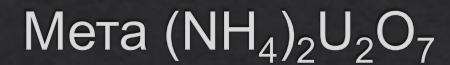
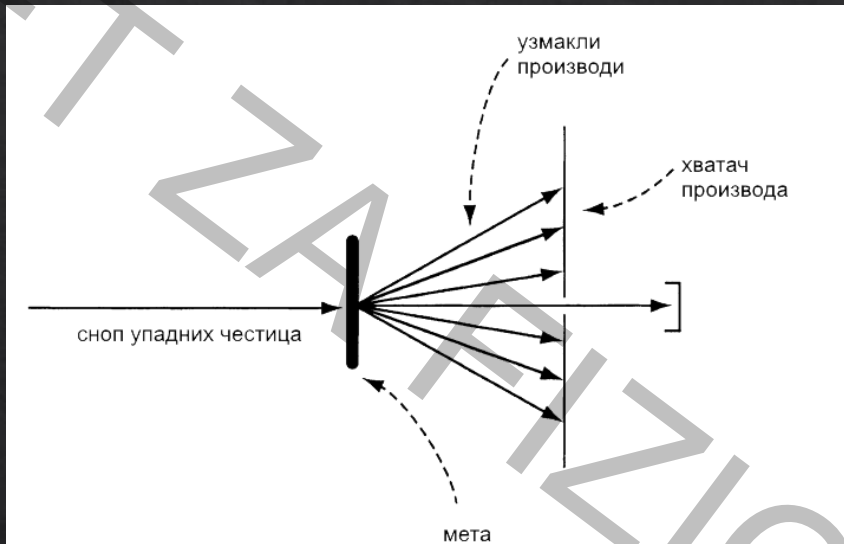


Трансуранијумски елементи



Откриће нептунијума

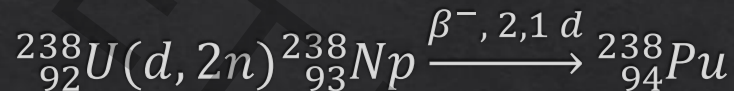
- ◆ Edwin McMillan 1939. Техника узмака фисионих фрагмената



- ◆ Фисиони фрагменти су напуштали мету и бивали заустављени у материјалу хватача
- ◆ У мети је заостала активност са $t_{1/2} = 2,3 \text{ d}$. Добијена врста је редукована уз помоћ SO_2 (до 4+) и исталожена помоћу флуорида (LaF_3)
- ◆ Хемијско понашање у оксидованом стању слично уранијуму

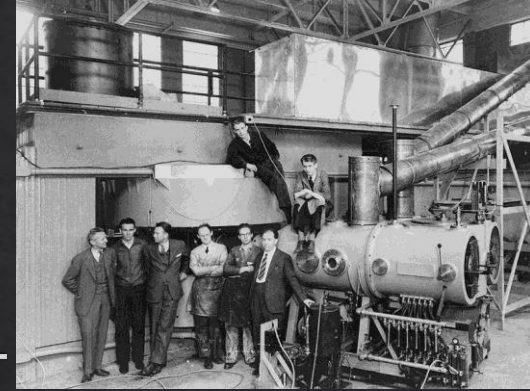
Плутонијум

- ◆ Seaborg, McMillan, Kennedy & Wahl 1940.



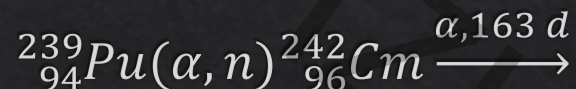
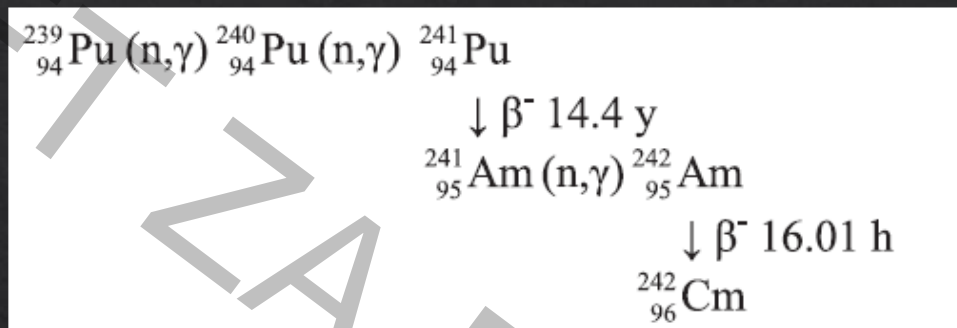
- ◆ За разлику од уранијума и нептунијума најстабилнији је у оксидационим стањима +3 и +4

- ◆ Најзначајнији изотопи: ${}^{238}\text{Pu}$ ($t_{1/2} = 87,74 \text{ y}$), ${}^{239}\text{Pu}$ ($t_{1/2} = 24100 \text{ y}$), ${}^{240}\text{Pu}$ ($t_{1/2} = 6500 \text{ y}$), ${}^{241}\text{Pu}$ ($t_{1/2} = 14 \text{ y}$), ${}^{242}\text{Pu}$ ($t_{1/2} = 3,73 \cdot 10^5 \text{ y}$).
- ◆ Годишња светска производња у реакторима је око 1000 тона
- ◆ Примена: “breeder” реактори, Мох реактори, нуклеарно оружје



Америцијум и киријум

- ◆ Seaborg, James, Morgan & Ghiorso 1944-1945.



- ◆ Најважнији изотопи америцијума ${}^{241}\text{Am}$ (432,2 y), ${}^{242\text{m}}\text{Am}$ (141 y), ${}^{243}\text{Am}$ (7370 y)
- ◆ Најважнији изотопи киријума ${}^{242}\text{Cm}$ (162,8 d), ${}^{243}\text{Cm}$ (29,1 y), ${}^{244}\text{Cm}$ (18,1 y), ${}^{245}\text{Cm}$ (8500 y), ${}^{246}\text{Cm}$ (4760 y), ${}^{247}\text{Cm}$ ($1,56 \cdot 10^7$ y), ${}^{248}\text{Cm}$ ($3,49 \cdot 10^5$ y)

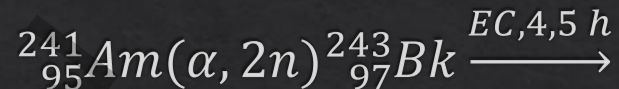
- ◆ Најстабилнија оксидациона стања су им $3+$ и $4+$
- ◆ Годишња производња у свету (реактори) је неколико стотина килограма
- ◆ У процесингу испушеног нуклеарног горива заостају у отпаду високе активности
- ◆ ^{241}Am се користи у противпожарним алармима ($A \approx 30 \text{ kBq}$), у комбинацији са берилијумом у неутронским изворима и у XRF ($60 \text{ keV } \gamma$)

◆

Grupa →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
↓ Perioda																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	**															
		*		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
		**		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm							

Берклијум (Bk) и калифорнијум (Cf)

- ◆ Seaborg 1949-1950. бомбардовање милиграмских количина ^{241}Am α -честицама



- ◆ Производи су раздвојени помоћу јоноизмењивачке колоне и елуирани помоћу амонијум цитрата

- ◆ Калифорнијум је добијен у процесу $^{242}_{96}\text{Cm}(\alpha, n)^{245}_{98}\text{Cf} \xrightarrow{\alpha, 44 \text{ min}}$

из микрограмских количина киријума.

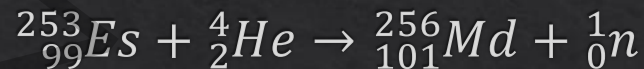
- ◆ Најдуже живући изотопи берклијума и калифорнијума су ^{247}Bk (1380 y) ^{251}Cf (898 y)
- ◆ ^{252}Cf се распада и спонтаном фисијом (3,1%) и служи као неутронски извор

Ајнштајнијум (Es) и фермијум (Fm)

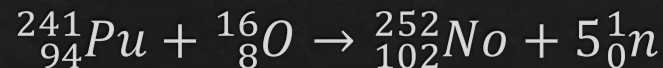
- ◆ Први пут детектовани 1952. у остацима после експлозије прве термонуклеарне бомбе („Mike”).
- ◆ Због краткотрајне емисије огромног флукса неутрона језгра уранијума су захватила и до 17 неутрона (процес аналоган r процесу у космогенези елемената) након чега је следила каскада β^- емисија.
- ◆ 1953. ајнштајнијум је добијен у процесу бомбардовања уранијумске мете јонима азота
$$^{238}\text{U} + ^{14}\text{N}^{6+} \rightarrow {}_{99}\text{Es}$$
- ◆ Исте године фермијум је изолован као производ озрачивања у реактору.

Менделјевијум (Md), нобелијум (No) и лоренцијум (Lr)

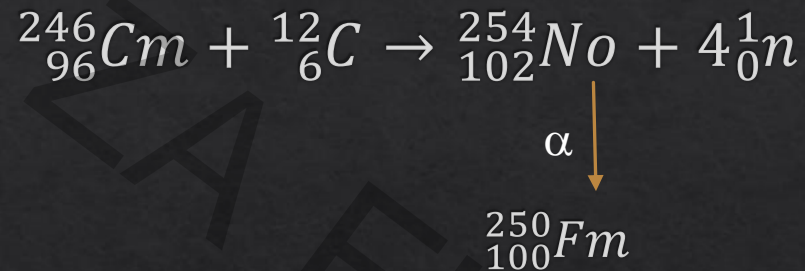
- ◆ 1955. (Seaborg) 10^9 атома ^{253}Es депоновано је на златну фолију и бомбардовано алфа честицама



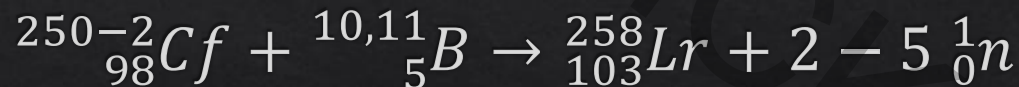
- ◆ Свега 13 атома ^{256}Md (1,3 h) је “ухваћено“ техником узмака производа из танке мете и издвојено техником јонске измене.
- ◆ Потврда да се ради о том изотопу дошла је преко спонтане фисије његовог потомка ^{256}Fm
- ◆ 1957. у Дубни је синтетисан елемент са $Z=102$ бомбардовањем ^{241}Pu кисеоничним јонима



- ♦ Измерено време полураспада (α -емитер) нобелијума је 2-40 секунди.
- ♦ Ривалска лабораторија у Берклију је 1958. године произвела нобелијум техником двоструког узмака



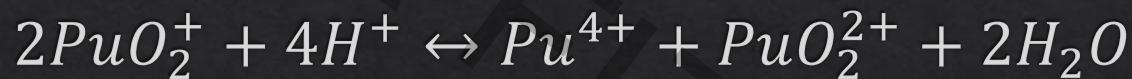
- ♦ Лоренцијум (4 s) је синтетисан 1961. у Берклију



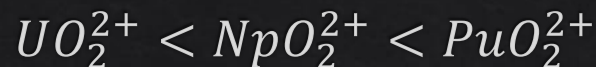
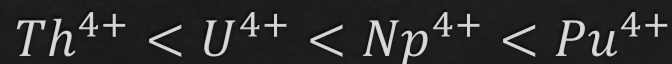
Хемија и понашање актиноида

Atomic number	Element	Metallic radius (pm)	Atomic (g) [†] config.	Effective ionic radius [†]		Oxidation* states
				M ³⁺	M ⁴⁺	
89	Ac	188	5f ⁰ 6d7s ²	111.9		3
90	Th	180	5f ⁰ 6d ² 7s ²	(108)	97.2	(3) 4
91	Pa	163	5f ² 6d7s ²	(105)	93.	(3) 4 5
92	U	156	5f ³ 6d7s ²	104.1	91.8	3 4 5 6
93	Np	155	5f ⁴ 6d7s ²	101.7	90.3	3 4 5 6 (7)
94	Pu	160	5f ⁶ 7s ²	99.7	88.7	3 4 5 6 (7)
95	Am	174	5f ⁷ 7s ²	98.2	87.8	3 4 5 6
96	Cm	175	5f ⁷ 6d7s ²	97.0	87.1	3 4
97	Bk		5f ⁹ 7s ²	94.9	86.0	3 4
98	Cf		5f ¹⁰ 7s ²	93.4	85.1	(2) 3
99	Es		5f ¹¹ 7s ²	92.5		(2) 3
100	Fm		5f ¹² 7s ²			(2) 3
101	Md		(5f ¹³ 7s ²)	89.6		2 3
102	No		(5f ¹⁴ 7s ²)			2 3
103	Lr		(5f ¹⁴ 6d7s ²)	88.2		3

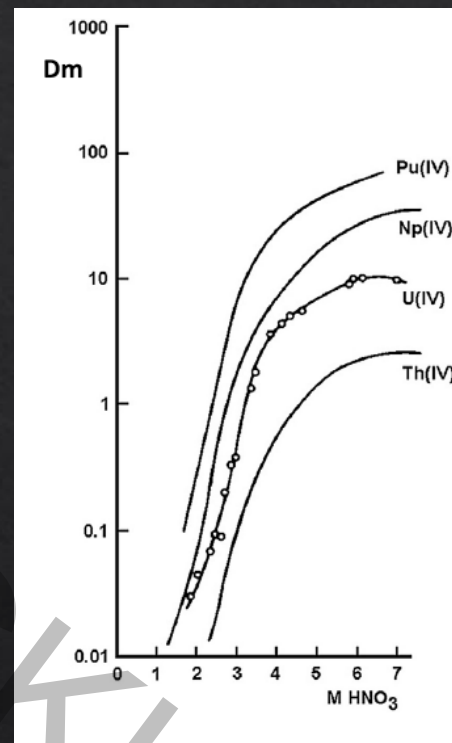
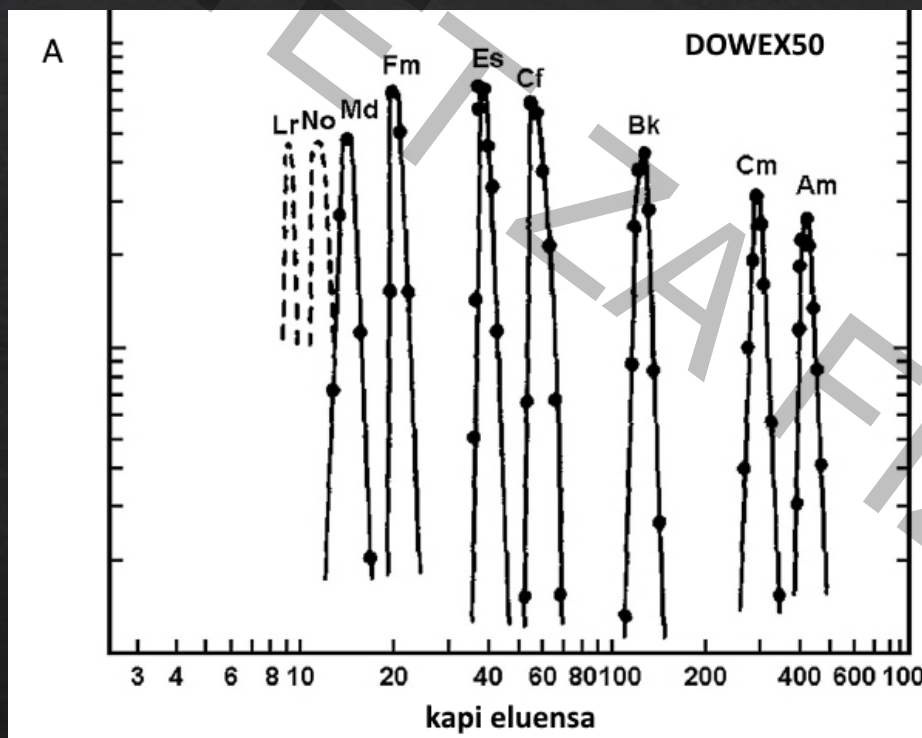
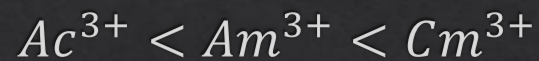
- ◊ Због енергетске блискости 5f, 6d и 7s орбитала актиноиди са редним бројевима 91-96 у једињењима имају различита оксидациона стања.
- ◊ Посебно интересантно је оксидационо стање 5+ код нептунијума и плутонијума које подлеже диспропорционирању у киселим растворима.
- ◊ Нпр. инцијални раствор плутонијума који садржи 50% Pu(IV) и 50% Pu(VI) после неколико дана садржаће 75% Pu(VI), 20% Pu(IV) и 5% Pu(V) и Pu(III)



- ◊ Актиноиди лако граде комплексна једињења, при чему константа стабилности комплекса расте са редним бројем елемента



◇ За тровалентне актиноиде



Елуенс: амонијум α -хидрокси изобутират

Орг. фаза: дибутил карбитол

Иза $Z=104$

- ◆ *Flashback: Bohr-ов модел фисије. Граница спонтане фисибилности*
- ◆ Стабилност елемената иза ове границе је одређена ефектима спаривања односно ефектима љуске.
- ◆ Nilsson, Scharff-Goldhaber, Strutinsky & Swiatecki (касне 60-те): острва стабилности у мору нестабилности где се могу наћи елементи чије нуклеонске конфигурације одговарају магичним бројевима.
- ◆ Посебно стабилне конфигурације на $Z=114$ и $N=184$ (експериментално нађено 162)

Добијање елемената $Z > 104$

- ◇ Једини познати начин су реакције са тешким јонима
- ◇ Новонастало комплексно језгро се деекситује евапорацијом неутрона
- ◇ Добија се мали број атома (обично 1-5)
- ◇ Две технике добијања:
 - ◇ „хладна“ фузија код које се Bi или Pb бомбардују одговарајућим пројектилама при чему из комплексног језгра испарава 1-2 неутрона. Производи његовог распада се деекситују у низу алфа распада. Ланац се на крају завршава спонтаном фисијом. На овај начин су у Darmstadt-у добијени елементи 107-112. Експерименти показују да се елементи $Z > 113$ не могу добити на овај начин.
 - ◇ „врӯћа“ фузија код које се актиноидна мета бомбардује лакшим пројектилама, при чему из комплексног језгра испарава 3-5 неутрона. У Дубни (РФ) су на овај начин (уз коришћење „double magic“ пројектила ^{48}Ca) синтетисани елементи $Z = 113-118$.

- ◇ Мали број синтетисаних језгара не омогућава одређивање хемијских својстава
- ◇ Идентификација на основу времена полураспада или енергије емитованих честица често непоуздана.

104	Ратерфордијум
105	Дубнијум
106	Сиборгијум
107	Боријум
108	Хасијум
109	Мајтнеријум
110	Дармштатијум
111	Ретгенијум
112	Коперницијум
113	Нихонијум
114	Флеровијум
115	Московијум
116	Ливерморијум
117	Тенесин
118	Оганесон

Периодни систем данас

Група →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
↓ Периода																			
1	1 H																		2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
6	55 Cs	56 Ba	57 La *	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac *	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og	
				* 58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu		
				* 90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr		

Хемија трансактиноида

- ◇ Мало података
- ◇ Ратерфордијум је проучаван и у гасној и у течној фази. Експерименти ду потврдили да му је 4+ стање најстабилније. Најсличнији је Zr(IV) и Hf(IV)
- ◇ Хемијска својства дубнијума су испитивана у течној фази. Најстабилније стање му је 5+. По хемијском понашању сличан је Nb(V).
- ◇ Сиборгијум је најстабилнији у 6+ оксидационом стању по чему је сличан Mo(VI) и W(VI) (потврдили експерименти у гасној фази)
- ◇ Боријум је у облику BhO_3Cl синтетисан у гасној фази и најсличнији је ренијуму.
- ◇ Хасијум је синтетисан у гасној фази у облику HsO_4 што га по понашању чини сличним Ru и Os

- ◆ Нема података за хемијске особине мајтнеријума, дармштатијума и рентгенијума.
- ◆ Коперницијум је проучаван у гасној фази где је апсорбован на површини алфа детектора. Веома је испарљив
- ◆ UUT – нема података
- ◆ Фљоровијум се слично понаша као коперницијум. Заједно се називају гасни метали
- ◆ За елементе 115-118 нема података.