

ПРАВЕЊЕ НА ЕЛЕМЕНТИТЕ 97 и 98¹⁾

OD F. A. PANETH

Во историјата на откривањето на трансуранските елементи се гледа некоја тенденција тие да се откриваат два по два. Во 1940 год. беа произведени првите изотопи на елементот 93 (нептуниј) и 94 (плутониј), а четири години подоцна беше извршено вештачкото добивање на елементите 95 и 96 (америциј и кириј), макар да публикурањето на тие резултати требаше да чека до после војната*). Сега иде вест од Радијациониот лабораториум на Калифорнискиот универзитет, дека во времето од неколкуте минати месеци биле направени и идентифицирани двата следни трансурански елементи²⁾.

Првата вест за тоа, објавена најпрво во јануари оваа година³⁾, се односеше на елементот 97. S. G. Thompson, A. Ghiorso и G. T. Seaborg, со помошта на многу други физичари и хемичари, а работејќи под покровителството на Комисијата за атомна енергија на Соединетите Држави, го бомбардираа изотопот на елементот 95 (америциј) со атомска тежина 241, со хелиеви јони забрзани на 35 MeV во

¹⁾ Преведено од часописот *Nature* 165, 748, 1950 (бр. 4202) со дозвола од авторот и уредништвото на часописот. — Сите забелешки под текстот ги стави преводачот. Забелешките означени со ѕвездички, што идат на крајот на текстот, се оригинални. — Професорот F. A. Paneth е професор по радиохемија на универзитетот во Дурхем (Англија) и член на англиското краловско друштво.

²⁾ Трансураните се откриени по овој ред: нептуниј во 1940 г., плутониј во зимата 1940/41, америциј во 1944 г., кириј во 1944 г. (нешто порано од америциот), беркелиј при крајот на 1949 г., калифорниј во почетокот на 1950 г. Понатаму гледај под 3.

³⁾ Год. 1950.; првото соопштение што ми е достапно за тоа датира од 23. I. 1950 год., но е публикувано дури на 15. III. 1950. (*Phys. Rev.* 77, 838, 1950). Авторите што се приведени горе ги произвелоа и ги докажаа првите количини од елементот 97 (беркелиј, Bk) на 19. XII. 1949., а првите количини од елементот 98 (калифорниј, Cf) на 19. II. 1950. Главните работи за ова се излезени во декември 1950. Тоа се овие публикации: S. G. Thompson, A. Ghiorso a. G. T. Seaborg, *Phys. Rev.* 80, 781, 1950; S. G. Thompson, K. Street, Jr., A. Ghiorso a. G. T. Seaborg, *ibid.* 80, 790, 1950. Хемиските својства на калифорниј се изнесени од истите автори во *Journ. Amer. Chem. Soc.* 72, 4832, 1950.

калифорнискиот циклотрон од 60 инчи⁴), па по тој начин добија атомски јадра со полувреме од 4, 6 саати и со веројатна атомска тежина 243⁵). Тие атомски јадра се распаѓаат со фаќање електрон⁶), со една гранка од 0,1%, во која атомите се распаѓаат со емисија на алфа честици. Изгледа дека постоат три групи алфа честици; од нив најголема енергија има групата од 6,72 MeV^{**}).

Добивањето на елементот 98, кое тукушто е објавено од истите три автори и K. Street, мл., беше изведено на сличен начин^{***}). Бомбардирајќи го изотопот на елементот 96 (кириј) со атомска тежина 242, во истиот циклотрон, со хелиеви јони од истата енергија, беше направено ново атомско јадро, кое што се распаѓа со полувреме од околу 45 минути, исфрлувајќи при тоа алфа честици со енергија од 7,1 MeV. Досега не е забележено распаѓање со фаќање електрон, кое е можно и веројатно од теориски причини.

Се разбира, фактот што во двата случаи беа добиени нови радиоактивни јадра, не е уште достатачен доказ за тоа дека се добиени два нови хемиски елементи, затоа што тие би можеле да бидат нови изотопи на познатите елементи. Бидејќи добиените количини беа многу мали за да можеа да бидат испитани нивните карактеристични рентгенски спектри, авторите беа принудени да прибегнат кон радиохемиските методи, за да можеа со нив да ги одредат местата што ги завземаат овие нови атомски јадра во природниот низ на елементите. Но примената на овие методи тука најде на многу големи тешкотии. Четири трансурански елементи 93 до 96 се покажаа многу слични во своите хемиски својства. Тоа не беше никаква изненада за хемичарите, затоа што уште одамна пред тоа, 1922., Niels Bohr беше

⁴) 1 инч = 2,54 см.

⁵) Се односи на масениот број. Во споменатото прво соопштение од март 1950. авторите вака велат: „97²⁴³, или можда 97²⁴⁴“. Во првата од споменатите главни работи за тој масен број стои вака: „веројатно масен број 243“.

⁶) Тоа е најнеобичен начин на радиоактивно распаѓање. Иде под името и „K-фаќање“, „K-распаѓање“. Откриено е и докажано дури во 1938 (Alvarez). Се состои во тоа, едниот од двата електрони на внатрешниот, K-слој од електронската обвивка на атомот, да падне на атомското јадро. Со тоа атомскиот или редниот број на јадрото се намалува за 1, па станува еден изотоп на предходниот елемент во периодниот систем, со иста атомска маса како атомот од кого се тргнало. Непосредно потоа, тој атом исфрлува еден рентгенски фотон од K-серијата, во моментот кога еден електрон од надворешните слоеви на електронската обвивка падне на празното место во K-слојот. Таков начин на радиоактивно распаѓање станува при оние вештачки радиоактивни атоми при кои односот на неутроните спрема протоните во јадрото е сосем мал. Фатениот електрон во јадрото се врзува со еден протон во неутрон.

прорекнал, дека зад уранот би требало да започне еден скуп елементи, кои што по својата блиска меѓусобна сличност би требало да личат на скупот од ретките земји. Таа сличност го прави невозможно докажувањето на еден нов транс-урански елемент со една хемиска реакција која ќе беше специфична за тој посебен елемент; точно исто така како што покажуваат ретките земји во своето држање само многу мали квантитативни разлики. За среќа за време на војната беа развиени за такви слични елементи нови методи за одделување, кои што се неупоредиво поефикасни од класичниот начин на фракционирани кристализација. Тие нови методи се осниваат на адсорпцијата и десорпцијата на специјално приготвени смоли, и тие — меѓу другите успеси — доведоа до одделувањето и идентифицирањето и на последниот елемент од скупот на ретките земји, кого што дотогај уште ги немаше. Seaborg и неговите другари го применија тука истиот технички начин; само тој тука беше потешок поради малите количини на материјалот, а за случај на елементот 98 и поради кусиот живот на новото атомско јадро. Понатаму усложнение правеше и присуството на почетната супстанција, која е неколку милиони пати порадиоактивна од новите атомски јадра, па овие нови елементи мораа да бидат сосем ослободени од неа пред да можеше да се премине кон разгледувањето на нивната сопствена радиоактивност.

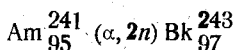
Додека од една страна големата хемиска сличност меѓу новите елементи и на оние пред нив го отежнуваше нивното одделување, од друга страна таа хемиска сличност овозможи на испитувачите точно да ги предвидат местата, каде што би требало да се појават елементите 97 и 98 во грижливо регулираниот процес на фракцинација; а успехот наполно го оправда нивното ишчекување. Сигурно не е потребно да се нагласи, дека беа потребни години на експериментална опитност и вештина на една голема и до крајност извежбана група испитувачи под постојано водство, за да можеше да се изведе мноштво операции, почнувајќи со бомбардирањето на невидљиви количини на синтетичен америциј и синтетичен кириј, па до хемиското изолирање на два нови, кратковечни елементи и определувањето на нивните радиоактивни карактеристики^{7), 8)}.

⁷⁾ Од америциот (Am) досега се познати 5 изотопи со масени броеви 239 до 243; несигурни се изотопите со масените броеви 238 и 244 (K. Street, Jr., A. Ghiorso a. G. T. Seaborg, *Phys. Rev.* 79, 530, 1950). Изотопот Am²⁴¹ што беше употребен овде за произведување на елементот 97, се добива сравнително лесно во количини од редот на величината милиграм, при бомбардирањето на плутониј со неутрони. Количините на кириј (изотоп Cm²⁴²), од кои што беше, при бомбардирање со алфа честиси, произведен елементот 98, се движеа околу 1 микрограм (0,000001 грам) кириј во облик на нитрат. Авторите

Строгата правилност што ја покажуваат елементите 93 до 98, кога во тровалентна состојба ги подложиме на фракционирана адсорпција и елуција, дава експериментална пот-

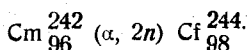
проценуваат дека при секое бомбардирање на кириот (траење на бомбардирањето 2 до 3 саати со струја на алфа честици од 3 микроампери) не беше изолирано повеќе од неколку илјади атоми калифорниј; тоа значи само околу 2 трилионтинки од грам. — Оваа поединост истовремено покажува до каков висок степен се усовершени новите хемиски микроаналитички методи. Ги викаат уште ултрамикроаналитички методи.

При добивањето на беркелиј ја имаме нуклеарната реакција:



т. ј.: атомското јадро на америциот прима една алфа честица, а привремено сложеното јадро се распаѓа со исфрлување на 2 неутрони и се претвора во јадро на беркелиевият изотоп Bk^{243} со реден број 97.

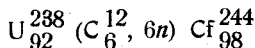
И при произведувањето на калифорниј од кириј се има работа со истовидна нуклеарна реакција:



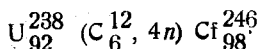
При *K*-распаѓањето на беркелиот настанува кириевият изотоп Cm_{96}^{243} ; овој, со емисија на алфа честици, понатаму се распаѓа со полувреме околу 100 години. Резултатот од беркелиевото алфа распаѓање во гранката 0,1% би требало да биде изотопот на америциј Am_{95}^{239} , а полувремето на ова алфа распаѓање изнесува околу 1 година.

Резултатот од распаѓањето на калифорниот би требало да биде кириевият изотоп Cm_{96}^{240} .

⁸⁾ Во последните две години почна да се развива техниката при која се употребуваат наполно јонизирани, нешто потешки атоми како проектили во циклотронот, на пр. јадрата на јаглеродот C_{6}^{12} и C_{6}^{13} . Истите автори го употребија оваа година (*Phys. Rev.* 81, 154, 1951) тој начин за да ги добијат највишите трансурани директно од уранот, т. ј. бомбардирајќи го уранот со овие јаглеродни јадра. Според радиоактивните својства на новите атоми вака што ги добија, тие заклучуваат дека настанале 2 изотопи на калифорниот: Cf^{244} како горе, со полувреме од 45 минути, и нов изотоп Cf^{246} со полувреме од 35 саати. Сметаат дека ги има овие нуклеарни реакции:



(т. ј.: урановото јадро U^{238} го прима јадрото C^{12} , а привремено сложеното јадро се распаѓа исфрлувајќи 6 неутрони и со тоа преминува во изотоп Cf^{244}) и нуклеарната реакција:



Издашноста на овој нов начин е многу мала.

врда за Bohr-овото теориско пророчанство што го споменаваме горе, дека елементите зад уранот би требало да бидат многу слични меѓу себе. Поради тоа, кога ги прикажуваме во периодниот систем, мораме да избегаваме да им припишуваме, на овие елементи во тој систем, такви места, кои што би ја вклучувале претпоставката дека тие би можеле да бидат повисоки хомологи на рениот и на елементите од платинскиот скуп: Seaborg и неговите последователи го прекинуваат последниот хоризонтален ред на периодниот систем при актиниот и ги пишат елементите 89 до 96 (а сега до 98) како скуп актиниди под скупот „лантаниди“ (броеви 57 до 72)⁹⁾. Тие, во прилог на ваков распоред, можат да изјават дека по овој начин јасно идат до израз веројатните сличности во електронската структура на односните членови во двата скупа. Но овие сличности, дури и ако ги има, не се покажуваат во хемиското држање на првите членови и затоа, овие хемичари, што сакаат во периодниот систем пред сè да го покажат групирањето спрема хемиските сродности, сметаат дека откривањето на трансуранските елементи не го оправдува тоа да се пренебрегне одамна утврдената и очигледната сличност меѓу ториот и хафниот, меѓу протактиниот и танталот и меѓу уранот и волфрамот. Тие повеќе го оставаат периодниот систем непроменет сè до уранот, па на крајот на таблицата од периодниот систем го уфрлуваат скупот на трансуранските елементи или ураниди, како што ги викаат понекога.

Во приложениот приказ на периодниот систем, блиската сличност на овие елементи е означена со тоа што меѓу нив не се ставени вертикалните оградни линии како што не ги има истите ни во скупот лантаниди; овие, поради пестење на простор, се напишани надвор од рамките, а не внатре во VI-та периода, за да се избегне прекинувањето на другите периоди со премногу бел простор.

Во оваа таблица се дадени симболите на елементите технециј, прометиј, астатин, франциј, нептуниј, плутониј, аме-

⁹⁾ Тоа значи: според Seaborg и неговите соработници, елементите од актиниот (89) нагоре прават на сличен начин еден скуп елементи („актиниди“), како што прават таков скуп (скуп на ретките земји или лантаниди) елементите од лантанот (57) до лутецијот (71). Seaborg ги координира поедините членови од скупот актиниди со поедини членови од скупот на ретките земји. Затоа новите американски книги што ми дошле до рака, при претставувањето на периодниот систем скупот актиниди го даваат во 7. периода под скупот на ретките земји во 6. периода. Rapet h-овото гледиште што го изнесува тој во продолжение на текстот, има за себе недвојбени експериментални причини. Но исто така и Seaborg-овото гледиште има за себе доста силни физички и хемиски причини.

ТАБЛИЦА НА ПЕРИОДСКИОТ СИСТЕМ

Период	Група																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I																	1 H 1-0080	2 He 4-003
II	3 Li 6-940	4 Be 9-02											5 B 10-82	6 C 12-010	7 N 14-00816-0000	8 O 16-000	9 F 19-00	10 Ne 20-183
III	11 Na 22-997	12 Mg 24-32											13 Al 26-97	14 Si 28-06	15 P 30-98	16 S 32-066	17 Cl 35-457	18 A 39-944
IV	19 K 39-096	20 Ca 40-78	21 Sc 45-10	22 Ti 47-90	23 V 50-95	24 Cr 52-01	25 Mn 54-93	26 Fe 55-85	27 Co 58-94	28 Ni 58-69	29 Cu 63-54	30 Zn 65-38	31 Ga 69-72	32 Ge 72-60	33 As 74-91	34 Se 78-96	35 Br 79-916	36 Kr 83-7
V	37 Rb 85-48	38 Sr 87-63	39 Y 88-92	40 Zr 91-22	41 Nb 92-91	42 Mo 95-95	43 Tc 99	44 Ru 101-7	45 Rh 102-91	46 Pd 106-7	47 Ag 107-866	48 Cd 112-41	49 In 114-76	50 Sn 118-70	51 Sb 121-76	52 Te 126-92	53 I 126-92	54 Xe 131-3
VI	55 Cs 132-91	56 Ba 137-36	57-71 Ретки земји	72 Hf 178-6	73 Ta 180-88	74 W 183-92	75 Re 186-31	76 Os 190-2	77 Ir 193-1	78 Pt 195-23	79 Au 197-2	80 Hg 200-61	81 Tl 204-39	82 Pb 207-21	83 Bi 209-00	84 Po 210	85 At 211	86 Rn 222
VII	87 Fr 223	88 Ra 226-05	89 Ac 227	90 Th 232-12	91 Pa 231	92 U 238-07	93 Np 237	94 Pu 239	95 Am 241	96 Cm 242	97 Bk 243	98 Cf 244						

Ретки земји

VI	57 La 138-92	58 Ce 140-13	59 Pr 140-92	60 Nd 144-27	61 Pm 147	62 Sm 150-43	63 Eu 152-0	64 Gd 156-9	65 Tb 160-2	66 Dy 162-46	67 Ho 164-90	68 Er 167-2	69 Tm 169-4	70 Yb 173-04	71 Lu 174-99
----	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	--------------	-----------------	----------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------

рициј и кириј¹⁰⁾, кои што се службено примени од Меѓународната Унија за хемија. Вклучени се и симболите Bk и Cf за елементите 97 и 98, затоа што малку има сомнение дека не ќе беа примени предлозите на нивните откривачи да бидат именувани беркелиј и калифорниј спрема *Berkeley* и Калифорнискиот унуверзитет, каде што беше изведена оваа одлична работа¹¹⁾.

*) Види го приказот во *Nature* 159, 8, 1947.

**) Thompson, S. G., Ghiorso, A. and Seaborg, G. T., *Phys. Rev.* 77, 838, 1950.

***) *Office of Public Information, University of California*, број од 17-III-1950.

Превод и забелешки 1 до 11:

М. Каџалиниќ

Превод на македонски:

Н. Сџасева

¹⁰⁾ По ред: *technetium* (Tc, 43), *promethium* (Pm, 61), *astatine* (At, 85), *francium* (Fr, 87), *neptunium* (Np, 93), *plutonium* (Pu, 94), *americium* (Am, 95), *curium* (Cm, 96). — Овие нови елементи пред ураќот (Tc, Pm, At, Fr) се откриени во времето меѓу 1937 и 1942 г. Сите се добиени на вештачки начин и се радиоактивни. Само првиот познат изотоп на франциј е најден во природата. Другите елементи досега не се докажани во природата, макар да при некои од нив, за поедини изотопи (кои што се досега само вештачки добиени), постои веројатност дека би можело да ги има и во природата.

¹¹⁾ Самите откривачи го образложуваат (*Phys. Rev.* 80, 781, 1950, стр. 789) своето именување беркелиј за елементот 97 со тоа што е тој хомолог со елементот тербиј (Tb, 65), а името на овој е изведено од името на градот *Ytterby* во Шведска. — Во сушност, меѓу ретките земји (види ја и Рапелт-овата таблица) освен елементот тербиј го најдуваме уште и елементот итербиј (Yb, 70), чие што име уште поне-посредно излегува од *Ytterby*; а елементот 97 не е со него хомолог.