

Nové prvky

Paní Marii Sklodowské-Curie bylo při zkoumání radioaktivity uranových nerostů nápadné, že zatímco u uměle připravených sloučenin uranu změřená radioaktivita vesměs odpovídala jejich obsahu uranu, vykazovaly přírodní uranové nerosty radioaktivitu většinou značně vyšší, než by se dalo vzhledem k jejich obsahu uranu očekávat. Jáchymovský smolinec měl dokonce téměř třikrát vyšší radioaktivitu než samotný kovový uran.

Ze skutečnosti, že radioaktivita čistých uranových preparátů je vesměs úměrná jejich obsahu uranu nezávisle na druhu sloučeniny, usoudila paní Curie, že radioaktivita je vlastností atomů. Za tohoto předpokladu mohla být vyšší měrná radioaktivita přírodních uranových sloučenin vysvětlena pouze tím, že tyto nerosty obsahují ještě další prvek, který svou radioaktivitou předčí uran. Který je to prvek, chtěla paní Marie se svým manželem Pierrem Curie a ve spolupráci s G. Bémontem zjistit chemickou analýzou smolince, při níž sledovala postupně vylučované sraženiny měřením jejich ionizačních schopností.

Ve sraženině vzniklé po zavedení sirovođíku (H_2S), kdy se uran nesráží, se projevila přítomnost silně radioaktivní látky, která v dalším analytickém postupu provázela vizmut. Protože vizmut sám nevysílá tak intenzivní radioaktivní záření (radioaktivita vizmutu je tak slabá, že ji nebylo možné tehdejšími přístroji vůbec zjistit), muselo jít o nový prvek, vlastnostmi velmi podobný vizmutu. Paní Curie mu dala název polonium, podle své rodné země – Polska. Při dalším analytickém dělení byl nalezen další radioaktivní prvek, provázející baryum. Pro své neobyčejně silné radioaktivní záření byl pojmenován radium (tj. zářící). Kvůli názornosti je vhodné uvést, že v temné místnosti světélkuje radiová sůl, byť je uzavřená v olovené schránce, modravým světlem, které uvidíme, i když máme zavřené oči. Příprava čistého radia byla velmi obtížná, protože tento prvek je v uranových rudách přítomen pouze v nepatrném množství. Ze zbytků po zpracování uranové rudy na barvy, které získala od rakouské vlády, připravila po zdoluhavé práci 0,1 g čisté soli radia – chloridu radnatého.

Rok po objevu polonia a radia nalezl A. Debierne (1899) ve zbytcích po zpracování smolince další radioaktivní prvek – aktinium. Protože obsah aktinia ve smolinci je ještě nepatrnější než obsah radia ($1/300$ obsahu radia), je příprava čistého přírodního aktinia ve vážitelném množství mimořádně obtížná.

Rostoucí badatelská aktivita byla pochopitelně provázená také řadou omylů. Ještě dlouho po ohlášených objevech nových radioaktivních prvků byla bezpečně prokázána pouze existence radia. I od prvního zjištění radioaktivity baryové frakce, která byla přisouzena existenci nového prvku radia, bylo třeba několika let usilovné práce na přípravu desetin gramu dostatečně čistého preparátu chloridu radnatého, nezbytného ke zjištění základních vlastností určujících postavení tohoto nového prvku v periodickém systému. Vývoj poznatků o poloniu a aktiniu byl mnohem složitější a k získání chemických individuů těchto prvků došlo daleko později. Radioaktivní látku separovanou s vizmutovou frakcí označili Curieovi jako radioaktivní prvek polonium. Tuto aktivitu nazval v roce 1902 Marckwald radiotellurem pro její chemické vlastnosti podobné telluru. Další radioaktivní látku, kterou Debierne separoval s titanem a označil jako nový radioaktivní prvek aktinium, nejprve prohlásil za chemicky příbuzný s titanem, zanedlouho tuto podle něho krátkodobou aktivitu naopak za chemicky podobnou

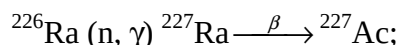


Maria Skłodowska-Curie

thoriu. Naproti tomu v roce 1902 Giesel popsal emanující látku chemicky podobnou prvkům ceritové skupiny. Zakrátko získal preparát, jehož podstatnou součástí byl lanthan, dle spektrální analýzy ale prostý thoria. Ze schématu počáteční části rozpadové řady aktiniové lze soudit, že Debierné získal preparát, který sice emanoval, neobsahoval však aktinium ^{227}Ac , ale pouze krátkodobější radionuklidy ^{227}Th a ^{223}Ra , jejichž radioaktivní rozpad vede k emisi radonu ^{219}Rn . Přesto však je v literatuře objev aktinia připisován Debiernému.

Úspěch řešení problému izolace stopových množství polonia, radia a aktinia na samém počátku 20. století závisel jak na chemických vlastnostech izolovaných prvků a s tím souvisejícími možnostmi separačních metod (srážení, krystalizace), tak v neposlední řadě na výskytu těchto prvků ve výchozím materiálu, jímž byly nerozpustné zbytky po chemickém zpracování jáchymovského smolince. V uranových minerálech, kde mateřské nuklidy uranu jsou v radioaktivní rovnováze se svými dceřinými (rozpadovými) produkty, obsahuje jedna tuna přírodního uranu 0,332 g radia Ra, 0,000075 g polonia ^{210}Po a 0,00068 g aktinia ^{227}Ac . Pro vysokou obtížnost jejich izolace ve srovnání s radiem hovoří i jejich chemické vlastnosti, neboť separace stopových množství aktinia od lanthanu tehdy nebyla reálná. V makroskopických množstvích a v dostatečně čistém stavu byly tyto dva prvky získány teprve v padesátých letech 20. století syntetickou cestou.

(Ve vážitelném množství bylo v čistém stavu připraveno až umělé aktinium na základě jaderné reakce



tímto způsobem připravil F. Hagemann r. 1950 1,3 mg čistého aktinia z 1 g radia v podobě RaBr_2 . Protože se aktinium drží ke vzácným zeminám, zejména k lanthanu, podařilo se je oddělit až pomocí měničů iontů, neboť předtím i nejvíce nabohacené aktiniové preparáty obsahovaly pouze 1-2 % Ac_2O_3 , zbytek tvořil La_2O_3 .)

Uplynulo několik dalších let a v odpadech po zpracování jáchymovského smolince objevili Otto Hahn s Lise Meitner z berlínského Ústavu císaře Viléma další nový prvek (1918), který nazvali protaktinium ^{231}Pa . Celkem zpracovali 5 000 kg radioaktivních zbytků, které postačily pro izolování 0,5 g protaktinia. Nezávisle na nich objevili protaktinium ve stejném roce i F. Soddy a J. A. Cranston. Název protaktinium má vyjadřovat jeho vztah k aktiniu, jako jeho přímému předchůdci.



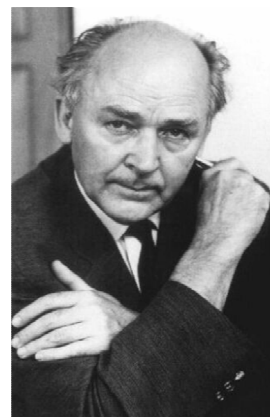
Otto Hahn a Lise Meitner

(Rádio jako rozhlas, radioaktivitu jako schopnost materiálu vysílat záření, či prvky radium a radon, resp. aktinium a protaktinium, spojuje stejný slovní základ. Latinské sloveso radiare, zářit či třpytit se, které vzniklo z podstatného jména radius, paprsek. Řecky se paprsek řekne aktis.)

Z radioaktivních prvků, které zaujímají vlastní místo v periodické tabulce, se protaktinium vyskytuje v přírodě v největším množství hned po radiu (1 tuna uranu z jakéhokoli jeho minerálu obsahuje 314 mg Pa a 332 mg Ra). A. V. Grosse izoloval v nepatrném množství protaktinium v kovovém stavu v roce 1934.

Roku 1903 obdržela Marie Skłodowská-Curie se svým manželem Pierrem a francouzským profesorem A. H. Becquerelem (1852-1908) Nobelovu cenu za fyziku – za objev radioaktivity. Roku 1910 získala společně se svým kolegou Debiernem ještě jednu Nobelovu cenu, tentokrát za chemii, a to za objev polonia a radia.

V prosinci roku 1938, brzy po obsazení Jáchymova, profesor Otto Hahn (1879-1968) společně s Fritzem Strassmannem objevili princip



Fritz Strassmann

štěpení jader atomu uranu (řetězovou reakci). Za to mu byla udělena r. 1946 ve Stockholmu Nobelova cena za chemii.



M. Curie a A. Debierne

Periodická soustava prvků

prvek - látka tvořená atomy pouze jednoho druhu (různé atomy tvoří různé druhy látek)
izotop - atomy stejného prvku mají v jádře rozdílný počet neutronů

1 H vodík Hydrogenium	2 He Helium
3 Li litium	4 Be beryllium Beryllium
5 B bor	6 C uhlík Carbonium
7 N dusík Nitrogenium	8 O kyslík Oxygenium
9 F fluor	10 Ne neon
11 Na natrium	12 Mg magnesium
13 Al hliník Aluminium	14 Si křemík Silicium
15 P fosfor	16 S síra Sulphur
17 Cl chlor	18 Ar argon
19 K kalium	20 Ca vápník Calcium
21 Sc skandium	22 Ti titan
23 V vanad	24 Cr chrom
25 Mn mangan	26 Fe železo Ferrum
27 Co kobalt	28 Ni nikl
29 Cu měď	30 Zn zinek
31 Ga galium	32 Ge germanium
33 As arzen	34 Se selen
35 Br brom	36 Kr krypton
37 Rb rubidium	38 Sr strontium
39 Y yttrium	40 Zr zirkon
41 Nb niob	42 Mo molybden
43 Tc technetium	44 Ru ruthenium
45 Rh rhodium	46 Pd paládium
47 Ag stříbro	48 Cd kadmium
49 In indium	50 Sn olovo
51 Sb antimon	52 Te télur
53 I jód	54 Xe xenon
55 Cs cezius	56 Ba barium
57 La lanthan	58 Ce cer
59 Pr praseodym	60 Nd neodym
61 Pm prometium	62 Sm samarium
63 Eu europium	64 Gd gadolinium
65 Tb terbium	66 Dy dysprosium
67 Ho holmium	68 Er erbio
69 Tm thulium	70 Yb ytterbium
71 Lu lutecium	72 Hf hafnium
73 Ta tantal	74 W wolfram
75 Re rhenium	76 Os osmium
77 Ir iridium	78 Pt platina
79 Au zlato	80 Hg rtuť
81 Tl thallium	82 Pb olovo
83 Bi bismut	84 Po polonium
85 At astat	86 Rn radon
87 Fr francium	88 Ra radium
89 Ac aktinium	90 Th thorium
91 Pa protaktinium	92 U uran
93 Np neptunium	94 Pu plutonium
95 Am amerikium	96 Cm curium
97 Bk berkelium	98 Cf kalifornium
99 Es einsteinium	100 Fm fermium
101 Md mendelévium	102 No nobelium
103 Lr lawrencium	104 Rf rutherfordium
105 Db dubnium	106 Sg seaborgium
107 Bh bohrium	108 Hs hassium
109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium
111 Nh nihonium	112 Fl flerovium
113 Nh nihonium	114 Lv livermorium
115 Nh nihonium	116 Lv livermorium
117 Nh nihonium	118 Lv livermorium

nejběžnější izotop uranu - ^{238}U - má v jádru 92 protonů a 146 neutronů (= 238 nukleonů);
jiný izotop uranu - ^{235}U - má sice v jádru 92 protonů, ale zákonitě musí mít méně neutronů, a to 143 (= 235 nukleonů)

protonové (atomové) číslo prvku
(odpovídá počtu protonů v jádru, resp. počtu elektronů v obalu)

relativní atomová hmotnost
(odpovídá počtu nukleonů v jádru, tj. součtu protonů a neutronů; nukleony udávají hmotnost atomu, neboť hmotnost elektronů je zanedbatelná)

