

# Měření spektra gama záření scintilačním počítačem

M. Bambuch, Masarykovo gymnázium Vsetín,  
michal.bambuch@gmail.com

J. Suchan, Gymnázium J. Hradec, ji.suchan@seznam.cz

P. Vrbka, Gymnázium Třebíč, pavel.vr@seznam.cz

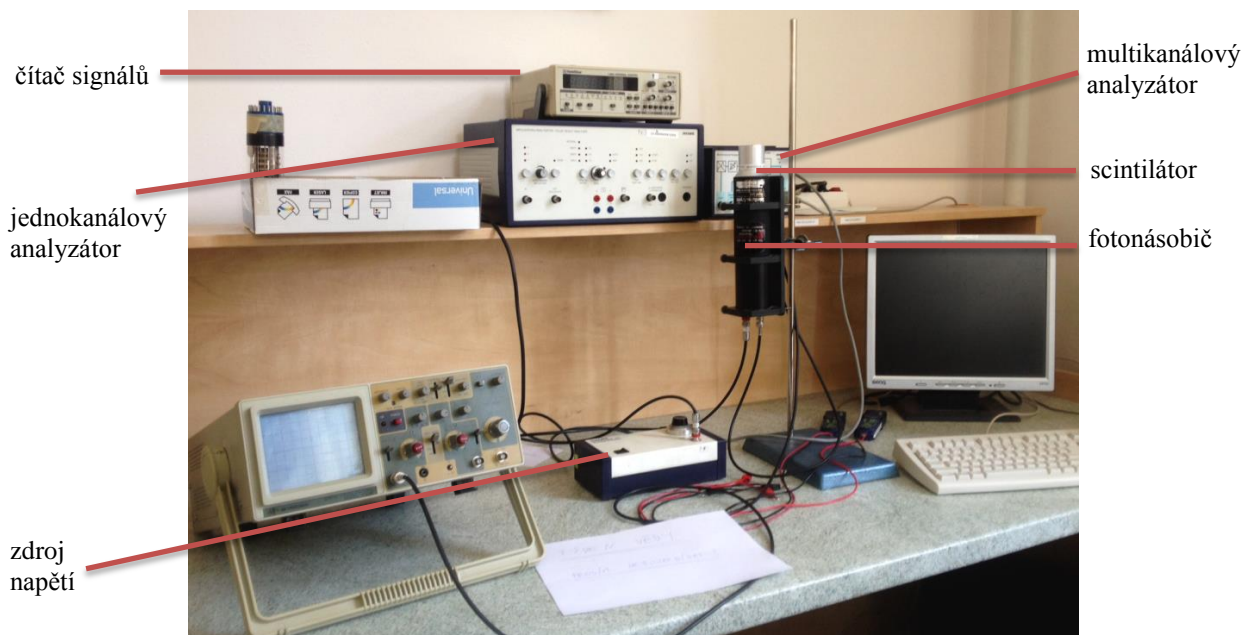
## Abstrakt:

U rozpadu izotopů, při kterém vzniká záření gama, jsme schopni měřit spektrum tohoto záření, které je specifické právě pro tento prvek. Naším úkolem bylo vyzkoušet tuto metodu a zjistit složení neznámého vzorku.

## 1 Úvod

Gama záření je vysokoenergetické elektromagnetické záření, vznikající při rozpadu atomového jádra. Spektrum tohoto záření je specifické pro každou látku. Při měření jsme využili jedno i vícekanálový analyzátor, kterým jsme vyčítali signál z detektoru. Odezvu detektoru bylo třeba zkalibrovat naměřením spektra známých izotopů ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ) a následným přiřazením tabulkových hodnot lokálních maxim spektra k odpovídajícím kanálům.

## 2 Princip měření



(obr. 1 – měřící soustava)

Zářič je umístěn na vrchní stranu scintilátoru. Emitované fotony gama záření vstupují skrz monokrystal NaI:TI, kde excitují elektrony valenčního pásu, které přecházejí do pásu vodivostního. Následně dochází k deexcitaci a uvolnění fotonu obvykle již ve viditelné části spektra. Takto emitované fotony s monokrystalem dále neinteragují a putují na fotokatodu fotonásobiče. Na fotokatodě dochází k fotoefektu. Takto uvolněné elektrony cestují ve směru potenciálu a při srážkách s povrchem dynod uvolňují další elektrony. Na anodě nakonec získáváme dostatečně silný signál. Výstupní signál dále putuje do jednocanálového analyzátoru, kde je zpracován a dále vyhodnocen manuálně (pomocí čítače signálů) nebo automaticky (pomocí počítače). Při dalším měření byl použit vícekanálový analyzátor, který je plně automatický.

### Měření pomocí jednocanálového analyzátoru

Při použití této metody jsme schopni pozorovat vždy právě určitou část spektra, tedy kanál. V našem případě jsme postupovali po 100mV intervalech signálu, které nám určovaly šířku kanálu v celkovém rozsahu 0-10V. Pro každý kanál jsme měřili počet impulsů během časového intervalu 10s.

Měření jsme prováděli manuálně odečtením počtu impulsů z čítače signálů a jeho ručním prepisem do PC. Při automatickém módu byl počet impulsů vyčítán programem Data Studio.

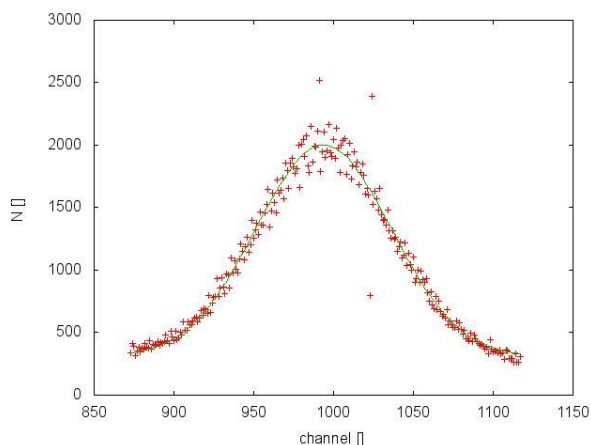
### Měření pomocí vícekanálového analyzátoru

Pomocí vícekanálového analyzátoru jsme mohli provádět měření ve všech kanálech najednou. Data u každého vzorku jsme sbírali po dobu deseti minut. Výsledný graf popisoval závislost počtu signálů pořadí kanálu.

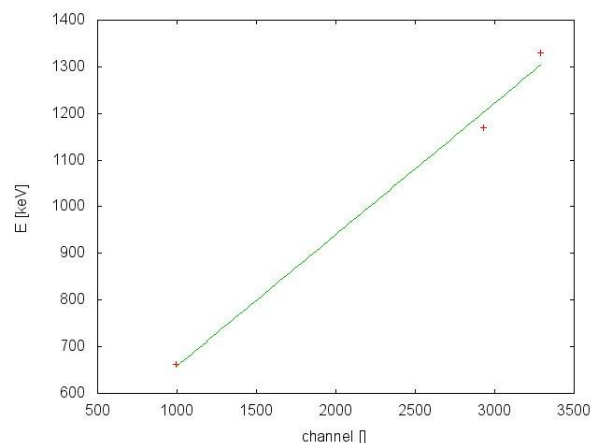
## 3 Výsledky měření

### Kalibrace

Pro vyhodnocení naměřených spekter bylo potřeba přiřadit ke kanálům odpovídající hodnoty energie. Kalibrace byla prováděna použitím izotopů  $^{137}\text{Cs}$  a  $^{60}\text{Co}$ . Kvůli dosažení větší přesnosti jsme proložili naměřené hodnoty tvořící lokální maximum Gaussovou křivkou (obr. 2). Proložením jsme dostali číslo kanálu, které odpovídalo hodnotě středu vrcholku. Získaný kanál pak představoval hodnotu tabulkové energie. Při použití více vrcholků jsme byli schopni přiřadit hodnoty energie k jednotlivým kanálům (obr. 3).



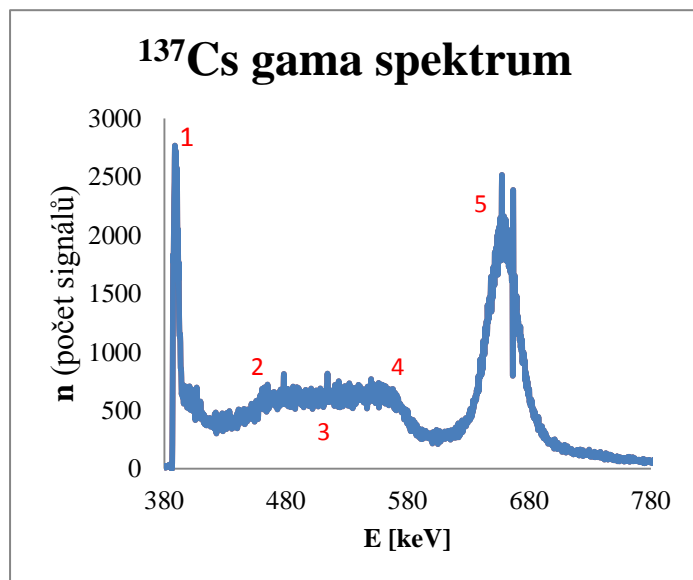
Obr. 2 – Gaussova křivka



Obr. 3 – Kalibrační přímka

## Interpretace spekter

Po kalibraci a odečtení přirozeného radičního pozadí jsme začali s interpretací grafů. Na ose x je vynesena energie dopadajících fotonů a na ose y jejich četnost. Při průchodu fotonů fotonásobičem dochází k několika jevům, které ovlivňují podobu konečného grafu. Jejich projev jsme popsali na spektru  $^{137}\text{Cs}$ .



- 1 - Rentgenové záření dceřiných jader (uvolnění přebytečné energie)
- 2 - Pík zpětného rozptylu (vzniká odražením fotonu od elektronu o  $0 - 180^\circ$ )
- 3 - Comptonovo kontinuum
- 4 - Comptonova hrana (nejvyšší hranice energie pro elektrony, u kterých došlo ke C. jevu)
- 5 - Pík úplného pohlcení (pohlcení celkové energie gama záření detektorem)

Probíhající jevy:

Žádoucí

- A) Fotoefekt – elektron prochází materiálem nezměněn o takové energii, jakou měl původní gama foton. Ve spektru se projeví píkem úplného pohlcení – tato hodnota je pro nás nejdůležitější.

Nežádoucí

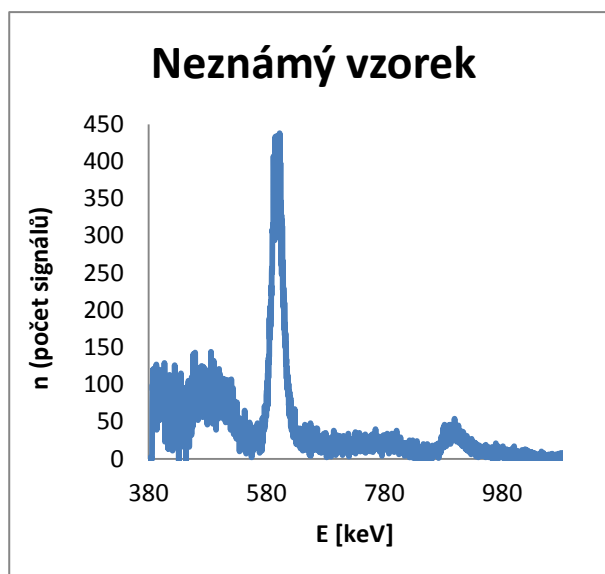
- A) Comptonův rozptyl – dochází k němu při srážce fotonu a elektronu, kdy foton předá část své energie elektronu a oba se poté odchýlí o určitý úhel. Předaná energie se vypočítá dle následující rovnice:

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos\theta)$$

- B) Tvorba elektron-pozitronových párů – v blízkosti atomového jádra se gama energie zcela přemění na částice elektron a pozitron (hybnost se přenáší na atom). Vzniklé částice nadále ztrácí svou energii, až nakonec pozitron anihiluje s libovolným elektronem za vzniku obvykle dvou fotonů.

## Určení neznámého vzorku

Po analýze neznámého vzorku jsme zjistili, že největší pík má energii 602 keV. Bohužel jsme došli k závěru, že naše kalibrace nebyla úplně přesná. Hledaným izotopem byl  $^{24}\text{Na}$ , který dle tabulkových hodnot vyzařuje energii okolo 500 keV ( $\beta$  rozpad) a dále na dvou dalších hladinách (gama) 1368 keV a 2754 keV (což je mimo měřený rozsah). Po nahlédnutí do grafu „Neznámý vzorek“ zjistíme, že tabulkové hodnoty neodpovídají naměřeným. Průběh grafu je ovšem velmi podobný, pro zlepšení výsledků by bylo třeba provést přesnější kalibraci dle více bodů.



## 4 Shrnutí

Gama spektroskopie je rychlá a přesná metoda pro určování složení gama zářičů. Pomocí této metody se nám podařilo naměřit spektra několika prvků ( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ) a zjistit spektrum neznámého vzorku. Výpočty kalibrace jsou nedílnou a důležitou součástí měření a musíme jim věnovat stejnou pozornost.

## Poděkování

Chtěli bychom poděkovat organizátorům z FJFI ČVUT za realizaci týdne vědy, díky kterému jsme si mohli vyzkoušet laboratorní práci na tomto projektu. Dále také našemu supervizorovi Bc. Martinovi Schaferovi za pomoc a poskytnuté informace ohledně projektu.

## Reference:

- [1] Úloha fyzikálního praktika – Měření spektra gama záření
- [2] [http://www.radiochemistry.org/periodictable/gamma\\_spectra/](http://www.radiochemistry.org/periodictable/gamma_spectra/)
- [3] <http://fbmi.sirdik.org/1-kapitola/14/143.html>