

# Neutronová aktivační analýza

R. Řezníček\*

A. Wodecki\*\*

\*Gymnázium Český Brod

\*\*Gymnázium Písnická

\*Richardzbrodu@seznam.cz

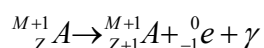
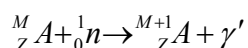
\*\*a.wodecki@seznam.cz

## Abstrakt:

Použitím neutronové aktivační analýzy (NAA) je možno stanovit kvantitativní i kvalitativní zastoupení vybraných prvků ve zkoumaném vzorku. Jde o principálně jednoduchou metodu, která spočívá ve vložení měřeného vzorku do pole neutronů. Samotné stanovení spočívá ve srovnání aktivity daného prvku v ozářeném vzorku a ozářeného standartu o známých parametrech.

## 1 Úvod

Při NAA můžeme za nejvýznačnější interakci považovat radiační záchyt, který vystihuje rovnice:



V průběhu našeho projektu jsme určili zastoupení hafnia ve vzorku oxidu hafničitého a zirkonu pomocí krátkodobé (probíhající několik minut) instrumentální neutronové aktivační analýzy (INAA). Instrumentální NAA narozdíl od tzv. radiochemické NAA (RNAA) nevyžaduje v průběhu analýzy vzorku chemickou separaci (oddělení) jednotlivých radionuklidů a jde tedy o nedestruktivní NAA. Při INAA není potřeba vzorek chemicky upravovat a je možno vzorek ozařovat ve kterémkoli skupenství. V našem případě jsme použili metodu srovnávací INAA, což znamená, že jsme určili obsah hafnia srovnáním aktivity hafnia ve vzorku s aktivitou téhož prvku ve standartu.

## 2 Vlastní měření

Nejprve jsme provedli kalibraci polovodičového HPGe detektoru pomocí kalibračního zářiče ( ${}^{60}\text{Co}$ ). Jako zdroj toku neutronů byl použit reaktor VR-1 VRABEC, jedná se o takzvaný „reaktor nulového výkonu“. Reaktor má tepelný výkon 1KW a má relativně nízký neutronový tok, tudíž můžeme ozařovat pouze vzorky s vysokým účinným průřezem pro interakci s neutrony. Ampule jsou vyrobeny z polyethylenu nebo z hliníku. Pro krátkodobé ozáření je

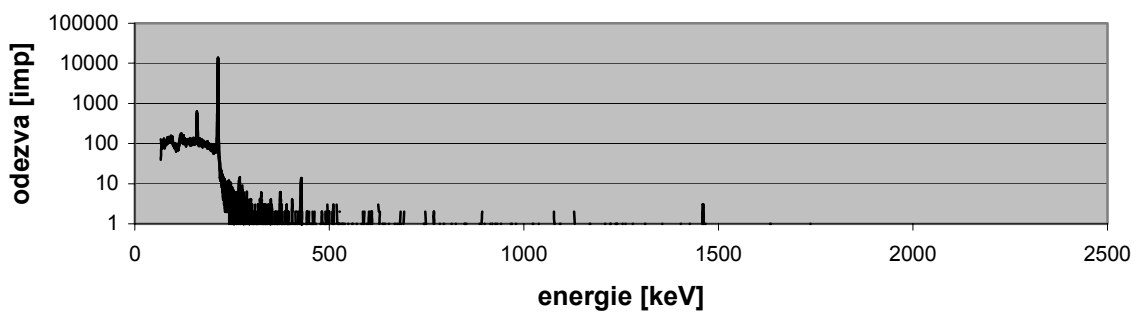
Al nevhodný jelikož se aktivuje za velmi krátkou dobu (a v některém vzorku se také objevil). Polyethylen je radiačně nestálý a při delším pobytu v poli neutronů se snižuje jeho tepelná odolnost.

Potrubní poštou vstřelíme zkumavku s měřeným vzorkem, respektive se standardem, do aktivní zóny reaktoru. Po předem stanovené době (1 min) obdobným způsobem dopravíme zpět, pomocí dozimetru změříme jeho aktivitu. Ampuli vložíme do pozice nad HPGe detektor, v čase 30 sec od návratu zkumavky do laboratoře zahájíme měření trvající 180 sec. Na počítači jsme naměřili spektra gama záření aktivovaných vzorků. Analyzovali jsme velikost a polohu piku ve spektru. Měření jsme opakovali čtyřikrát (2 standardy a 2 zkoumané vzorky).

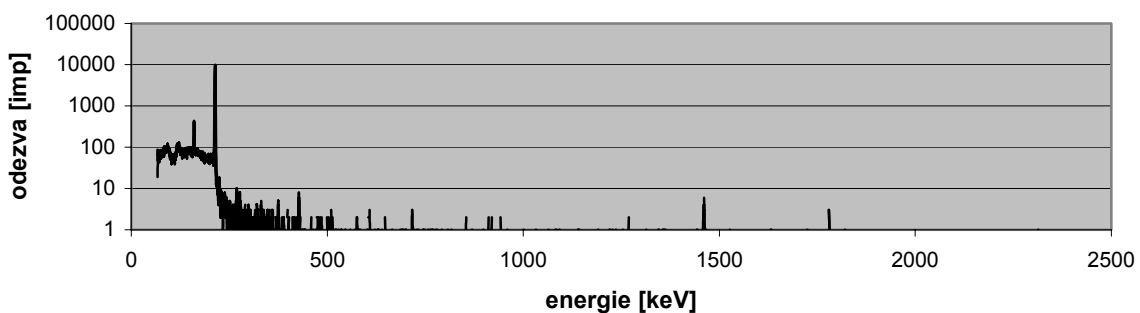
## Spektra záření

V následujících změřených spektrech je pro určení obsahu hafnia důležitý peak 214keV.

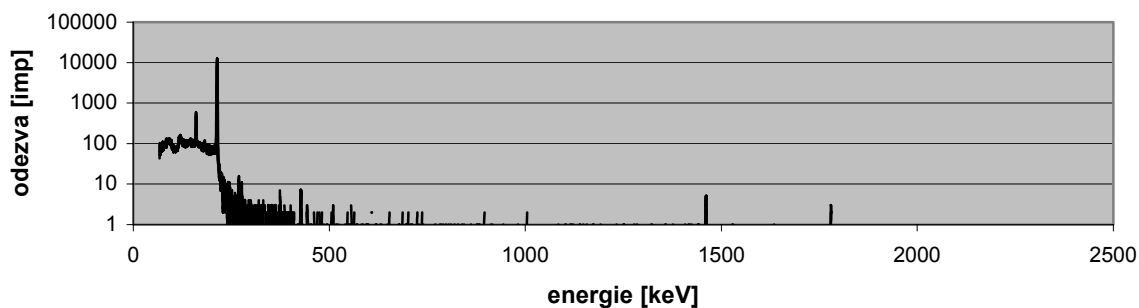
Hf 2



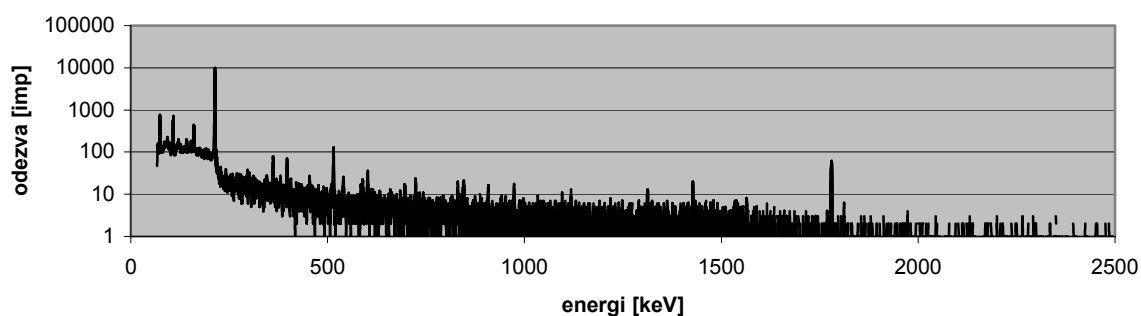
Hf 4



### Hf 3



### RR 9



## Výpočet

### Přehled vzorků a standardů podle IMP

Vzorek či standard	Hmotnost Hf ve vzorku	Odezva (peak 214,32 keV – Hf) [imp]
Hf 2 (standard)	19,349mg	9.22E+004
Hf 4 (standard)	12,093mg	6.48E+004
Hf 3 (vzorek)		8.42E+004
RR 9 (vzorek)		6.53E+004

Hmotnost hafnia obsaženého ve vzorku jsme získali z jeho odezvy ve spektru pomocí lineární interpolace hodnot hmotností a odezev dvou standardů:

$$m = (M - M_1) \cdot \frac{m_2 - m_1}{M_2 - M_1} + m_1$$

kde:

$m$  hmotnost hafnia ve vzorku

$m_{1,2}$  hmotnost hafnia ve standardech

$M$  odezva – počet impulsů od vzorku

$M_{1,2}$  odezva – počet impulsů od standardů

hmotnost vzorku Hf 3

$m = 17,23 \text{ mg}$

hmotnost vzorku RR 9

$m = 12,225 \text{ mg}$

Výpočet koncentrace vzorku RR 9 (zirkon)

$$c = \frac{m}{m_{cel}}$$

$m$  hmotnost vzorku (12,225mg)

$m_{cel}$  celková hmotnost zirkonu (878,2mg)

$c = 1,39\%$

Změřili jsme hmotnost vzorku Hf 3, naměřená hodnota odpovídá 17,23 mg a hodnota naměřená u vzorku RR 9 odpovídá 12,225 mg. Koncentrace Hf ve vzorku zirkonu RR 9 odpovídá podle měření 1,39%. Skutečné hodnoty byly pro Hf 3 16,93mg a pro koncentraci RR 9 1,73%, z toho vyplývá, že zatímco při měření vzorku Hf 3 jsme se dopustili malé relativní chyby o velikosti 1,8% , u koncentrace vzorku zirkonu činila relativní chyba 19,7%.

### 3 Shrnutí

Určení přítomnosti hafnia v zirkonu má praktický význam, protože Hf je nežádoucí příměsí zirkonia požívaného v jaderných reaktorech jako např. obalové trubky palivových tablet, neboť se vyznačuje vysokým účinným průřezem pro absorpci neutronů a tedy např. jako součást konstrukčního materiálu pro jaderné palivo je nevhodné.

Při měření došlo k odchylce spektra záření díky draslíku  $^{40}\text{K}$  z přírodního pozadí a hliníku, který se dostal na ampuli otěrem z části potrubí při dopravě do reaktoru.

### Poděkování

Závěrem musíme poděkovat ing. Kolrosovi za provedení světem NAA, za prohlídku reaktoru a práci s ním. Naše díky patří také všem organizátorům Fyzikálního týdne a hlavně ČVUT.

### Reference:

- [1] PROF. ING. KAREL MAŤEJKA, CSC. A KOLEKTIV *Experimentální úlohy na školním reaktoru VR-1 ČVUT 2005* Str. 93-102
- [2] M. TESAŘ V. OVEČKA O. ŠIROKÝ, J. BASTL, L. KALIK *Neutronová aktivační analýza (sborník příspěvků 2004)* FJFI ČVUT, 2004, str. 119-222
- [3] [HTTP://ASTRONUKLFYZIKA.CZ/JADRADMETODY.HTM](http://ASTRONUKLFYZIKA.CZ/JADRADMETODY.HTM)
- [4] [HTTP://HP.UJF.CAS.CZ/~WAGNER/PREDNASKY/SUBATOM/APLIKACE/AKTIVACKA.HTML](http://HP.UJF.CAS.CZ/~WAGNER/PREDNASKY/SUBATOM/APLIKACE/AKTIVACKA.HTML)