

Gamma spektrometrie, určení rozpadových prvků pomocí epitermálních a termálních neutronů na kanálu HK1

Supervisor:

Vojtěch Motyčka, vojtamotycka@gmail.com

Účastníci miniprojektů:

V. Fišer, Gymnázium Elišky Krásnohorské Praha, tydlitele@gmail.com
J. Krejčí, Gymnázium Mikuláše Koperníka Bílovec, honz.krejci@seznam.cz
A. Ryška, Střední průmyslová škola Zlín, alesh.ryska@gmail.com
O. Vrba, SPŠE Ječná 30 Praha 2, vrba.ondrej@gmail.com

1 Abstrakt

Cílem našeho miniprojektu bylo seznámit se s principy neutronové aktivační analýzy za pomoci termálních a epitermálních neutronů na experimentálním kanálu HK1 z reaktoru LVR-15 v Centru výzkumu Řež s.r.o. Tuto metodu jsme využili k určení atomárního složení zkoumaných vzorků a k různých výrobě radionuklidů.

2 Úvod

Neutronová aktivační analýza je invazivní metoda, která kombinuje metodu neutronové aktivační se spektrometrií záření gamma. Pracovali jsme se třemi vzorky: vzorek etalonu¹, váleček a neznámá hornina. Experiment sestával ze 2 částí: 1. ozáření zkoumaného materiálu termálními² a epitermálními neutrony³, 2. analýza materiálu gamma spektroskopii a stanovení atomárního složení vzorku.

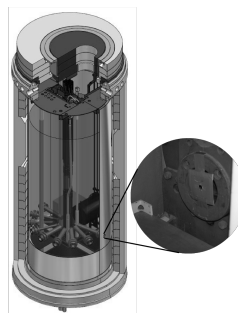
Neutronová aktivace je založena na zachytu moderovaného neutronu v jádře atomu a následného vzniku radioizotopu s nukleonovým číslem o 1 větší, který se samovolně rozpadá za uvolnění ionizujícího záření.

Gamma spektrometrie je analytická metoda zabývající se měřením energie emitovaného gamma záření z aktivovaného vzorku a zanesení naměřených dat do histogramu - gamma spektra. Toto spektrum je využito ke stanovení atomárního složení aktivovaného vzorku.

3 Postup práce

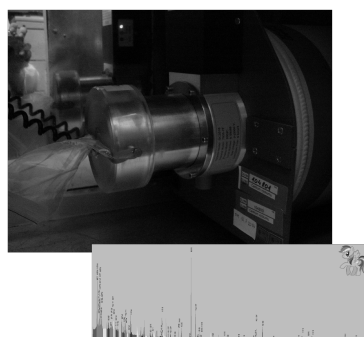
Zkoumané vzorky jsme upevnili na podložku a vložili do ozařovacího kanálu HK1. Následně byly po předem určenou dobu ozářovány kolimovaným svazkem neutronů, které vznikly moderací⁴ rychlých neutronů z aktivní zóny. Dále byly vzorky analyzovány pomocí gamma spektrometru (nejdříve byl analyzován kalibrační vzorek, kterým byl přístroj zkalibrován) a výstupem jsou přiložená gamma spektra, ze kterých jsme pomocí nuklidové karty a databáze radionuklidů určili atomární složení vzorku.

Neutronová aktivace vzorku



Reaktor LVR-15
Ozařovací komora HK-1

Gamma spektrometrie



Polovodičový spektrometr chlazený kapalným dusíkem

¹Tento vzorek byl použit pro kalibraci spektrometru, protože jeho atomární složení je známo.

²Termální neutrony jsou neutrony o energii 0,002eV-0,5eV.

³Epitermální neutrony jsou neutrony o energii 0,5eV-10000eV.

⁴Jako moderátor byla použita demineralizovaná reaktorová voda.

3.1 Určení atomárního složení vzorku

V gamma spektru nalezneme peaky - hodnoty energií záření charakteristické pro rozpad radionuklidu (který má o 1 nuklid více než zkoumaný vzorek). Z těchto peaků lze z databáze (nebo nuklidové karty) určit vzniklý radionuklid a ze vzniklého radionuklidu původní materiál.

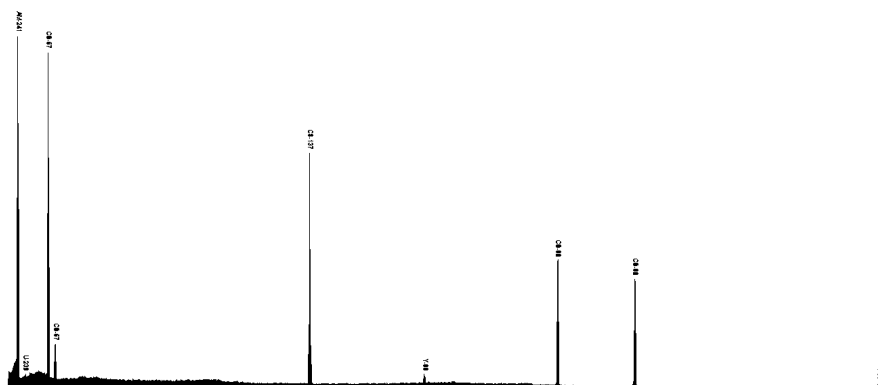
4 Výsledky

vzorek	doba ozáření	aktivita po ozáření	aktivita 15 min po ozáření	aktivita 3h po ozáření
váleček	15 min	20 μS	43 μS	neměřeno
ruda	34 min	1600 μS	neměřeno	256 μS

4.1 Složení etalonového zářiče

Hlavní peaky

Nuklid	aktivita (kBq)	poločas rozpadu(dny)
^{241}Am	56,9	157800
^{57}Co	50,1	271,26
^{60}Co	53,12	1925,4
^{137}Cs	51,19	11019



Gamma spektrum etalonu

4.2 Složení válečku

Hlavní peaky

Nuklid	aktivita (mBq)	poločas rozpadu(hod)
^{56}Mn	5464	2,5
^{116}In	52,8	0,905
^{69}Zn	15,83	56,4

nemožnost analyzovat vzorek smolince ihned po ozáření, což bylo způsobeno velkou aktivitou vzorku (1,2mS 32 vteřin po ozáření), která byla způsobena rychle se rozpadajícími izotopy.

6 Závěr

Všechny cíle našeho miniprojektu byly splněny - seznámili jsme se s metodou neutronové aktivační analýzy, provedli jsme kalibraci spektrometru a stanovili jsme atomární složení neznámého válečku na iridium a složení neznámé rudy na smolinec. Rovněž jsme předpověděli vznik plutonia po ozáření uranu 238 (${}_{92}^{238}\text{U} + {}_0^1 n \rightarrow {}_{93}^{239}\text{Np} + {}_{-1}^0 e \rightarrow {}_{93}^{239}\text{Pu} + {}_{-1}^0 e$). Rovněž jsme si ověřili zákony radioaktivních přeměn a rozpadové řady.

Na celém experimentu nás nejvíce překvapila ruda, kterou jsme ozařovali, protože její aktivita byla v porovnání s ostatními vzorky obrovská.

7 Poděkování

Rádi bychom poděkovali především našemu supervisorovi Vojtěchu Motyčkovi, který nám umožnil vypracovat tento miniprojekt a který svými cennými radami podporoval naši "badatelskou" činnost. Ing. M. Vinšovi a Ing. V. Klupákovi bychom chtěli poděkovat za to, že nás provedli po jejich pracovišti a poskytli nám veškerou možnou podporu při ozařování a analýze vzorků. Dále chceme poděkovat Ing. V. Svobodovi, CSc. a všem organizátorům Týdne vědy na Jaderce, bez kterých bychom neměli šanci se této výborné akce zúčastnit.