

Сообразно с этими схемами, среди неустойчивых продуктов деления ядра урана можно ожидать появление химических элементов, расположенных от криптона вправо до иттрия, цинка или ниобия включительно и от ксенона вправо до празеодимия или неодимия включительно. Возможны однако, повидимому, и другие схемы деления ядра урана, судя по тому, что в литературе появляются указания на нахождение среди продуктов деления ядра урана галоидов [Тибо и Мусса; (4) Абельсон, (5,9) и Физер и Брэчер (6)] и теллура и сурьмы [Физер и Брэчер (6); Брэчер и Кук (7) и Абельсон (9)]. К тому же заключению приводят и результаты изучения химической природы некоторых продуктов превращения урана, предпринятого нами.

Для получения неустойчивых продуктов, образующихся при делении ядра урана под действием нейтронов, мы воспользовались нейтронным излучением, возникающим на циклотроне Радиевого института по реакции ${}^2_1\text{D} + {}^2_1\text{D} = {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$. Интенсивность нейтронного излучения, применявшегося нами, была эквивалентна примерно 20 кюри Rn + Be. Получающиеся неустойчивые продукты превращения урана собирались нами по методу радиоактивной отдачи на стекле, расположенном на расстоянии 3 мм от поверхности окиси урана (U_3O_8), нанесенной тонким слоем на дерево и подвергавшейся облучению нейтронами. Собранные на стекле осколки ядра урана затем смывались с него обычно соляной кислотой, в некоторых случаях азотной кислотой или серной, к раствору добавлялись соли различных металлов 1, 2, 3, 4 и 5 аналитических групп и затем подходящей химической операцией один или несколько из прибавленных металлов отделялись от всех других в форме какого-нибудь труднорастворимого соединения, которое и давалось на измерение. Измерения производились на электронном счетчике Гейгера—Мюллера из дюралюминия с толщиной стенок в 0.12 мм. Осадки подсушивались на фильтрах, заворачивались в тонкий целлофан и для измерения обертывались вокруг счетчика.

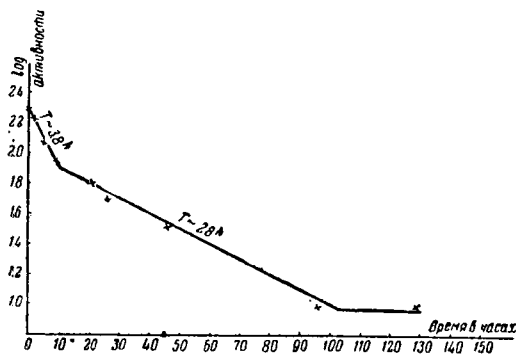
Из продуктов, получающихся при делении ядра урана в химическом отношении наиболее полно, мы бы сказали, исчерпывающе охарактеризованы изотопы бария и лантана (О. Ган и Штрассман), довольно хорошо доказываются существование цезия и рубидия и благородного газа. Существование ряда других элементов среди продуктов распада является более или менее спорным. Это прежде всего относится к стронцию, к галоидам и теллуру.

Присутствие стронция среди продуктов деления ядра урана было обнаружено О. Ганом и Штрассманом, причем приводимые ими данные представляются достаточно убедительными. Однако более поздние работы голландских авторов (8), которым не удалось обнаружить радиостронция, вносят в этот вопрос неясность и ставят указанную выше схему (3) деления ядра урана под сомнение. Поэтому нам казалось интересным проверить наличие радиостронция среди продуктов деления ядра урана. С этой целью собранные на стекле осколки урана растворялись в соляной кислоте, к раствору прибавлялось 20—30 мг KHSbO_4 , 15—20 мг $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ аф., 0.2 г $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и 0.3 г $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, после чего сурьма осаждалась сероводородом из солянокислого раствора, из фильтрата лантан осаждался аммиаком в форме $\text{La}(\text{OH})_3$, из фильтрата после выделения лантана стронций вместе с барием осаждался углекислым аммонием. Полученные карбонаты промывались, растворялись в слабой соляной кислоте, к раствору прибавлялся уксуснокислый натрий, после чего барий отделялся от стронция в форме хромата. Осадок хромовокислого бария промывался и испытывался на активность. Из фильтрата после осаждения бария выделялся стронций в форме сульфата слабой серной кислотой, осадок сернокислого стронция тщательно промывался холодной водой с H_2SO_4 и спиртом.

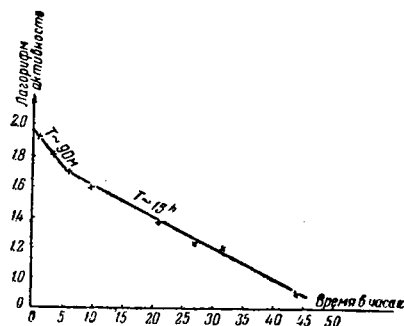
высушивался на фильтре и давался на промер. Осадок хромовокислого бария неизменно обнаруживал радиоактивные изотопы бария, подробно охарактеризованные О. Ганом и Штрассманом, а осадок сернокислого стронция оказывался тоже активным и распадался с другим периодом. Опыты повторялись несколько раз и кривые распада стронция имели один и тот же вид и обнаруживали присутствие в нем радиоактивного изотопа стронция с периодом полураспада T около 7 ч. 30 м. Кроме этого изотопа имеется еще второй с гораздо более длинным периодом, ближе пока не определенным.

Г а л о и д ы. Из галондов среди продуктов деления ядра урана были найдены бром [Т и б о и М у с с а⁽⁴⁾] и иод [Ф и з е р и Б р э ч е р⁽⁶⁾, А б е л ь с о н^(5,9)]. Однако примененные этими авторами приемы для выделения найденных ими брома и иода не являются специфическими для какого-нибудь одного галонда, а представляют собой групповую реакцию на галонды (отгонка из сернокислого раствора с перманганатом и осаждение азотнокислым серебром из азотнокислого раствора). Особенный интерес представляло бы доказательство присутствия иода среди продуктов деления ядра урана, так как рядом авторов^(5,6) ему приписывался период полураспада $T=2.5$ часа и он отождествлялся с эка-платиной О. Гана и Л. Мейтнер, образующейся из эка-иридия с периодом $T=66$ часов. Для обнаружения иода мы поступали следующим образом. Облученный нейтронами уранат натрия растворялся в разбавленной серной кислоте 1 : 5, к раствору прибавлялось немного бромистого и иодистого калия, затем раствор переносился в колбу для отгонки иода, к нему прибавлялось немного раствора NaNO_2 в воде и выделившийся иод перегонялся в приемник с водой, к которой подбавлено немного иодистого калия. По окончании перегонки иод в приемнике осаждался азотнокислым серебром. Образовавшееся иодистое серебро отфильтровывалось, промывалось на фильтре, сушилось и давалось на промер. Опыт повторялся несколько раз. Иодистое серебро во всех случаях получалось активным, и по кривой распада можно было установить присутствие в нем двух радиоактивных изотопов иода с периодами полураспада T около 3.8 часа и T около 28 часов. Радиоиод может быть выделен и непосредственно из осколков урана. Кроме метода перегонки мы применяли и метод извлечения иода хлороформом или четыреххлористым углеродом после его выделения из KJ действующим нитритом в сернокислом растворе. По испарении хлороформа остающийся иод давался на измерение. Кривые распада оказались в обоих случаях идентичными. Таким образом, нашими опытами может считаться доказанным, что среди продуктов деления ядра урана присутствует иод. Найденные нами для радиоиода периоды T около 3.8 часа и T около 28 часов не вполне совпадают с теми периодами, которые даются для иода другими авторами. Иод с периодом полураспада $T=2.5$ часа нам найти не удалось. Имеются ли кроме двух найденных нами изотопов иода еще другие с периодами полураспада, гораздо меньшими, чем 3.8 часа, и большими, чем 28 часов, покажут дальнейшие опыты. Наряду с иодом нам удалось установить с несомненностью среди продуктов деления ядра урана и бром. Для выделения брома мы воспользовались следующей реакцией. К раствору после отгонки иода, содержавшему некоторое количество бромистого калия, прибавлялся раствор бихромата калия, после чего перегонка продолжалась. Отгоняющийся при этих условиях бром улавливался в слабый водный раствор иодистого калия. По окончании перегонки содержимое приемника осаждалось избытком азотнокислого серебра. Полученная смесь бромистого и иодистого серебра после промывки и высушивания давалась на измерение. Отгоняющийся бром во всех случаях оказывался активным и распадался с периодами T около 90 мин. и T около

15 часов. Нам остается еще добавить, что если химическое разделение иода и брома провести не чисто, то вместо иода с $T=3.8$ часа легко можно найти иод с $T=2.5$ часа и вместо иода с $T=28$ ч. иод с $T=22$ часа. Кривые распада для брома и иода приводятся на фиг. 1 и 2.



Фиг. 1



Фиг. 2

Таким образом, на основании проведенных пока исследований химической природы продуктов деления ядра урана можно утверждать следующее.

1. Среди продуктов деления ядра урана присутствуют изотопы стронция с T около 7 ч. 30 мин. и второй изотоп с гораздо более продолжительной жизнью, ближе пока не определенный, изотопы иода с T около 3.8 часа, T около 22 час. и, повидимому, еще один изотоп с гораздо большей продолжительностью жизни и два изотопа брома с T около 90 мин. и T около 15 час.

2. Присутствие среди продуктов деления ядра урана изотопов иода и брома указывает на существование еще и других схем деления ядра урана, кроме перечисленных в работах Ф. Жолио и Л. Мейтнер и О. Фриша.

Радиевый институт
Академии Наук СССР
Ленинград

Поступило
26 VII 1939

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ O. Hahn u. F. Strassmann, Naturwiss. **27**, 11 (1939). ² F. Joliot, Comp. Rend. **208**, 341 (1939). ³ L. Meitner a. O. Frisch, Nature **143** (1939). ⁴ Thibaux et Moussa. Comp. Rend. **208**, 652 (1939). ⁵ Ph. Abelson, Phys. Rev., **55**, 418 (1939). ⁶ N. Feather a. E. Bretscher, Nature, **143**, 516 (1939). ⁷ E. Bretscher a. L. Cook, Nature, **143**, 559 (1939). ⁸ F. Hein, A. Atenjun a. C. Bakker, Nature **143**, 516 (1939). ⁹ Ph. Abelson, Phys. Rev. **55**, 670 (1939).