

2. O. K u b a s c h e w s k i, E. E v a n s. Metallurgical Thermochemistry. London—New York, Pergamon Press, 1958.
3. В. Латишер. Окислительное состояние элементов и их потенциалы в водных растворах. М., Изд-во иностр. лит., 1954.
4. F. Rossini, D. Wagman, W. Evans, S. Levine, I. Lofte. Selected Values of Chemical Thermodynamic Properties. Circular of the National Bureau of Standards, US Government Printing Office, 1952, p. 359.
5. L. Brewer, L. Bromley et al. Thermodynamic of Uranium Compounds. Part I—Thermodynamic Tables, table IV, US AEC, MDDC-1543, 1947.
6. Ф. Г. Фут. Материалы Международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1955), т. 9. М., Госхимиздат, 1958, стр. 51.
7. A. Butts. Metallurgical Problems. Sec. edit., New York, McGraw-Hill Book Co., 1943.
8. A. Lemmon, J. Ward, S. Fisher, C. Geankoplis, J. Clegg. The Thermodynamics of the Reduction of Uranium Compounds to Uranium Metal. US AEC, BMI-550 (1952).
9. Н. Тхауер. Доклад № 602, представленный США на Вторую международную конференцию по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1955).
10. Х. А. Уилхелм. Материалы Международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1955), т. 8. М., Металлургия, 1958, стр. 199.
11. Х. Л. Стрелец, А. Ю. Тайц, Б. С. Гуляницкий. Металлургия магния. М., Металлургия, 1950.

Расщепление гафния протонами с энергией 660 Мэв

А. К. Лаврухина, А. А. Поздняков

Цель настоящего исследования — определить выходы продуктов расщепления и изучить некоторые детали процесса взаимодействия протонов с энергией 660 Мэв с ядрами гафния.

Хроматографическое выделение продуктов расщепления, расчет выходов β^- , β^+ , а также К-захватных изотопов производились по описанным в литературе методам ([1, 2, 3] соответственно). Точность определения выходов для К-захватных изотопов составляла 50-100%.

На основании экспериментальных и интерполированных данных для всех идентифицированных элементов были построены кривые зависимости выходов изотопов от их массовых чисел (рис. 1). Как видно из рисунка, при расщеплении гафния протонами с энергией 660 Мэв наблюдается куполообразное распределение изотопов, подобное, например, распределению продуктов расщепления меди [4]. Однако, в то время как для меди купола расположены в области ядерной стабильности, для гафния наблюдается сильный сдвиг куполов в сторону нейтроно-дефицитных ядер. Следствием такого различия является изменение изотопного состава ядер. При расщеплении гафния в основном образуются ядра с недостатком нейтронов: 67% от полного сечения расщепления; на долю ядер стабильных и ядер с избытком нейтронов приходится соответственно 23 и 10%, в то время как при расщеплении меди стабильных и нейтроно-дефицитных ядер образуется примерно одинаковое количество (~40 %).

Анализируя кривые распределения изотопов по массовым числам, следует также отметить смещение куполообразной кривой с $Z=64$ в сторону меньших масс и меньших выходов по сравнению с соседними элементами, что, по-видимому, можно объяснить, согласно статистической теории, влиянием замкнутой оболочечки с $Z=64$.

По кривым рис. 1 для каждого элемента были определены величины суммарного поперечного сече-

ния образования изотопов. Эти величины дали возможность установить, что полное сечение для процесса расщепления ядер гафния равно $1,5 \cdot 10^{-24} \text{ см}^2$ (с учетом изотопов гафния, суммарный выход которых принят равным суммарному выходу изотопов лютеция). Найденная величина составляет 85% от геометрического сечения ядер гафния. Уместно отметить, что во фракции лютеция обнаружена активность с периодом полураспада 4 ч, которая может принадлежать новому изотопу Lu^{148} . Предполагая, что этот изотоп β^+ -активен, произвели расчет его выхода. Полученная величина соответствует продолженной пунктиром левой ветви кривой лютеция на рис. 1.

На рис. 2 приведена кривая 1 зависимости кумулятивного выхода изотопов от числа вылетевших нуклонов N . Как видно, кумулятивный выход изотопов остается постоянным при $N \leq 20$, а при $N > 20$ падает по экспоненциальному закону

$$\ln \sigma_1 = PA + \text{const},$$

где значение параметра P , определенное из углового коэффициента кривой рис. 2, оказалось равным 0,11. Для изотопов с $N > 20$ расчет сечения образования данного ядра-продукта может быть произведен по полумпирической формуле Рудстама [6]:

$$\sigma(A_i, Z_i) = \exp[PA - Q - R(Z_i - SA_i)^2],$$

где значения параметров, по нашим данным, оказались равными: $P=0,11$; $Q=12,8$; $R=1,2$; $S=0,433$.

Для оценки среднего числа нейтронов и протонов, испускаемых при расщеплении гафния, были вычислены (с учетом изотопного состава природного гафния) средневзвешенные значения этих частиц по формуле

$$\frac{\sum \sigma_i x_i}{\sum \sigma_i},$$

где σ_i — сечение образования i -изотопа; x_i — число вылетевших нейтронов или протонов при образова-

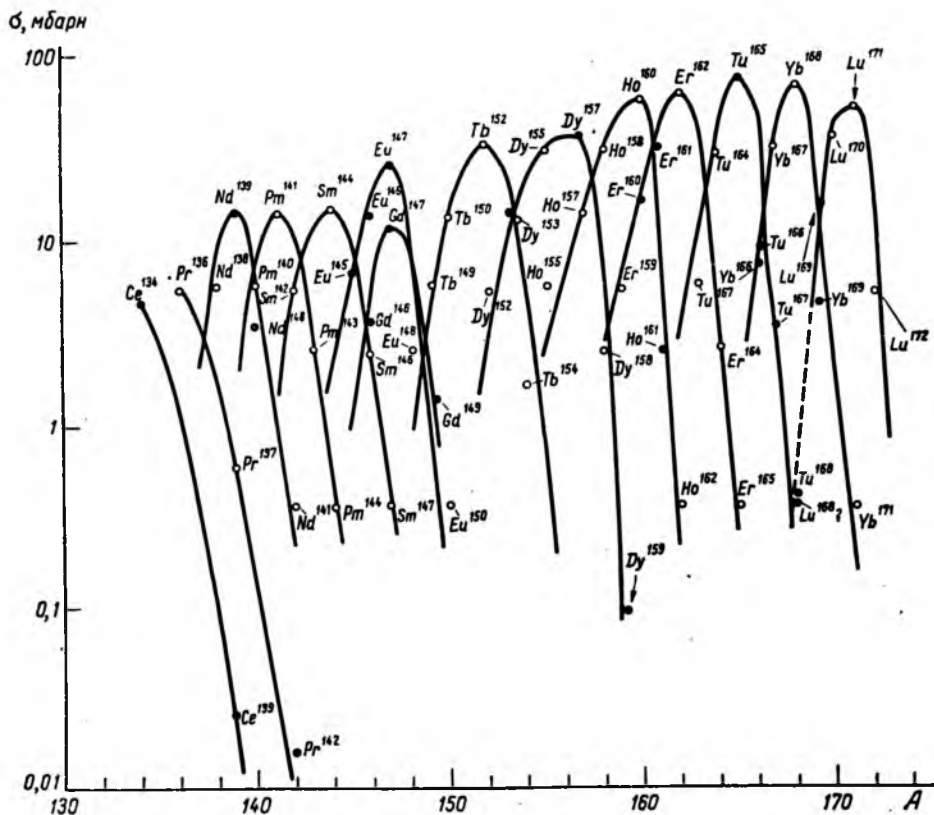


Рис. 1. Кривые распределения выходов изотопов редкоземельных элементов по массовым числам:

● — экспериментальные данные; ○ — интерполированные данные.

ния i -изотопа. Результаты расчетов, сопоставленные с аналогичными значениями для процесса расщепления меди [4], приведены в таблице. Кроме того, при помощи данных работы [7] удалось оценить среднее число испарившихся нейтронов и протонов.

Среднее число вылетевших частиц

Элемент	Z	Среднее число испускаемых частиц		Среднее число испарившихся частиц		Отношение среднего числа испарившихся нейтронов к среднему числу испарившихся протонов
		нейтронов	протонов	нейтронов	протонов	
Cu	29	4,8	3,7	2,8	1,7	1,5
Hf	72	13,0	4,1	10,5	2,6	4,0

Из данных таблицы следует, что при расщеплении гафния протонами с энергией 660 Мэв среднее число испарившихся нейтронов в 3,7 раза превышает среднее число нейтронов, испарившихся

из меди, в то время как среднее число испарившихся протонов увеличивается только в 1,6 раза. Отношение среднего числа испарившихся нейтронов к среднему числу испарившихся протонов для гафния больше, чем для меди, почти в 3 раза. Эти данные свидетельствуют о резком увеличении числа испарившихся нейтронов по мере роста порядковых

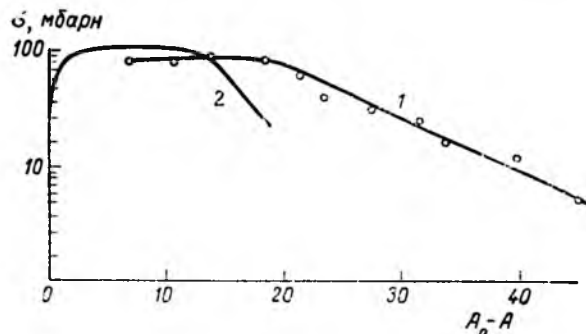


Рис. 2. Кривая 1 зависимости кумулятивного выхода изобар от числа вылетевших нуклонов и теоретическая кривая 2, рассчитанная для $A=200$ и $E_p=400$ Мэв [5].

номеров облучаемых ядер (с 29 до 72), в то время как число каскадных нейтронов остается постоянным (2 — для меди и 2,5 — для гафния). По полученным данным была определена средняя энергия возбуждения ядер гафния; она оказалась равной 150 Мэв, что согласуется с расчетными значениями работы [7].

Поступило в Редакцию 13/II 1959 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Поздняков. Ж. анал. хим., II, 566 (1956).
2. А. П. Виноградов, Н. П. Алимари, В. П. Баранов, А. К. Лавру-

хина и др. Сессия АН СССР по мирному использованию атомной энергии (заседания отд. хим. наук). Изд-во АН СССР, 1955, стр. 97.

3. Т. В. Малышева, Н. П. Алимари, Ж. эксперим. и теор. физ., 35, 1103 (1958).
4. А. К. Лаврухина, Л. Д. Красавина, Ф. П. Павлоцкая, Н. М. Грещева. Атомная энергия, II, № 4, 345 (1957).
5. I. Jackson. Canad. J. Phys., 35, 21 (1957).
6. S. Rudstam. Philos. Mag., 44, 1131 (1953).
7. N. Metropolis, R. Bivis, M. Stoom, J. Miller, G. Friedlander, A. Turkevich. Phys. Rev., 101, 204 (1958).

Авторадиографический метод исследования чернильных и карандашных штрихов на документах

Г. Е. Гордон, В. К. Лисиченко

В криминалистической практике большое значение имеет констатация подделок и исправлений, произведенных позднее, чем основной текст документа. Относительную давность нанесения штрихов в текстах, исполненных железоголловыми чернилами, которые содержат большие количества хлорида или сульфата железа, было предложено¹ определять по миграции хлор- или сульфат-ионов из штриха в окружающую бумагу.

Однако обычное химическое проявление хлоридного изображения штриха удовлетворительные результаты дает только при значительной концентрации в чернилах хлор-ионов, поэтому мы заменили его авторадиографическим проявлением.

Исследуемая часть документа пропитывалась 0,1 N раствором AgNO_3 , меченным Ag^{110} активностью 1 мкюри/мл, в 0,1 N HNO_3 или раствором сульфата одновалентного таллия, меченного Tl^{204} . Спустя 5 мин для удаления избытка реактива производилась пятикратная промывка документа 0,01%-ной HNO_3 . После высушивания документ в темноте приводился в контакт с фотобумагой. Через сутки полученная радиограмма проявлялась и фиксировалась, как обычно.

При исследовании штрихов анилиновых чернил, содержащих ничтожные количества хлоридов, оказалось, что миграцию хлор-ионов обнаружить не удается. Но при этом было установлено, что за счет адсорбции радиоактивного реактива красителем чернил получается радиографическое изображение самого чернильного штриха. Такое изображение получается и при приготовлении чернил из химически чистого метилфиолетового красителя, в котором посторонние хлор-ионы практически отсутствуют. Изображение не расплывается после пребывания документа в воздухе, насыщенном водяными парами, и почти точно соответствует по размерам чернильным штрихам. Оказалось, что адсорбируе-

мость серебра чернильными штрихами зависит от того, давно ли исполнен текст. Как видно из фотогафии (рис. 1), штрихи, нанесенные на бумагу недавно, дают более интенсивные радиографические отпечатки, чем штрихи, исполненные давно.

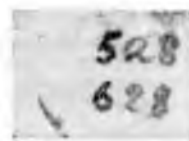


Рис. 1. Авторадиограмма цифрового текста, исполненного метилфиолетовыми чернилами, после обработки раствором AgNO_3 , меченным Ag^{110} . Основной текст исполнен полтора года назад; за месяц до исследования к нему такими же чернилами приписаны цифры 5 и 6.

В отличие от кислотных основные красители чернил адсорбируют также радиоактивные изотопы, входящие в состав некоторых анионов. Но при этом зависимости от давности исполнения текста не наблюдается. Так, при обработке даже выцветших от времени текстов растворами Na_2S , NaJ или $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$, меченными соответственно S^{35} , J^{131} и C^{14} , получают отчетливые радиографические отпечатки.

Особенно хорошие отпечатки текстов, исполненных фиолетовыми и синими чернилами, получены при адсорбции комплексных анионов $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$, $\text{Zn}(\text{CNS})_2^-$, TlBr_4^- и CdJ_2^- . Последние три аниона легко образуются при растворении ZnSO_4 в избытке KCNS , $\text{Ti}_2(\text{SO}_4)_3$ — в KBr и CdSO_4 — в NaJ . Метить подходящим радиоактивным изотопом можно любой атом комплексного аниона.

В соответствии с правилом Фаянса — Панета лучше адсорбируются и, следовательно, дают бо-

¹ O. Mezger, H. Rall, W. Heess. Angew. Chemie, 44, 645 (1931).