

# Spektrometrie záření gama

M. Kroupa, Gymnázium Děčín, trellac@centrum.cz

B. Dvorský, Gymnázium Šternberk, bohuslav.dvorsky@seznam.cz

## Abstrakt

Tento článek pojednává o spektroskopii záření gama. Bylo měřeno spektrum gama záření cesia ( $^{137}\text{Cs}$ ), kobaltu ( $^{60}\text{Co}$ ), Americia ( $^{241}\text{Am}$ ), barya ( $^{133}\text{Ba}$ ) a neznámého radionuklidu, který byl následně identifikován jako  $^{22}\text{Na}$ .

## 1. Úvod

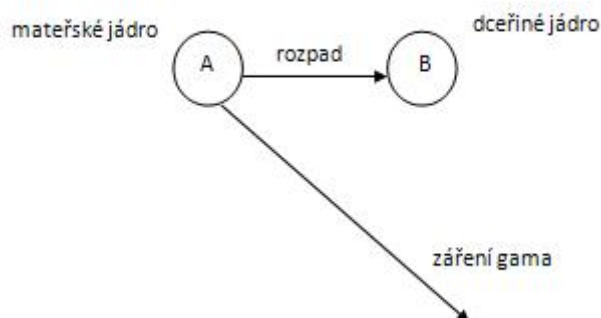
Spektrometrie je vědní disciplína, zabývající se měřením energetických spekter látek, s její pomocí jsme schopni určit prvky na základě jejich gama záření, které je specifické pro každý prvek.

## 2. Teoretická část

### Radioaktivita

Radioaktivita je děj, při kterém se nestabilní jádra atomů určitého prvku samovolně přeměňují na jádra stabilní nebo také nestabilní jiného prvku za současného vyslání energetického záření. Atomům s tímto chováním se říká radionuklidy.

Radioaktivita zahrnuje několik druhů záření. Tato záření se dělí podle typu a elektrického náboje vyletujících částic do 3 kategorií:  $\alpha$  záření,  $\beta$  záření a  $\gamma$  záření.  $\alpha$  záření tvoří vyletující jádra  $^4\text{He}$ ,  $\beta$  záření, které se dále dělí na  $\beta^+$  a  $\beta^-$ , je představováno po řadě pozitrony nebo elektrony. Konečně  $\gamma$  záření je tvořeno fotony.



## Spektrometrie gama záření

Hlavní úlohou spektrometrie záření gama je určování energií fotonů gama, které radionuklidy vyzařují. Dále se získávají informace o relativních intenzitách skupin fotonů. Jednotlivé energetické skupiny fotonů gama vyzařovaných jedním jádrem se ve spektru zobrazují jako příslušné píky (z angl. peak – vrcholek, špička), přičemž energie záření určuje polohu píku na vodorovné energetické ose spektra, a intenzita udává plochu pod píkem a jeho výšku.

### Gama záření

Gama záření se liší od RTG záření tím, že pochází z jádra. Energie fotonů je v rozmezí řádově od desítek kiloelektronvoltů až po jednotky megaelektronvoltů. Elektronvolt (značka eV) je jednotka energie, která odpovídá energii, kterou získá jedenkrát nabitá částice urychlená napětím jednoho voltu; platí  $1 \text{ eV} = 1,602\,176\,53 \times 10^{-19} \text{ J}$ . Záření gama je ionizující záření a je pronikavější než například  $\alpha$  záření nebo  $\beta$  záření. Záření gama nachází široké uplatnění v jaderném i nejaderném výzkumu, ve zkoumání životního prostředí (identifikace zdrojů znečištění), v lékařství (sterilizace nástrojů, Leksellův gama nůž, moderní zobrazovací metody), v potravinářství (sterilizace) nebo v průmyslu (měření defektů materiálů).

## 3. Praktická část

### Pomůcky a princip měření záření gama

Aparatura pro měření záření gama se skládá z následujících součástí: scintilační sonda (krystal NaI(Tl) s fotonásobičem), zdroj vysokého napětí NL2410 (800 V), multikanálový analyzátor PHYWE, osciloskop, osobní počítač, zdroje gama záření, USB link PASCO 2100 (viz obrázek 1). Pro nabírání spekter gama záření byl použit program MEASURE, pro analýzu dat program Origin 5.0.



Obr. 1 Experimentální aparatura pro měření spekter záření gama

Aparatura pro měření spekter záření gama funguje následujícím způsobem. Fotony neviditelného záření gama vycházející z radionuklidového zdroje záření vstupují do scintilačního krystalu NaI(Tl), v němž se mění na fotony ve viditelné oblasti spektra. To se projevuje světelnými záblesky v krystalu. Takto vzniklé fotony dopadají na vstupní část fotonásobiče (fotokatoda), kde se přeměňují na elektrony. Původní elektrony jsou fotonásobičem mnohonásobně (až 100 000 krát) znásobeny a po dopadu na výstupní část fotonásobiče (anoda) vytvářejí elektrický impuls, který je svou velikostí úměrný energii původního záření gama.

Elektrický signál je zpracován multikanálovým analyzátozem do formy aparturního spektra. Spektrum je závislost počtu impulsů na příslušném kanálu; kanálem se rozumí jeden z intervalů energie, do nichž je celý měřený energetický rozsah rozdělen. Spektrum se nakonec akumuluje, zobrazuje a zpracovává pomocí počítače. Posledním krokem je nalezení závislosti čísla kanálu a odpovídající velikosti energie záření gama (energetická kalibrace aparatury).

## Kalibrace

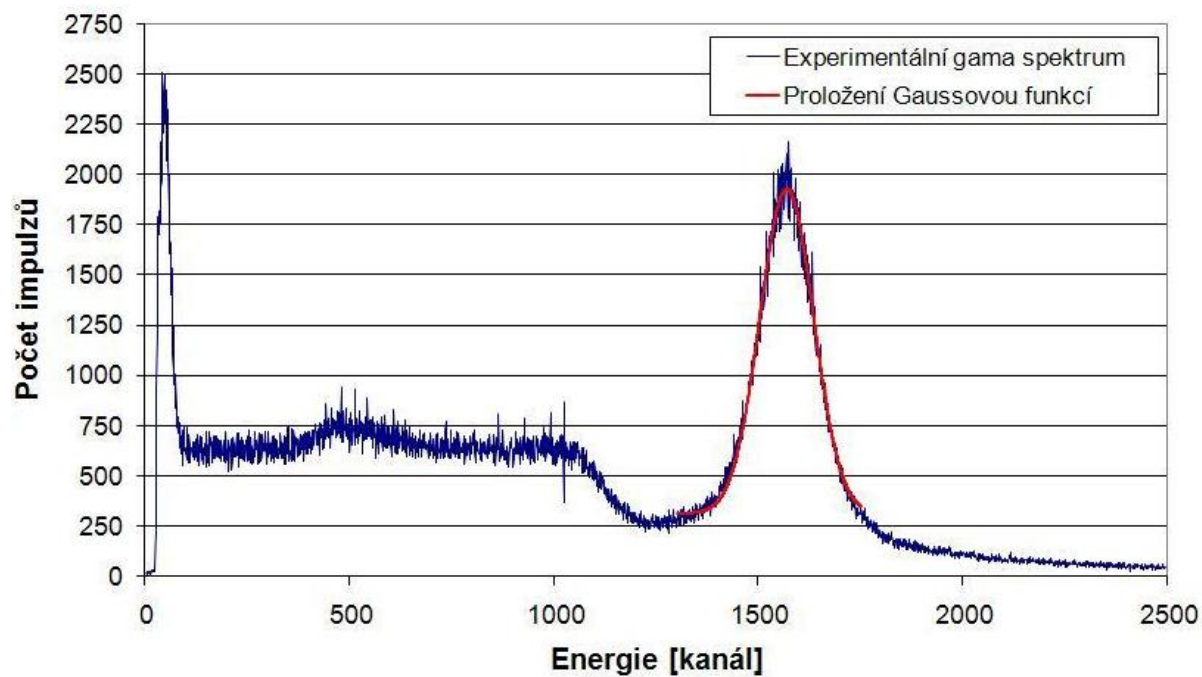
Energetická kalibrace aparatury byla provedena za pomoci následujících zářičů:  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{241}\text{Am}$  a  $^{133}\text{Ba}$ . Příslušná gama spektra jsou uvedena na obrázcích 1 – 4. Energie zářičů odečtené z aparturních spekter v kanálech a jim příslušné tabelované hodnoty energií v keV jsou shrnuty v tabulce 1. Z těchto hodnot byla nalezena lineární závislost mezi energií v kanálech a v kiloelektronvoltech ve tvaru:

$$E[\text{keV}] = A \times E[\text{kanál}] + B$$

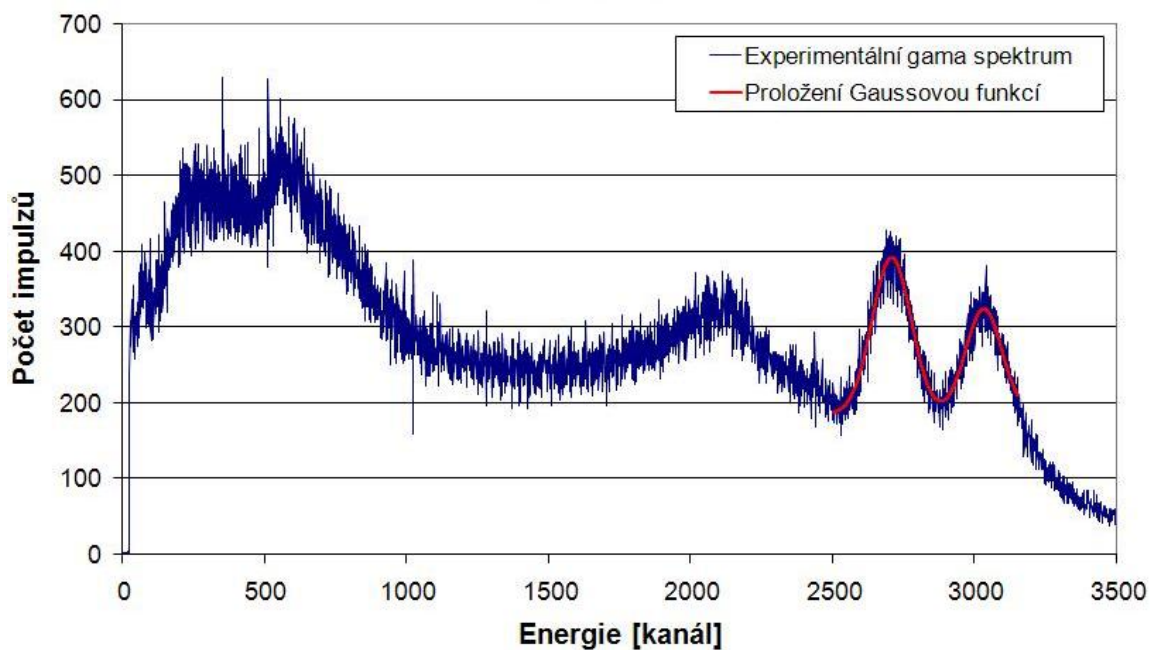
Výsledné hodnoty koeficientů  $A$  a  $B$  jsou:  $A = 0,44342 \text{ keV/kanál}$ ,  $B = -23,77729 \text{ keV}$ .

| Radionuklid       | Energie [kanál] | Energie [keV] |
|-------------------|-----------------|---------------|
| $^{137}\text{Cs}$ | 1567,18         | 661,66        |
| $^{60}\text{Co}$  | 2706,17         | 1173,23       |
|                   | 3030,74         | 1332,92       |
| $^{241}\text{Am}$ | 160,99          | 59,54         |
| $^{133}\text{Ba}$ | 217,19          | 80,99         |
|                   | 902,25          | 356,01        |

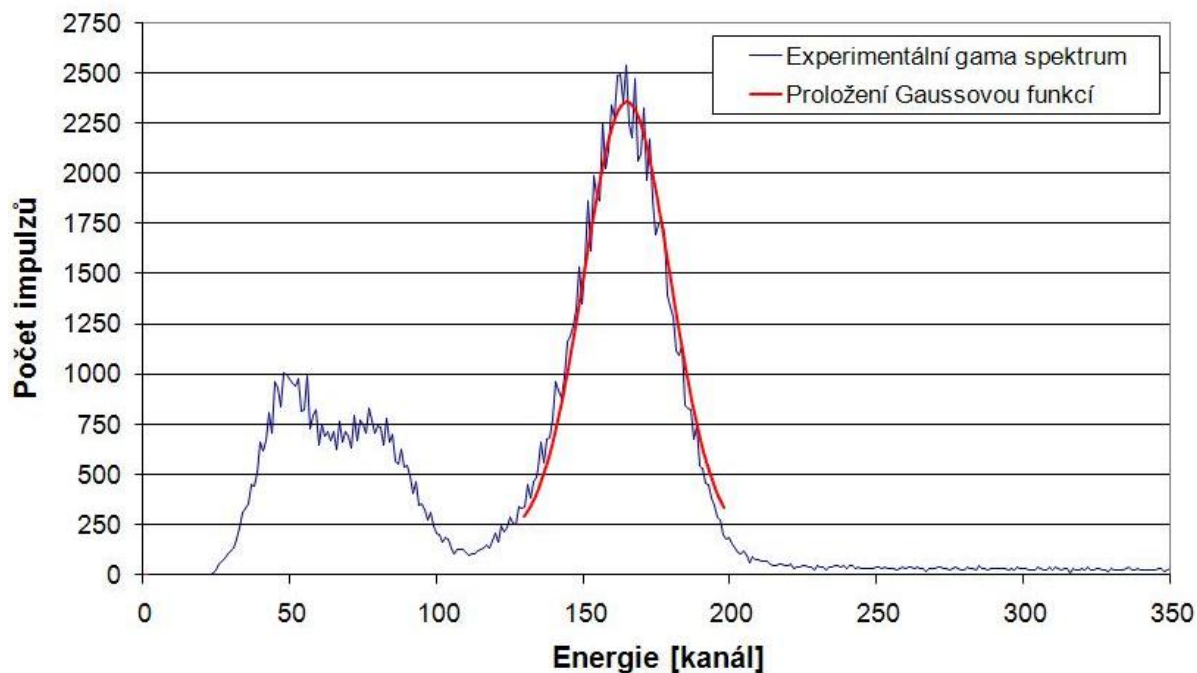
Tabulka 1 Naměřené a tabelované hodnoty energií záření gama



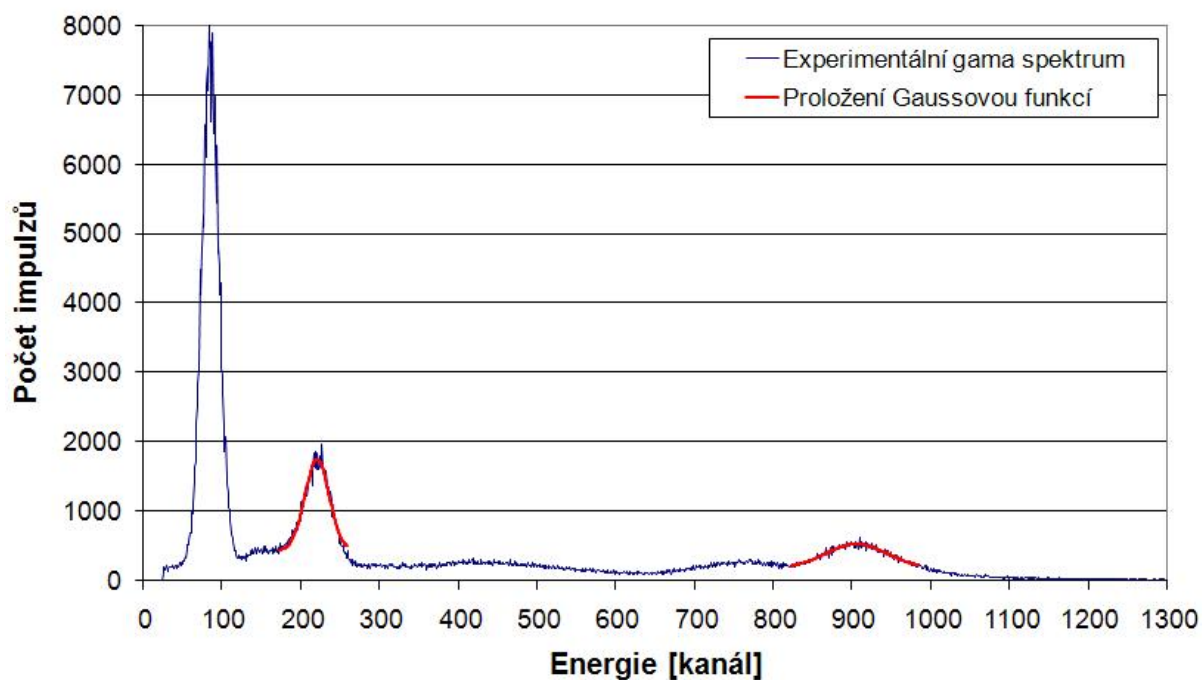
Graf 1 Spektrum záření gama zářiče  $^{137}\text{Cs}$



Graf 2 Spektrum záření gama zářiče  $^{60}\text{Co}$



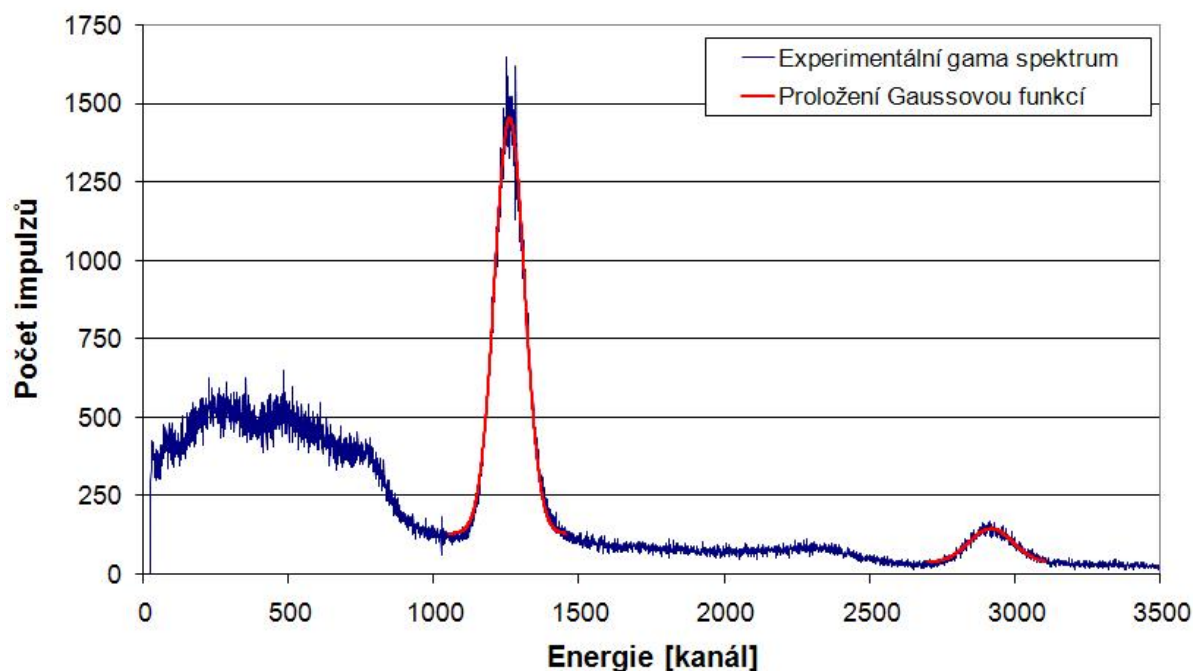
Graf 3 Spektrum záření gama zářiče  $^{241}\text{Am}$



Graf 4 Spektrum záření gama zářiče  $^{133}\text{Ba}$

## Identifikace neznámého zářiče

Na základě provedené energetické kalibrace a analýzy energetického spektra neznámého zářiče (viz obrázek 5) byly nalezeny dva hlavní píky na kanálech 1258,06 (odpovídající energie 534,07 keV) a 2916,73 (odpovídající energie 1269,55 keV). Tento zářič byl identifikován jako  $^{22}\text{Na}$ .



Graf 5 Spektrum záření gama neznámého zářiče ( $^{22}\text{Na}$ )

## 4. Shrnutí

V rámci miniprojektu „Spektrometrie záření gama“ proběhlo seznámení s praktickým měřením a vyhodnocováním spekter gama za pomoci zářičů  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{241}\text{Am}$  a  $^{133}\text{Ba}$ . Po počítačovém zpracování spekter a kalibrování aparatury byl změřen i neznámý gama zářič, který byl následně identifikován s  $^{22}\text{Na}$ .

## Poděkování

Chtěli bychom poděkovat FJFI, organizačnímu týmu, ale zvláště našemu supervizorovi Ing. J. Bočanovi, který s námi měl trpělivost až do úplného konce a byl nám významnou studnou znalostí.

## 5. Reference

- [1] National Nuclear Data Center, Brookhaven National Laboratory, [http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/indx\\_dec.jsp](http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/indx_dec.jsp).
- [2] The Isotopes Project Home Page, <http://ie.lbl.gov/>.
- [3] Spektrum gama záření; rentgenová fluorescenční spektroskopie, <http://praktika.fjfi.cvut.cz/GammaSpektr/>.