

# Spektrometrie záření gama

P. Čermák

Supervisor projektu, KF FJFI ČVUT, Praha  
cermak@kf-alpha.fjfi.cvut.cz

D. Scheirich

Gymnázium Kladno, nám E. Beneše, 1573  
Danny-S@email.cz

V. Dufek

Gymnázium T. G. Masaryka, Hustopeče  
la.dufek@email.cz

## Abstrakt:

Cílem tohoto projektu bylo seznámení s neutronovou aktivační analýzou – jednou z metod pro analýzu prvkového složení vzorku. Analyzovali jsme vzorek meteoritu Morávka, který dopadl v roce 2000 na severní Moravě. Byly identifikovány některé nuklidy a výsledky byly porovnány s analýzou provedenou v roce 2001. Odlišnosti v letošním spektru byly způsobeny především velkými rozdíly v poločasech jednotlivých nuklidů.

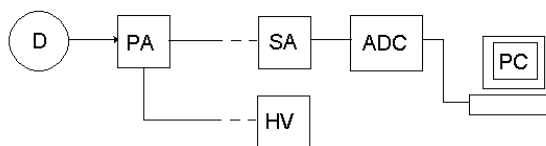
## 1 Úvod

Gama spektrometrie umožňuje analyzovat velmi nízkou koncentraci různých stopových prvků. Daní za vysokou přesnost je velmi složitý tvar spektra související s různými procesy, které se uplatňují při předávání energie fotonů detektoru (Comptonův jev, tvorba párů, fotoelektrický jev, ...). Proto se spektrum zpracovává statistickými metodami.

Cílem našeho projektu je naměření spektra záření gama vzorku meteoritu Morávka a porovnání získaných výsledků s výsledky naměřenými v loňském roce v rámci stejného projektu Fyzikálního týdne. Vzorek meteoritu obsahuje radionuklidy s různým poločasem rozpadu. Proto očekáváme, že naměřené spektrum bude různé od spektra naměřeného v roce 2001. V experimentu ověřujeme, zda výsledky získané analýzou v letošním roce odpovídají výsledkům z loňského roku.

## 2 Experimentální uspořádání

V experimentu byl použit HPGe detektor s rozlišením 2,5 keV na energii odpovídající druhé čáře jádra  $^{60}\text{Co}$ . Polovodičový detektor je spektrometrický detektor, který se vyznačuje dobrým časovým rozlišením (řádově  $10^{-9}$  s). Toto rozlišení určuje minimální časový interval mezi průchody dvou po sobě jdoucích částic, které lze ještě rozlišit [1].



Obr 1: Schéma spektrometru

Gama spektrometr se skládá z polovodičového detektoru (D) chlazeného kapalným dusíkem o teplotě 77 K, předzesilovače (PA), vysokonapětového zdroje (HV), spektrometrického zesilovače (SA) a analogově-digitálního převodníku (ADC).

Germániový detektor sestává ze dvou vrstev polovodiče, vrstvy s vodivostí P a vrstvy s vodivostí N. Na detektor je přes předzesilovač v závěrném směru (+ na N a – na P) připojeno vysoké napětí (řádově  $10^3$  V). Detektor tak funguje jako kondenzátor. Pokud detektor zachytí gama foton, pak se celá jeho energie (fotoelektrický jev [2]) nebo část jeho energie (Comptonův rozptyl [2], tvorba párů [2]), předá elektronu vázanému v elektronovém obalu atomu materiálu detektoru, při čemž elektron přejde do vodivostního pásu. Je experimentálně dokázáno, že náboj, který se tak uvolní, je přímo úměrný energii předané fotonem. Na elektrodách tak dojde k napětíovému pulsu, který je upraven a zesílen předzesilovačem a veden do spektrometrického zesilovače, který puls zesílí (z hodnot řádově  $10^{-3}$  V na hodnoty řádově 1 V). Analogový signál je analogově-digitálním převodníkem upraven do číslicové podoby a zpracován počítačem.

Popsaný spektrometr je využit k analýze vzorků neutronovou aktivační analýzou. Tato metoda spočívá ve několika krocích: aktivace (přeměna jader na radioaktivní nuklidy záchytem neutronů) vzorků v jaderném reaktoru (UJV Řež) a následná analýza vzorků.

### Parametry měření:

Detektor HPGe: průměr krystalu 52 mm, objem  $94\text{ cm}^3$

Pracovní napětí detektoru: 3 kV

Tvarování na bloku SA: 4  $\mu\text{s}$

Měřený vzorek: 26-487 Mor (27,845 mg)

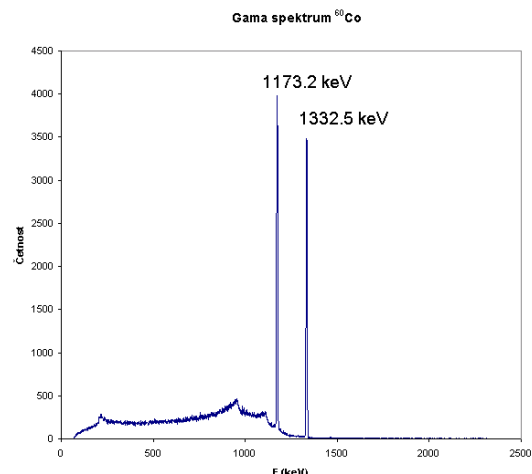
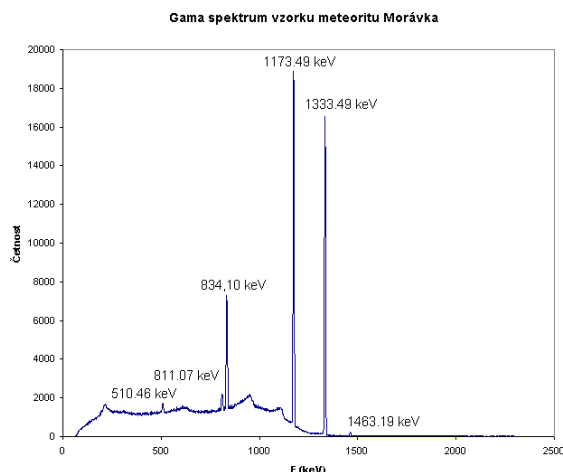
Doba expozice: 2 hod

## 3 Výsledky

Kalibrace byla provedena pomocí izotopu  $^{60}\text{Co}$  (viz. graf 2), který má dvě spektrální čáry o energiích 1173,2 keV a 1332,5 keV, které odpovídají kanálům 989 a 1121. Na základě toho byl odvozen převodní vztah mezi energií v kanálech a v keV:

$$E[\text{keV}] = 1.21 E[\text{kanály}] - 25.28.$$

Ve spektru vzorku (viz. graf 1) byly nalezeny spektrální čáry s energiemi (nuklidy byly identifikovány pomocí [4]):



**Tabulka identifikovaných spektrálních čar**

Odečtená energie	Nuklid	Tabelované hodnoty [3]
1173,49 keV	$^{60}\text{Co}$	1173,2 keV
1333,49 keV	$^{60}\text{Co}$	1332,5 keV
510,46 keV	anhilační pík	511 keV
811,07 keV	$^{58}\text{Co}$	810,8 keV
834,10 keV	$^{54}\text{Mn}$	834,8 keV
1463,19 keV	$^{40}\text{K}$	1460,8 keV

## 4 Závěr

V provedeném experimentu jsme identifikovali některé spektrální čáry radionuklidů ve vzorku. Určili jsme rozlišení spektrometru (pološírka na druhé spektrální čáře  $^{60}\text{Co}$ ) na 5,96 keV. Tato zvýšená hodnota (výrobce detektoru uvádí hodnotu 2,1 keV) se projeví na naměřených výsledcích. Chyba je pravděpodobně způsobena dalšími nedokonalě naladěnými součástmi (např. ADC, ...), rušením jinými přístroji (monitory, ...). Analýzou spektra jsme identifikovali přítomnost nuklidů:  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{40}\text{K}$ . Pík s energií 1460,8 keV je tzv. pozadový pík a je způsoben výskytem nuklidu  $^{40}\text{K}$  v okolním prostředí. Při porovnání s loňskými výsledky jsme zaznamenali absenci píků s energiemi 320,1 keV a 468,1 keV ( $^{51}\text{Cr}$  a  $^{192}\text{Ir}$ ), což je způsobeno krátkými poločasy rozpadu těchto nuklidů (27 a 79 dnů). K výraznému úbytku četnosti došlo i na spektrální čáře 810,8 keV ( $^{58}\text{Co}$ ), což lze určit srovnáním výšky píku s výškou píků  $^{60}\text{Co}$ . Poločas rozpadu  $^{58}\text{Co}$  je 71 dní, zatímco u  $^{60}\text{Co}$  je 5,27 roků. Z provedeného srovnání vyplývá, že zkoumaný vzorek je nutno neprodleně po aktivaci dopravit k analýze, aby došlo k co nejmenšímu zkreslení výsledků v důsledku krátkých poločasů rozpadu.

## Poděkování

Tento projekt byl proveden za podpory Katedry fyziky FJFI ČVUT Praha, která poskytla potřebný prostor a vybavení. Dále bychom rádi poděkovali Ing. V. Linhartovi za cenné připomínky v průběhu měření.

## Reference:

- [1] MATĚJKA, K et al: *Vybrané analytické metody pro životní prostředí*, Vydavatelství ČVUT, 1998, str. 22 – 23
- [2] JANOUT, Z. - KUBAŠTA, J. - POSPÍŠIL, S.: *Úlohy z jaderné a subjaderné fyziky*, Vydavatelství ČVUT, 1997, str. 72 – 79
- [3] BROWNE, E. – FIRESTONE, R. B.: *Table of Radioactive Isotopes*, Wiley-Interscience Publications, 1986
- [4] OSTROVNAYA, T. M.: *Table for Identification of Nuclides Formed in Nuclear Reactors* JINR, Dubna, 2000