

ОТКРЫТИЕ ЭЛЕМЕНТА 103

С. С. Родин

В апреле 1961 года сотрудники радиационной лаборатории Калифорнийского университета А. Гиорсо, Т. Сиккеланд, А. Ларш и Р. Латимер получили в результате многочисленных экспериментов данные о новом искусственно синтезированном элементе с порядковым номером 103*. В честь основателя своей лаборатории лауреата Нобелевской премии Э. О. Лоуренса они предложили назвать этот новый элемент — лоуренсием (символ элемента Lw).

Элемент 103 был получен при бомбардировке калифорния ионами бора, ускоренными до энергии 70 MeV при помощи линейного ускорителя Хайлак. В результате такого облучения наблюдалась альфа-активность, появление которой могло быть объяснено только распадом нового элемента с атомным номером 103. Однако эта активность настолько мала, что составляет всего лишь несколько α -частиц в час. По этой причине пока еще нельзя обнаружить продукты распада менделеевия, при помощи которых удалось бы определить атомный номер элемента с новой активностью. Тем не менее, на основании ядерных данных эта активность достоверно может быть приписана элементу с атомным номером 103. Метод, использованный исследователями для получения и идентификации излучений, образующихся при распаде 103 элемента, схематически изображен на рис. 1. Принципиально метод основан на той же схеме, которая использовалась в опытах при получении элемента 102. Калифорниевая мишень весом в 3 микрограмма имела следующий изотопный состав:

Cf^{249} — 3,3%, Cf^{250} — 32,8%, Cf^{251} — 12,3% и Cf^{252} — 50,8%.

Калифорний наносился на никелевую фольгу, толщиной 0,0015 мм, в виде круга, диаметром в 2,5 мм. Успех эксперимента очень сильно зависел от очистки мишени; очистка заключалась в аккуратном использовании ионообменных колонок и особо чистых реагентов. Последний этап очистки мишени от нежелательных примесей свинца и висмута осуществлялся нагреванием мишени в вакууме путем ее бомбардировки электронами. Примеси свинца и висмута должны быть сведены до минимума, так как при облучении этих элементов тяжелыми ионами с большим выходом образуются элементы, распадающиеся с периодом полураспада 25 сек. и испускающие α -частицы с энергией 8,8 MeV. Эти активности могут совершенно «забить» α -активность элемента 103.

Поток ионов B^{10} или B^{11} , проходящий через тончайшую мишень, не превышал 0,5 микроампер, чтобы избежать расплавления мишени. Образующиеся при бомбардировке атомы отскакивали от мишени в пространство, заполненное гелием. Медленно протекающий поток газообразного гелия переносил электрически заряженные продукты к тонкой

* Science News Letter 79, 259 (1961). Phys. Rev. Letters в печати.

медной конвейерной ленте. Эта лента периодически протягивалась на небольшое расстояние так, чтобы собранные атомы появлялись перед каждым из пяти кремниевых счетчиков. Импульсы, вызванные α -частицами подавались за предусилители, расположенные в защищенном пространстве. Затем они усиливались при помощи других усилителей и анализировались двумя отдельными электронными системами. Одна система состояла из пяти отдельных 100-канальных импульсных анали-

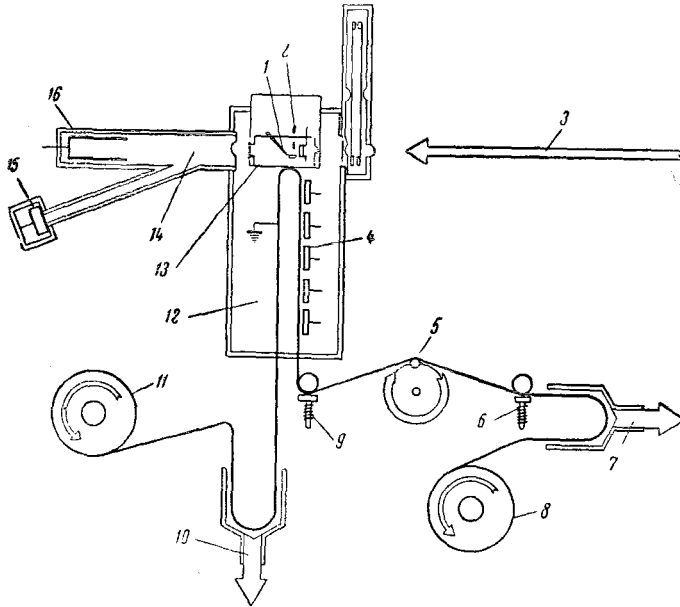


Рис. 1. Схема установки для получения элемента 103. 1 — мишень (-400 V), 2 — коллиматор, 3 — поток тяжелых ионов, 4 — кремниевые счетчики α -частиц, 5 — мотор, 6 — тормоз, 7 — отсос, 8 — приемная кассета, 9 — тормоз, 10 — отсос; 11 — подающая кассета, 12 — гелий, 13 — корпус (-150 V), 14 — вакуум, 15 — счетчик кремниевый для определения энергии потока ионов, 16 — фарадеев цилиндр

заторов, а другая представляла собой сложный агрегат, использующий запоминающее устройство, состоящее из пяти бумажных лент, на которые путем прокалывания наносились необходимые отметки. С помощью второго устройства можно было определить время, когда каждый импульс отмечался на конвейерной ленте.

При проведении этих экспериментов очень важную роль сыграли кремниевые кристаллические счетчики, разработанные сотрудниками Окриджской национальной лаборатории С. Борковским и Д. Бланкеншипом. С их помощью были сделаны кремниевые счетчики, необходимые для данных экспериментов. Эти счетчики изготовлялись из кремниевых пластинок, размером 6×10 мм, закрепленных в оправу и покрытых золотом толщиной ~ 20 $\mu\text{г}/\text{см}^2$. Первоначально счетчики работали очень неустойчиво, так как они находились в атмосфере гелия и в очень интенсивных полях β -излучений. Использование предусилителей, чувствительных к заряду, уменьшило влияние этих причин, однако в ходе экспериментов было найдено, что кристаллические счетчики периодически необходимо заменять новыми.

Энергия ионов бора определялась также при помощи кремниевого счетчика, прокалиброванного по ядерным фотопластинкам.

Калибровка и проверка всей системы в отсутствие потока ускоренных ионов производилась либо при помощи ядер отдачи U^{233} , и собираемых конвейерной лентой, либо при помощи α -частиц, образующихся при распаде Po^{212} . Для этих целей указанные образцы помещали перед счетным устройством. Предварительное изучение реакций с ускоренными тяжелыми ионами производили путем бомбардировки Sm^{147} , в результате которой образовывались короткоживущие излучатели. Для пробных бомбардировок использовали также свинец и висмут, из которых образуются различные α -излучатели с энергией от 7 до 9 MeV.

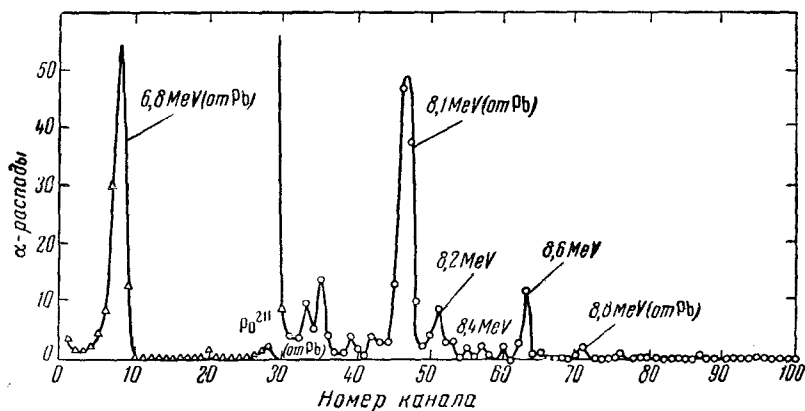
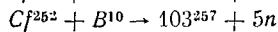
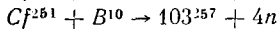
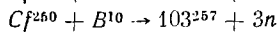
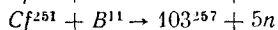
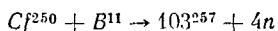


Рис. 2. α — спектр первого счетчика

При бомбардировке калифорния ионами бора, наблюдался распад элемента 103 с периодом полураспада 8 ± 2 сек. при испускании α -частиц с энергией 8,6 MeV. В этих опытах также наблюдались α -частицы с энергией 8,4 и 8,2 MeV с периодом полураспада 15 секунд, которые, вероятно, принадлежат элементу 102. На рис. 2 представлен спектр α -частиц, полученный во время последней серии экспериментов с помощью первого счетчика. Эти активности наблюдались в течение многих недель при бомбардировке калифорниевой мишени ионами B^{10} и B^{11} . При бомбардировке Pb, Bi, Pu^{240} и Am^{241} в подобных условиях не образуются новые активности. Ученые, получившие изотоп элемента 103, в силу ряда причин предполагают, что массовый номер его равен 257. Так, при бомбардировке Cf^{250} , Cf^{251} и Cf^{252} ионами B^{11} после эмиссии 4, 5 и 6 нейтронов образуется изотоп 103^{257} , в то же время при бомбардировке ионом B^{10} те же самые результаты получаются при вылете 3, 4 и 5 нейтронов.

Протекающие ядерные реакции можно изобразить так:



Кроме того, на основании других экспериментов известно, что для ядерных реакций бора с трансурановыми элементами наиболее вероятными реакциями являются реакции с вылетом нейтронов. Функции возбуждения ионов B^{11} и B^{10} для образования α -активностей с энергией — 8,6 MeV согласуются с вышеуказанным выводом. Эти функции имеют

вид, по которому та же активность может окончательно исключить реакции типа (B, pxn) , могущие привести к образованию легких изотопов элемента 102. Окончательное доказательство существования изотопа элемента 103 было получено при образовании элемента 102 путем бомбардировки калифорниевой мишени ионами C^{12} , в результате которой было обнаружено, что активность с энергией 8,6 MeV уменьшилась вдвое, а активность с энергией 8,2 MeV (которая, в основном, принадлежит 102^{255}) возросла почти в 20 раз. С другой стороны, эксперименты с Pu^{240} показали, что сечения реакций $(C^{12}, \alpha xn)$ больше, а реакций (C^{12}, pxn) меньше, чем сечения подобных реакций при бомбардировке калифорния ионами бора.

Образование легких изотопов менделеевия, которые могли испускать α -частицы с энергией в интервале от 8,2 до 8,6 MeV было исключено в опытах по бомбардировке Am^{243} ионами C^{12} .

Со дня открытия первых трансурановых элементов нептуния и плутония прошло немного более двадцати лет и за это время искусственно получено 11 новых трансурановых элементов.

Открытие каждого трансуранового элемента было связано с огромными трудностями. Все эти элементы радиоактивны и были открыты при помощи различных методов новейшей науки.— ядерной химии. Величайшую помощь ученым, открывшим эти элементы, оказывали физики, помогавшие предсказывать основные характеристики еще не открытых элементов и получать различные «атомные снаряды», без которых невозможно было бы синтезировать новые изотопы трансурановых элементов. Например, для открытия 103 элемента нужно было из искусственного элемента плутония получить довольно большие количества очень чистого трансуранового элемента калифорния с определенным изотопным составом. Полученный калифорний использовался в качестве мишени, работа с которой чрезвычайно затруднялась вследствие высокой нейтронной активности.

Из описания экспериментов при открытии элемента 103 следует, что ученые использовали метод исключения. Использование этого косвенного метода доказательства предусматривает колоссальный объем работ, так как нужно было испытать очень большое число различных мишеней и провести облучение различными ионами.

Интересно отметить, что указанный метод уже был использован ранее на заре открытия трансурановых элементов советскими учеными Г. Н. Флеровым и К. А. Петряком для доказательства спонтанного деления урана. А совсем недавно этот же метод был использован Г. Н. Флеровым с сотрудниками при открытии элемента 102.

Открытие элемента с порядковым номером 103 знаменательное событие, так как этот элемент является последним членом актиноидной группы периодической системы элементов Д. И. Менделеева.

Следующий новый химический элемент, который может быть искусственно получен человеком в лаборатории — это элемент с порядковым номером 104. Этот элемент будет иметь свойства совершенно отличные от других, ранее полученных искусственных элементов, с порядковыми номерами от 93 вплоть до 103. Элемент № 104 по своим физическим и химическим свойствам будет сходен с гафнием и цирконием, так как в периодической системе элементов он займет место непосредственно под ними. Различные соединения этого нового элемента относительно легко смогут быть отделены от соединений актиноидных элементов в силу большого различия в свойствах. Сравнительно простой метод экстракций может быть применен для этого разделения вместо сложного и трудоемкого метода ионообменной хроматографии.

Ряд элементов, который начнется с элемента 104 будет четвертым, так называемым, «рядом переходных металлов». Если эти элементы смогут быть получены, то они будут включать элементы с порядко-

выми номерами от 104 до 112. Элементы от 112 до 118 полностью заполнят седьмой ряд периодической системы элементов; они также будут иметь различные свойства. Однако здесь следует отметить, что при открытии более тяжелых элементов будут возникать постоянно возрастающие затруднения. Если период полураспада для элемента 103 равен 8 секундам, то предсказанный период полураспада для элемента 110 составляет 0,01 секунды. Такие короткие периоды полураспада очень сильно будут ограничивать возможность открытия новых изотопов тяжелых элементов.

Институт геохимии и аналитической химии
им. В. И. Вернадского АН СССР
