

5920

30/мн-71

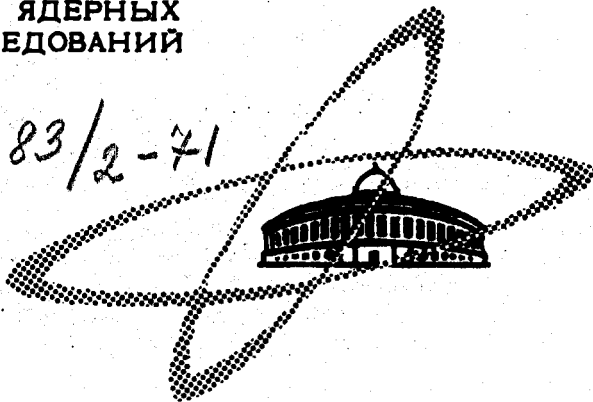
C-898

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.

2983/2-71

P7 - 5920



Г.Я.Сун-Цзин-Ян, В.А.Друин, А.С.Трофимов

ПОЛУЧЕНИЕ  
НОВОГО ИЗОТОПА ПРОТАКТИНИЯ <sup>216</sup>Ra  
ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ОСМИЯ ФОСФОРОМ  
И ЗОЛОТА МАГНИЕМ

P7 - - 5920

Г.Я.Сун-Цзин-Ян, В.А.Друин, А.С.Трофимов

ПОЛУЧЕНИЕ  
НОВОГО ИЗОТОПА ПРОТАКТИНИЯ <sup>216</sup>Pa  
ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ОСМИЯ ФОСФОРОМ  
И ЗОЛОТА МАГНИЕМ

*Направлено в ЯФ*

Советский институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

На ускорителях тяжелых ионов, располагающих частицами от бора до неона, в течение примерно 15 лет было синтезировано много десятков новых изотопов в трансурановой и доурановой частях таблицы Менделеева. Особенно большой успех был достигнут по синтезу новых элементов (102-105), а также  $\alpha$ -радиоактивных изотопов в редкоземельной и Po-Th областях.

В последние годы возрастает интерес к ускорению все более тяжелых ионов, таких, как фосфор, цинк, криптон и др. Это обусловлено, в первую очередь, перспективами работ по синтезу новых трансурановых элементов с  $Z \geq 106$ .

Однако наряду с решением главной задачи ускорение более тяжелых, чем неон, частиц открывает широкие возможности и для синтеза неизвестных изотопов в доурановой области.

Для завершения систематики свойств  $\alpha$ -радиоактивных ядер с числом нейтронов, близким к  $N = 126$ , предстоит еще синтезировать несколько изотопов Ac-U, получение которых затруднено с помощью ионов легче неона из-за недоступности соответствующих мишеней.

Разработка циклотронного источника для получения ионов твердых материалов /1/ и его существенное усовершенствование в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ позволило ускорить на 310-сантиметровом циклотроне пятизарядные ионы фосфора до энергии 200 Мэв, интенсивность выведенного пучка  $^{31}\text{P}^{+5}$  составила  $\approx 10^{13}$  частиц /сек.

Целью настоящей работы явилось исследование закономерностей взаимодействия ионов фосфора ( $Z=15$ ) с ядрами осмия ( $Z=76$ ) с образованием составного ядра протактиния ( $Z=91$ ).

Изучались "испарительные" ядерные реакции на изотопах  $^{189}\text{Os}$  и  $^{190}\text{Os}$ , приводящие к синтезу  $^{216}\text{Pa}$ . Этот же изотоп был получен и при облучении мишени из золота ионами  $^{24}\text{Mg}$  в ядерной реакции  $^{197}\text{Au} (^{24}\text{Mg}, 5n) ^{216}\text{Pa}$ .

### Методика эксперимента

В эксперименте использовались мишени толщиной  $\approx 1 \text{ мг/см}^2$  из обогатенных изотопов осмия-189 и осмия-190. Мишени изготавливались путем осаждения мелкодисперсной фракции металлического осмия из водного раствора на алюминиевую фольгу толщиной 3 мкм.

Эксперименты проводились на 310-сантиметровом циклотроне тяжелых ионов ОИЯИ с использованием установки, предназначенной для изучения короткоживущих  $\alpha$ -активных изотопов /2/.

В этой установке атомы отдачи тормозились в газе, а затем улавливались фильтрами - сборниками, через которые откачивался газ. Сборники, укрепленные на рейке, перемещались посредством пневматического привода к двум  $\text{Si}(\text{Au})$  детекторам. Система пневматического привода позволяла быстро перемещать фильтр из положения "облучение" в положение "измерение". Облучение мишени пучком ионов фосфора проводилось непрерывно. Время пребывания фильтра-сборника в потоке газа, когда накапливалась активность, и под детектором, регистрировавшим  $\alpha$ -распад собранных атомов, было выбрано равным 0,8 сек. Импульсы с двух детекторов  $\alpha$ -частиц после соответствующего усиления регистрировались многомерным анализатором. Зная время появления каждого импульса заданной амплитуды, можно было определить период

полураспада  $\alpha$ -излучателя на сборнике. Основываясь на оценке энергии  $\alpha$ -распада  $^{216}\text{Pa}$ , данной в работе <sup>/3/</sup>, можно было ожидать, что период полураспада  $^{216}\text{Pa}$  составит десятые доли секунды.

На рис. 1 представлен  $\alpha$ -спектр, в котором наиболее четко выделяются три пика с  $E_\alpha = 7,72$  Мэв,  $E_\alpha = 7,82$  Мэв и  $E_\alpha = 7,92$  Мэв. На том же рисунке показана кривая распада  $\alpha$ -излучателя с  $E_\alpha = 7,92$  Мэв,  $E_\alpha = 7,82$  Мэв и  $E_\alpha = 7,72$  Мэв. Видно, что экспонента соответствует периоду полураспада  $T_{1/2} = 0,20 \pm 0,04$  сек.

Реакции синтеза с помощью тяжелых ионов основаны на процессе полного слияния взаимодействующих ядер с последующим испарением нескольких нейтронов из возбужденного составного ядра. Характерной особенностью реакций, протекающих через составное ядро, являются узкие функции возбуждения с шириной на полувысоте всего 10–12 Мэв.

С целью идентификации нового  $\alpha$ -излучателя изучались функции возбуждения ядерных реакций, приводящих к его образованию. На рис. 2 представлена энергетическая зависимость сечения образования  $\alpha$ -активности с  $E_\alpha = 7,92$ ; 7,82 и 7,72 Мэв при облучении  $^{189}\text{Os}$  и  $^{190}\text{Os}$  ионами  $^{31}\text{P}$ . Энергия ионов фосфора менялась с помощью алюминиевых поглотителей. Оценка энергии проводилась по зависимости пробег-энергия для ионов фосфора на основании расчетов Норсклиффе <sup>/4/</sup>.

Из рис. 2 видно, что кривые функции возбуждения, действительно, имеют ширину на полувысоте 10–12 Мэв, что не противоречит "испарительному" характеру реакций синтеза, а положение максимума согласуется с предположением, что мы имеем дело с ядерными реакциями  $^{189}\text{Os} (^{31}\text{P}, 4n) ^{216}\text{Pa}$  и  $^{190}\text{Os} (^{31}\text{P}, 5n) ^{216}\text{Pa}$ .

Дополнительно было проведено облучение  $^{197}\text{Au}$  ионами  $^{24}\text{Mg}$  с энергией 146 Мэв. Излучатель с  $\alpha$ -группами  $E_\alpha = 7,72$ ; 7,82 и 7,92 Мэв и периодом полураспада  $\approx 0,2$  сек и в этом случае наблюдался с ожидаемым для  $^{216}\text{Pa}$  выходом в реакции  $^{197}\text{Au} (^{24}\text{Mg}, 5n) ^{216}\text{Pa}$ .

Оценка величины сечения ядерной реакции  $^{190}\text{Os} (^{31}\text{P}, 5n) ^{216}\text{Ra}$  на основании эмпирической формулы для  $\Gamma_n / \Gamma_f$  из работы Сиккеланда и др. /5/ приводит к значению  $\approx 10^{-33} \text{ см}^2$  при хорошем согласии положения кривой на энергетической шкале. Экспериментальное сечение в максимуме составляет  $\approx 10^{-30} \text{ см}^2$ , что в тысячу раз превосходит оценку. Это означает, что реальная величина  $\Gamma_n / \Gamma_f$  примерно в 4 раза больше, чем оценочная на основании эмпирической формулы. Не исключено, что в этом проявляется эффект нейтронной оболочки  $N = 126$ , результатом которого может быть более высокий барьер деления промежуточных изотопов протактиния, появляющихся в процессе каскада испарительных нейтронов.

В заключение авторы выражают свою искреннюю благодарность академику Г.Н. Флерову за постоянную поддержку и интерес к работе, а также В.И. Крашонкину за помощь в проведении опытов и А.Г. Демину за обсуждения и советы.

#### Л и т е р а т у р а

1. А.С. Пасюк, Е.Д. Воробьев, Г.И. Иванников, В.И. Кузнецов, В.Б. Кутнер, Ю.П. Третьяков. Препринт ОИЯИ, Р7-4488, Дубна, 1969.
2. В.А. Друин, А.Г. Демин, Ю.П. Харитонов, Г.Н. Акапьев, В.И. Рудь, Г.Я. Сун-Цзин-Ян, Л.П. Челноков, К.А. Гаврилов. Ядерная физика, 13, 251 (1971).
3. KValli, E.K. Hyde. Phys. Rev., 176, 1377 (1968).
4. L.C.Northcliffe. Ann. Rev. Nucl. Sci., 13, 67 (1963).
5. T.Sikkeland, A.Ghiorso, M.J.Nurmia. Phys. Rev., 172, 1232 (1968).

Рукопись поступила в издательский отдел

6 июля 1971 года.

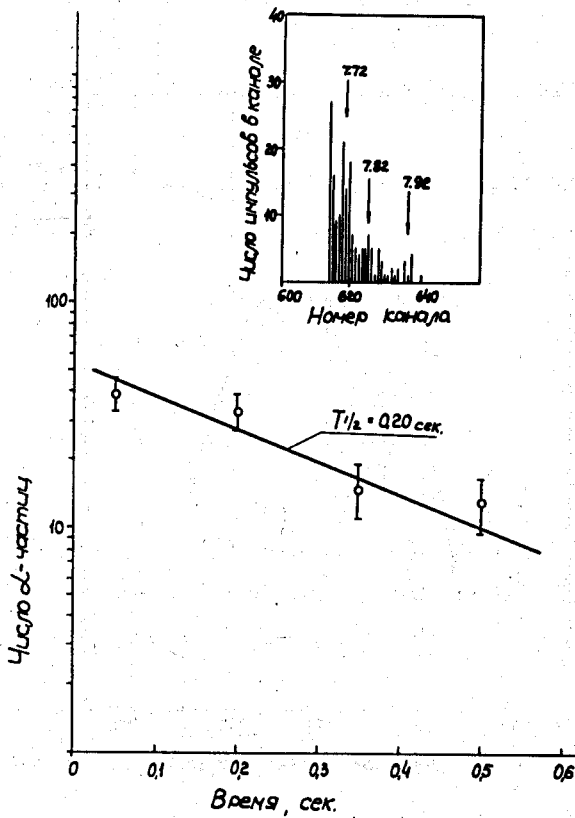


Рис. 1. Кривая распада  $^{216}\text{Ra}$ . В правом углу рисунка дан энергетический  $\alpha$ -спектр  $^{216}\text{Ra}$ .

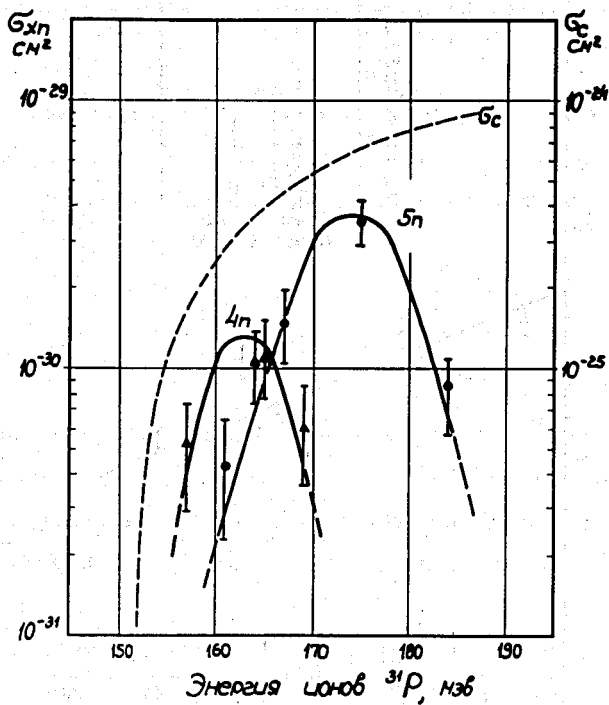


Рис. 2. Зависимость сечений реакции  $^{189}\text{Os}(^{31}\text{P}, 4n)^{216}\text{Pa}$  и  $^{190}\text{Os}(^{31}\text{P}, 5n)^{216}\text{Pa}$  от энергии бомбардирующей частицы (лаб. система). Дан ход сечения образования составного ядра.