

ФИЗИКА

Академик В. Г. ХЛОПИН, М. А. ПАСВИК-ХЛОПИНА и Н. Ф. ВОЛКОВ

**ДЕЛЕНИЕ ЯДЕР УРАНА ПОД ДЕЙСТВИЕМ НЕЙТРОНОВ И ВОПРОС
О СУЩЕСТВОВАНИИ ТРАНС-УРАНОВ**

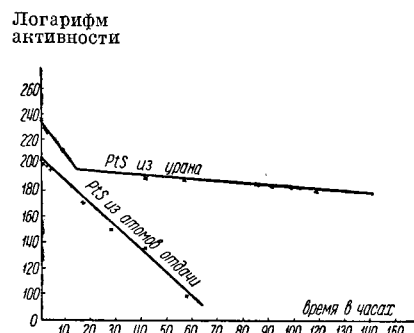
Тотчас же по открытии Е. Ферми ⁽¹⁾ в 1934 г. искусственной радиоактивности урана, возникающей под действием на него нейтронов, им же было обращено внимание на то, что два из образующихся при этом искусственных продуктов превращения урана, имеющих периоды полураспада в 13 и 90 минут, по своим химическим свойствам отличаются от элементов, расположенных в периодической системе между 82 и 92 номерами, а потому им следует приписать атомные номера, большие чем 92. Высказанная Ферми мысль об образовании из урана под действием нейтронов химических элементов, стоящих в периодической системе по ту сторону урана, которым позднее было дано общее название «транс-уранов», встретила сначала резкую критику со стороны А. Ф. Гроссе ⁽²⁾ и И. Ноддак ⁽³⁾. Однако в последующих работах О. Гана и Л. Мейтнер ⁽⁴⁾, Е. Ферми ⁽⁵⁾ и нашей ⁽⁶⁾ были подтверждены основные данные Е. Ферми и несколько ближе изучены химические свойства этих двух искусственных радиоэлементов. В дальнейшем вопрос о существовании транс-уранов и об их химических свойствах в ряде блестящих работ детально разбирался О. Ганом и Л. Мейтнер ⁽⁷⁾; полученные ими данные в значительной части были подтверждены И. Кюри и Савичем ⁽⁸⁾ и, казалось, существование транс-уранов было прочно доказано. Правда, появившаяся еще в 1938 г. работа И. Кюри и Савича ⁽⁹⁾, в которой им удалось установить среди продуктов искусственного превращения урана радиоэлемент с $T = 3.5$ часа, по своим химическим свойствам весьма близкий к лантану, который авторы первоначально приняли за изотоп актиния, вносила уже некоторый диссонанс в стройную схему последовательных превращений, которые были установлены для урана О. Ганом и Л. Мейтнер. Так стоял вопрос до декабря 1938 г., когда появилась работа О. Гана и Штрассмана ⁽¹⁰⁾, в которой авторы сообщали об открытии ими среди продуктов искусственного превращения урана под действием нейтронов изотопов радия и актиния, и особенно работа тех же авторов, появившаяся в январе 1939 г. ⁽¹¹⁾, в которой давалось строгое химическое доказательство, что принятые ими первоначально за изотопы радия и актиния продукты превращения урана на самом деле являются изотопами бария и лантана, причем второй сам является продуктом превращения первого. В этой же работе О. Ганом на основании полученных данных высказывается предположение о существовании нового типа распада ядра урана, при котором происходит его деление на два осколка с образованием элементов, расположенных далеко

выше его в периодической системе. Независимо от О. Гана немного позднее Ф. Жолио (¹²) показал теоретическую вероятность деления ядра урана и тория под действием нейтронов на два осколка близкой массы и дал изящное и очень простое физическое доказательство наличия этого процесса. Одновременно и независимо к тем же результатам пришли Л. Мейтнер и Фриш (¹³) и несколько позднее Фриш (¹⁴) дал другим методом экспериментальное доказательство наличия осколков ядра урана с большой энергией.

Открытие нового типа распада урана под действием нейтронов, при котором из ядра урана могут образовываться ядра атомов более легких элементов, стоящих в центре таблицы Д. И. Менделеева, поставило под вопрос существование химических элементов с большим атомным номером, чем уран. В виду огромной принципиальной важности для химии вопроса о существовании транс-уранов, нам казалось интересным попробовать решить этот спорный вопрос, используя для этого циклотрон Радиевого института, дававший возможность получить мощный источник нейтронов по реакции ${}^2_1\text{D} + {}^2_1\text{D} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$. Мы исходили при этом из следующих соображений.

Все продукты распада ядра урана, получающиеся путем деления ядра этого элемента после захвата им нейтрона, как образующиеся с большим выигрышем энергии, должны обладать в момент своего образования большой кинетической энергией, позволяющей им отлетать на значительное расстояние от места своего образования. Это именно обстоятельство и позволило Ф. Жолио (¹²) применить для их собирания «метод радиоактивной отдачи». Напротив, ядра транс-уранов, если последние образуются, как более тяжелые, чем ядра урана, получающиеся путем потери β -частицы образовавшимся сложным ядром изотопа урана, никакой заметной кинетической энергией обладать не будут, а потому всегда будут оставаться на месте своего образования, т. е. среди окружающих их атомов урана. Поэтому если транс-ураны действительно существуют, то мы никогда не обнаружим их среди атомов отдачи, и кривые распада, получаемые для продуктов искусственного превращения урана, выделенных непосредственно из облученного нейтронами урана, и кривые распада образующихся при этом атомов отдачи должны между собою различаться. Для проверки этого предположения нами были поставлены следующие опыты. Нейтронным излучением от циклотрона одновременно подвергались облучению окись урана (U_3O_8), нанесенная тонким слоем в несколько рядов на дерево и перекрытая каждый раз на расстоянии 3 мм стеклянной пластинкой, и уранат натрия. Сила нейтронного излучения отвечала примерно 30 Кюри $\text{Rn} + \text{Be}$. Время облучения варьировало от нескольких до 36 часов. Облученный уранат натрия и собранные на стекле атомы отдачи подвергались затем одной и той же химической обработке, а именно они растворялись в соляной кислоте, концентрация ее доводилась до 7—8%, затем к раствору прибавлялось 10—20 мг $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ и такое же количество хлороплатината калия, и раствор, нагретый до кипения, в обоих случаях осаждался сероводородом. Образовавшаяся PtS отфильтровывалась, промывалась разбавленной соляной кислотой, а затем водой и в случае атомов отдачи после высушивания непосредственно подвергалась измерению. Напротив, в случае ураната натрия в целях окончательной очистки ее от UX_1 образовавшийся осадок PtS отфильтровывался через стеклянный фильтр Шотта, промывался, растворялся на фильтре и царской водке, фильтрат выпаривался дважды с соляной кислотой, и полученный солянокислый раствор после подбавки к нему 10—15 мг соли лантана вновь осаждался сероводородом. Вновь полученный осадок PtS_2 промывался разбавленной соляной кислотой и водой и после высу-

пывания подвергался измерению. Измерения производились на электронном счетчике Гейгер-Мюллера из дюралюминия с толщиной стенок в 0.1 мм. Самый осадок PtS_2 , высушенный на фильтре, заворачивался в тонкий листок целлофана и обертывался вокруг счетчика. Принятая нами химическая обработка, неоднократно проверенная и нами самими, являлась по О. Гану и Л. Мейтнер наиболее целесообразной для выделения транс-уранов в чистом виде. Кривые распада полученной при этом сернистой платины тщательно прослеживались в течение длительного времени, до 2—3 недель. Таких параллельных кривых распада нами было заснято несколько. Показывая вначале, в течение первых примерно 15—20 часов, почти совершенно идентичный спад, эти параллельные кривые неизбежно обнаруживали по истечении 15—20 часов весьма различный дальнейший ход распада. В то время как кривая распада сернистой платины из атомов отдачи уже по истечении 30—40 часов обнаруживала полный распад, на кривой распада сернистой платины из ураната натрия по истечении 15—20 часов наступал перелом, соответствующий образованию более долго живущего радиоэлемента с периодом полураспада около 70 часов, соответствующего типичному транс-урану по О. Гану и Л. Мейтнер эка Ig с $T=66$ часов. Образчик кривых распада сернистой платины, полученной из атомов отдачи и из ураната натрия, приведен на фигуре. Полученные нами результаты, казалось бы, могли являться доказательством существования транс-уранов. Однако появившиеся в течение последних двух месяцев экспериментальные работы Л. Мейтнер и О. Фриша⁽¹⁵⁾ и Брэчера и Кука⁽¹⁶⁾, которые, поставив аналогичные опыты, пришли к противоположным результатам, позволяют повидимому дать двойное толкование полученным нами результатам. Действительно, содной стороны, Л. Мейтнер и О. Фриш, наблюдая



за распадом сернистой платины, выделенной из атомов отдачи и из урана, нашли, что кривые распада в течение первых 20—25 часов идут совершенно параллельно друг другу, а с другой, — Брэчер и Кук, подвергая в течение длительного времени облучению уран и собирая атомы отдачи на пластинке, отстоящей на расстоянии всего 1 мм от поверхности урана, в выделенной затем сернистой платине обнаружили присутствие и элемента с $T=70—72$ часа. Единственная разница в постановке наших опытов и опытов Л. Мейтнер и О. Фриша и Брэчера и Кука заключалась в том, что последние собирали атомы отдачи на гораздо более близком расстоянии от облучаемого урана, нежели это делали мы (1 мм вместо 3 мм в нашем случае). Для объяснения расхождения в полученных нами и Л. Мейтнер и О. Фришем и Брэчером и Куком результатов можно сделать два предположения: 1) При таком близком расстоянии собирающей атомы отдачи пластинки от поверхности урана на нее кроме собственно атомов отдачи могут попадать механически увлекаемые ими из поверхностных слоев атомы урана и образовавшиеся в нем атомы транс-уранов. В этом случае однако интенсивность излучения осевших на пластинке атомов транс-уранов должна быть много меньше, чем типичных атомов отдачи. 2) Наряду с твердо установленным типом деления ядра урана на 2 осколка, при котором происходит большой выигрыш энергии, имеет место еще и другой тип деления ядра урана, энергетически менее выгодный, при котором образующиеся ядра продуктов распада не обладают большой кинетиче-

ской энергией и могут отлетать лишь на очень недалекое расстояние от места своего образования. Полученный пока экспериментальный материал не позволяет сделать окончательный выбор между этими двумя предположениями, для чего требуются дальнейшие исследования. Работа продолжается.

Радиевый институт.
Академия Наук СССР.

Поступило
9 V 1939.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ E. Fermi, Nature, **133**, 898 (1934). ² A. Grosse a. M. S. Agruss, Nature, **134**, 773 (1934). ³ I. Noddack, ZS. f. ang. Chem., **47**, 301 (1934). ⁴ O. Hahn u. L. Meitner, Naturwiss., **23**, 37, 230, 544 (1935). ⁵ E. Fermi, E. Amaldi, O. d'Agostino, F. Rasetti a. E. Segre, Proc. Roy. Soc., (A), **146**, 483 (1934); **149**, 522 (1935). ⁶ М. А. Пасвик-Хлопина и В. Г. Хлопин, Сборник к 50-летию научной и педагогической деятельности акад. В. И. Вернадского, стр. 539 (1936). ⁷ O. Hahn, L. Meitner u. F. Strassmann, Ber., **69**, 905 (1936); L. Meitner, O. Hahn u. F. Strassmann, ZS. f. Physik, **106**, 249 (1937); **109**, 538 (1938). ⁸ J. Curie et P. Savitch, Journ. de Physique et de Radium, VIII, 385 (1937). ⁹ J. Curie et P. Savitch, Ibidem, **9**, 335 (1938). ¹⁰ O. Hahn u. F. Strassmann, Naturwiss., **26**, 755 (1938). ¹¹ O. Hahn u. F. Strassmann, Naturwiss., **27**, 41 (1939). ¹² F. Joliot, C. R., **208**, 341 (1939). ¹³ L. Meitner a. O. Frisch, Nature, **143**, 246 (1939). ¹⁴ O. Frisch, Nature, **143**, 276 (1939). ¹⁵ L. Meitner a. O. Frisch, Nature, **143**, 471 (1939). ¹⁶ E. Bretschner a. L. Cook, Nature, **143**, 559 (1939).