

Neutronová aktivační analýza

M. Tesař, Gymnázium Mariánské Lázně
V. Ovečka, Gymnázium Vrchlabí
O. Široký, Mendelovo gymnázium Opava
J. Bastl, Gymnázium Vídeňská, Brno
L. Kalik, Gymnázium Boskovice

Abstrakt

Práce spočívá v zjištění kvalitativního a kvantitativního zastoupení jednotlivých prvků v daném vzorku. Vzorek je ozářen neutrony a následně je zkoumána jeho emise gama záření. Podle energií a počtu kvant tohoto záření zjišťujeme přítomnost jednotlivých prvků a jejich množství.

1 Úvod

Nejprve vstřelíme zkumavku, v níž je uzavřen testovaný vzorek, do aktivní zóny jaderného reaktoru, kde je vystaven neutronovému záření. Zde jej ponecháme po přesně stanovenou dobu. Vlivem neutronového záření ze zkoumaný objekt aktivuje a stává se radioaktivním. Po transportu potrubní poštou do laboratoře, dozimetrem změříme aktivitu vzorku a pomocí polovodičového detekčního systému, který je spolu s testovaným vzorkem umístěn v olověném stínění pro snížení vlivu radioaktivního pozadí. Měření probíhá po přesně stanovený časový úsek. Detekční systém je napojen na počítač, který vyhodnotí energie gama fotonů emitovaných vzorkem a zpracuje je.

2 Aktivační analýza

Experiment

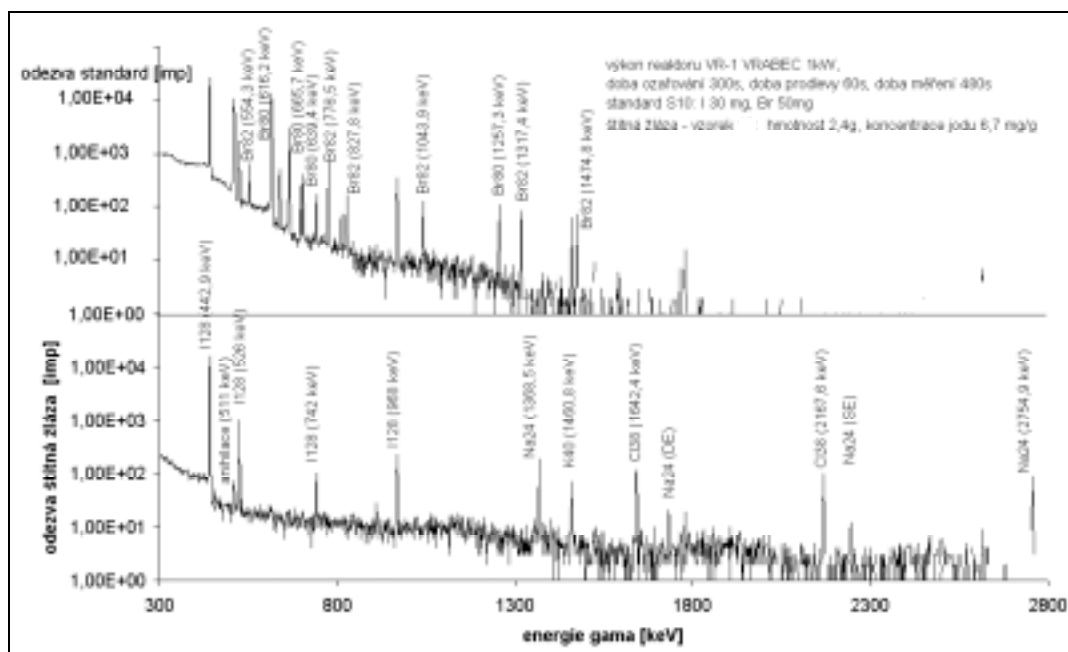
Neutronová aktivační analýza umožňuje stanovit obsah prvku v materiálu. Zařízením, které nám umožňuje měřit gama záření emitované zkoumaným materiálem je HPGe detektor. Ten je pro snížení vlivu pozadí umístěn v olověném stínícím boxu, který je kvůli potlačení vlivu záření olova z vnitřní strany vyložen měděným stíněním. HPGe detektor je připojen k mnohakanálovému amplitudovému analyzátoru ACCUSPEC B. Tuto měřicí soustavu musíme nejdříve zkalibrovat vložением zářiče o známé odezvě: ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{152}Eu . Kalibraci a měření provádíme pomocí programového vybavení ASAP.

Pro experiment máme připraveny standardy, jedná se o vzorky se známým složením blízkým ke složení zkoumaného biologického materiálu a minerálů, a vzorky určené k analýze. Vzorky jsou umístěny HPDE polyetylenových ampulích.

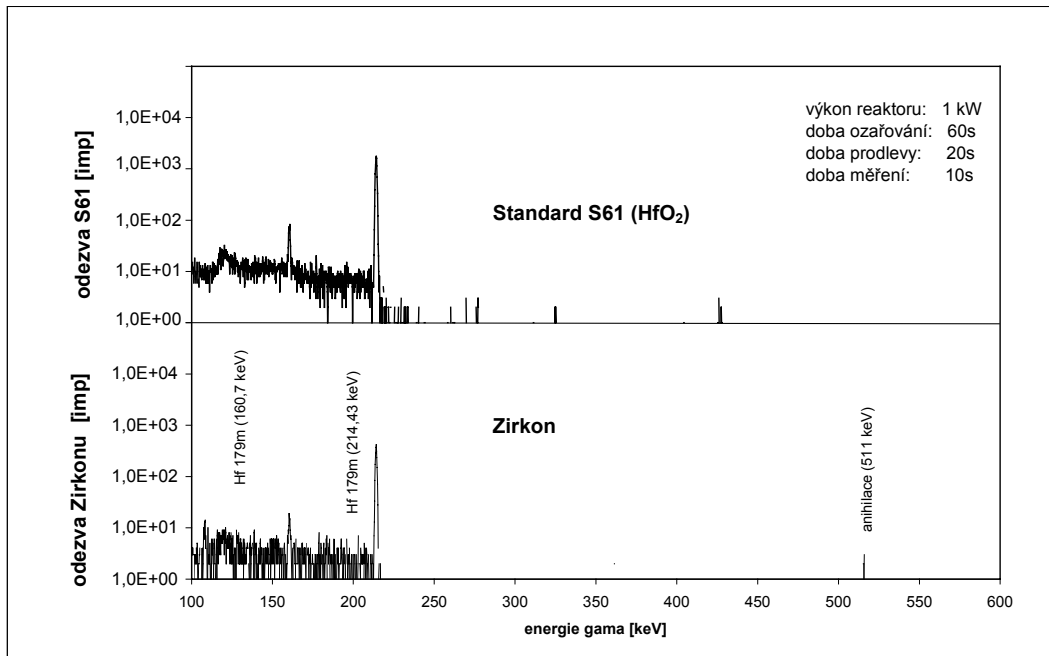
K získání vyhovujícího neutronového toku ($10^9 \text{ n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$) v aktivní zóně reaktoru VR-1 musí toto zařízení dosahovat výkonu 1kW. Do vertikálního suchého kanálu uvnitř aktivní zóny reaktoru dopravíme pomocí podtlakové potrubní pošty ampuli se vzorkem.

Protože k získání množství prvku obsaženém ve vzorku použijeme srovnávací metodu, musíme při všech experimentech se shodným typem zkoumané látky dodržet naprosto stejné podmínky. (výkon reaktoru, čas aktivace, prodlevy, dobu měření, atd.)

Do reaktoru přistřelíme chemicky vytvořený standard vykazující podobné složení jako zkoumaný objekt, který pro nás je vepřová štítná žláza a zirkon. Před zkoumáním vzorků dané skupiny musíme vždy jako první podrobit analýze odpovídající standard. Vzorky jsou neutronovému záření vystaveny po určitou dobu. Následně jsou dopraveny do laboratoře, během přesně stanovené doby je dozimetrem změřena jejich aktivita a jsou umístěny do stíněného boxu s detektorem gama záření. Aktivitu měříme proto, abychom učinili případná opatření a zamezili tak případnému nadměrnému ozáření laboranta v případě, že by vzorek po ozáření vykazoval příliš vysokou aktivitu (nad $100\mu\text{Sv/h}$). Měření probíhá po určitý časový úsek. Výsledky jsou zpracovány počítačem, který vytvoří graf rozložení energií záření gama, ty odpovídají různým prvkům. Lokální maxima (peaky) v grafu představují zastoupení prvku v látce. Zda-li zaznamenáme přítomnost určitého prvku závisí na době aktivace, manipulace a měření. Standard nám umožní rozpoznat peak hledaného prvku, což je klíčové pro další měření reálných vzorků. Po vyhodnocení standardu přistřelujeme a následně měříme reálné vzorky za dodržení stejných parametrů experimentu. Hodnoty získané z počítače použijeme pro další výpočty.



Obr. 1 Spektrum záření gama aktivovaného vzorku štítné žlázy a standardu KI/KBr (HPGe detektor účinnost 25%, rozlišení 1,8 keV)



Obr. 2 Spektrum standartu HfO_2 (S61) a zirkonu

Výpočty

Pro výpočet hmotnosti daného prvku ve vzorku používáme srovnávací metodu. Tuto hmotnost lze vyjádřit vztahem:

$$m_X = \frac{N_X}{N_{ST}} \cdot m_{X,ST}$$

- m_X - hmotnost sledovaného prvku v neznámém vzorku
- $m_{X,ST}$ - hmotnost sledovaného prvku ve standardu
- N_X - počet impulsů zaznamenaných z neznámého vzorku
- N_{ST} - počet impulsů zaznamenaných ze standardu

Pro výpočet koncentrace použijeme hmotnost m_X získanou z předchozího výpočtu. Koncentrace je dána vztahem:

$$c_X = \frac{m_X}{m_{VZ}}$$

- c_X - koncentrace sledovaného prvku v neznámém vzorku
- m_X - hmotnost sledovaného prvku v neznámém vzorku
- m_{VZ} - hmotnost neznámého vzorku

Výsledky

Měřený prvek	Štítná žláza			Zirkon	
	Jód			Hafnium	
Označení vzorku	S48 (standard)	45	46	S60 (standard)	R1
Doba ozařování [s]	300			100	
Doba manipulace [s]	60			60	
Doba měření [s]	300			60	
Celková hmotnost vzorku [g]	-	1,965	2,551	-	1,966
Aktivita po ozáření [$\mu\text{Sv/h}$]	10	2,5	3,5	5	63
Počet impulsů	13131	7437	9072	4152	6731
Hmotnost hledaného prvku [mg]	-	11,77	14,36	-	6,28
Koncentrace prvku ve vzorku [mg/g]	-	5,99	5,63	-	3,19

3 Shrnutí

Pomocí neutronové aktivační analýzy jsme zjistili výše uvedené zastoupení jódu ve štítné žláze. Taková měření nejsou samoúčelná, protože množství jódu ve štítné žláze má zásadní vliv na vývoj člověka, a to zejména v dětství. Jeho nedostatek může u dětí způsobit vážné poruchy v intelektuálním a fyzickém vývoji. Z těchto důvodů je důležité tyto parametry sledovat. Pro zjištění hodnot koncentrace v živé tkáni by bylo nutno výše uvedené koncentrace přepočítat na původní hmotnost štítné žlázy, protože námi zkoumaná štítná žláza byla lyofilizována (vysušena).

Zirkonium je jedním z materiálů nezbytných při stavbě jaderných zařízení, používá se např. jako obal palivových článků. K tomuto účelu musí být použito jedině ve zcela čisté podobě. V přírodě se však vyskytuje ve formě minerálu zirkonu, který obsahuje různé příměsi. Hafnium je z nich nejvíce nežádoucí, je totiž velmi afinní k pohlcení neutronů, čímž by zásadně ovlivnilo průběh štěpné reakce v reaktoru. Proto zkoumáme jeho koncentraci v zirkonu.

Náš experiment je zároveň důkazem, že i na reaktorech s malým výkonem a neutronovým tokem lze aktivovat vybrané prvky a na nich provádět neutronovou aktivační analýzu.

Poděkování

Poděkování ing. Kolrosovi za s námi strávený čas, ochotu a trpělivost, dále všem technikům od reaktoru a v neposlední řadě FJFI za zorganizování tohoto krásného FT.

Reference:

- [1] Matějka K., Kolros A., Kropík M., Sklenka L.: *Školní reaktor VR-1 Vrabec – Experimentální úkoly* (připravované skriptum 2004)
- [2] T.M.Ostrovnya: *Table for identification radionuclides formed in nuclear reactors*
- [3] G. Erdtmann: *Neutron activation tables*