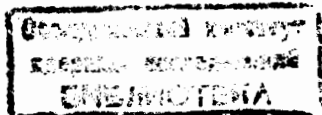


Таблица 1

Характеристики распада изотопов

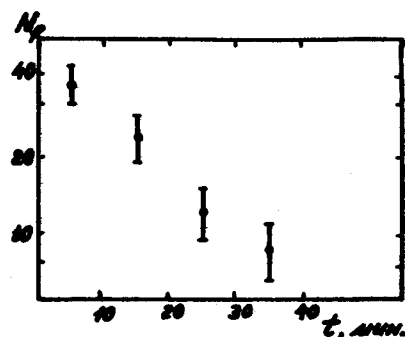
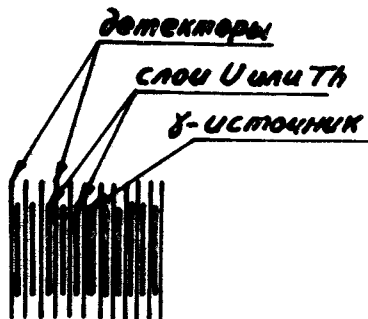
| Изотоп | $T_{1/2}$ | Q_{β} МэВ | $E_{\gamma \max}$ МэВ | $N_{\gamma \max}$ %расп. | N_{γ} /> 3 МэВ/ |
|--------------------------|-----------|--------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| ^{60}Cu | 23 мин. | 6,13 | 5,048 | 0,002 | 24 |
| ^{62}Cu | 90 мин. | 3,91 | 3,860 | 0,0003 | 3 |
| ^{66}Ga | 9,4 час. | 5,18 | 4,807 | 1,5 | 17 |
| ^{74}Br | 25 мин. | 6,92 | 4,649 | 0,6 | 32 |
| $^{74\text{m}}\text{Br}$ | 41 мин. | 7,11 | 4,380 | 0,2 | 22 |
| ^{142}La | 92 мин. | 4,52 | 4,182 | 0,1 | 26 |

Схема эксперимента представлена на рис.1. Фольги из урана или тория натурального изотопного состава толщиной около 20 мкм были помещены между диэлектрическими детекторами осколков и размещались вплотную к радиационным источникам /использовалось до 10 фольг с каждой стороны/. В качестве детекторов осколков применялся лавсан, его обработка после экспозиции проводилась по стандартной методике /10/, после чего под микроскопом производился визуальный счет треков. Детекторы осколков периодически менялись с тем, чтобы определить зависимость скорости счета осколков от времени.

Наблюдалось деление урана под действием радиоактивного излучения ^{60}Cu , ^{66}Ga и ^{74}Br и тория - ^{74}Br . Зависимость числа треков от времени соответствовала периодам полураспада используемых изотопов /одна из таких зависимостей представлена на рис.2/. Использование слоев урана, обогащенных изотопом ^{235}U , не показало увеличения эффекта, и это означает, что в мишенях

натурального изотопного состава деление под действием радиоактивного излучения испытывает изотоп ^{238}U . Опыты с фильтрами, поглощающими β -излучение, а также сравнение выходов осколков для источников с существенно разными интенсивностями и энергиями β - и γ -излучения,

Рис.1. Блок-схема экспериментальной установки.

Рис.2. Зависимость числа треков (N_T) от времени (t) при облучении ^{238}U радиоактивным излучением ^{74}Br .

позволяют предполагать, что деление ^{238}U и ^{232}Th происходит под действием дискретных γ -квантов, испускаемых после β -распада. Выход осколков деления, отнесенный к полному потоку γ -квантов из источника /этот

поток определялся с помощью Ge(Li) -детектора/, позволяет судить о сечении реакции деления ^{238}U и ^{232}Th монохроматическими γ -квантами. Эти значения сечений /или их верхние границы/ представлены в табл.2.

Очевидно, однако, что деление ^{238}U и ^{232}Th вызывает не весь поток γ -излучения, а сравнительно небольшое число γ -квантов /один или несколько/, испытывающих резонансное поглощение в уране или в тории /когда имеет место случайное совпадение энергии γ -кванта с энергией возбужденного уровня/. Чтобы выделить эти γ -кванты, было изучено резонансное рассеяние γ -излучения из ^{66}Ga и ^{74}Br на ядрах урана /методика эксперимента и полученные результаты приведены в работе /11/. Оказалось, что для целого ряда γ -линий наблюдается резонансное рассеяние, причем дифференциальные сечения /под углом 90° / лежат в диапазоне 0,1-1,0 мб/ср. Появление такого числа резонансно-рассеянных γ -квантов связано с тем, что доплеровское уширение γ -излучения /до нескольких сотен эВ/ вследствие отдачи ядра при β -распаде существенно увеличивает вероятность появ-

Таблица 2

Сечения деления урана и тория

| Источник | σ_f , см ² | |
|-------------------|------------------------------|--------------------|
| | ^{238}U | ^{232}Th |
| ^{60}Cu | 10^{-32} | |
| ^{62}Cu | $<10^{-34}$ | |
| ^{66}Ga | $3 \cdot 10^{-34}$ | $<10^{-34}$ |
| ^{74}Br | 10^{-31} | $3 \cdot 10^{-33}$ |
| ^{142}La | $<3 \cdot 10^{-34}$ | $<10^{-34}$ |

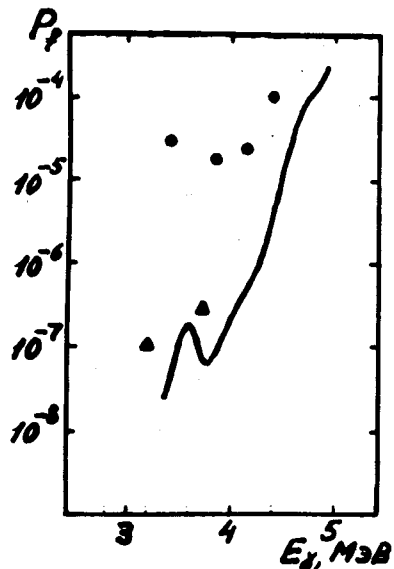


Рис.3. Зависимость вероятности деления от энергии γ -квантов. Кривая - данные работы^{/12/} для непрерывного спектра γ -лучей; о - γ -излучение ^{74}Br , Δ - γ -излучение ^{88}Ga .

ления резонансов. Наличие нескольких γ -линий не позволяет связать наблюдаемый выход осколков с каким-либо одним возбужденным уровнем ^{238}U . Можно лишь считать, что деление происходит с одного или нескольких уровней, соответствующих по энергии резонансно-рассеянным γ -квантам. Энергия этих γ -квантов 3410, 3790, 4095 и 4380 кэВ /для источника ^{74}Br / и 3230 и 3780 кэВ (^{88}Ga). Вероятности деления для каждого из

возбуждаемых уровней /отношения сечений деления к сечениям резонансного рассеяния/, полученные в предположении, что деление происходит только из этого состояния, представлены на рис.3. Для сравнения приводится зависимость вероятности деления от энергии γ -квантов, измеренная в работе^{/12/} при использовании непрерывного спектра γ -излучения, и, следовательно, усредненная по достаточно большому числу возбужденных состояний /по интервалу энергии ~ 100 кэВ/. Из рис.3 видно, что некоторые возбужденные состояния в интервале энергий 3-5 МэВ могут иметь делительные ширины, значительно большие, чем средние.

В заключение авторы выражают благодарность Г.Н.Флерову и Ю.Ц.Оганесяну за постоянный интерес к работе, Н.В.Пронину и А.Г.Белову за помощь при проведении облучений на ускорителях, С.П.Третьяковой и сотрудникам ее группы - за просмотр диэлектрических детекторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов К.Н., Петржак К.А. АЭ, 1974, 36, с. 403.
2. Kunstander J.W. et al. Phys.Rev., 1953, 91, p. 594.
3. Manfredini A. et al. Nucl.Phys., 1969, A127, p. 687.
4. Manfredini A. et al. Nuovo Cimento, 1968, B48, p. 218.

5. Mafra O.Y. et al. Nucl.Phys., 1972, A186, p. 111.
6. Mafra O.Y. et al. Nucl.Phys., 1974, A236, p. 1.
7. Yeh T.R., Lencman H. IEEE, 1981, NS-28, p. 1289.
8. Гангрский Ю.П. и др. ЯФ, 1980, 31, с. 306.
9. Lederer C.M., Shirley V.S. Tables of Isotopes, 7th Ed., New York, 1978.
10. Капусчик А. и др. ПТЭ, 1968, №1, с. 80.
11. Гангрский Ю.П. и др. ОИЯИ, P15-81-151, Дубна, 1981.
12. Жучко В.Е. и др. ЯФ, 1978, 28, с. 1165.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 января 1982 года.