

# Měření spektra gama záření scintilačním počítačem

Martin Znamenáček, Gymnázium ALTIS,  
znamenacek.martin@email.cz

Jaroslav Žukov, Škola při velvyslanectví Ruska, zukov55@email.cz

Vašek Polcar, Gymnázium Plasy, p.vaclav15@seznam.cz

Vladimíra Kimlová, Gymnázium Plasy,  
vladimira.kimlova@seznam.cz

## Abstrakt:

V rámci projektu jsme si vyzkoušeli práci na scintilačním počítači, jež nám umožnila lepší pochopení chování gama záření heterogenních látek. Cílem práce je identifikace neznámého prvku na základě jeho gama spektra. Dále je zkoumáno šíření gama spektra skrz olovené destičky, a to do momentu, kdy dojde k útlumu fotopíku  $^{137}\text{Cs}$ . Zároveň je měřena závislost počtu impulsů na tloušťce olovených destiček.

## 1 Úvod

Gama záření – elektromagnetické vysokoenergetické ionizující záření s vlnovou délkou kratší než 124 pm, jehož energie fotonu je vyšší nežli 10 keV. Na rozdíl od méně energetického rentgenového záření jsou pro vznik gama záření potřeba přechody v atomových jádrech. Přestože vzniká společně s alfa a beta zářením, proniká nejlépe do materiálů.

V pokusu jsme se snažili scintilátorem změřit jednotlivá gama spektra čtyř známých rozdílných prvků. Posléze jsme data zanesli do grafů, ve kterých jsme porovnávali energetické hodnoty fotopíků, což umožnilo pojmenování pátého neznámého prvku.

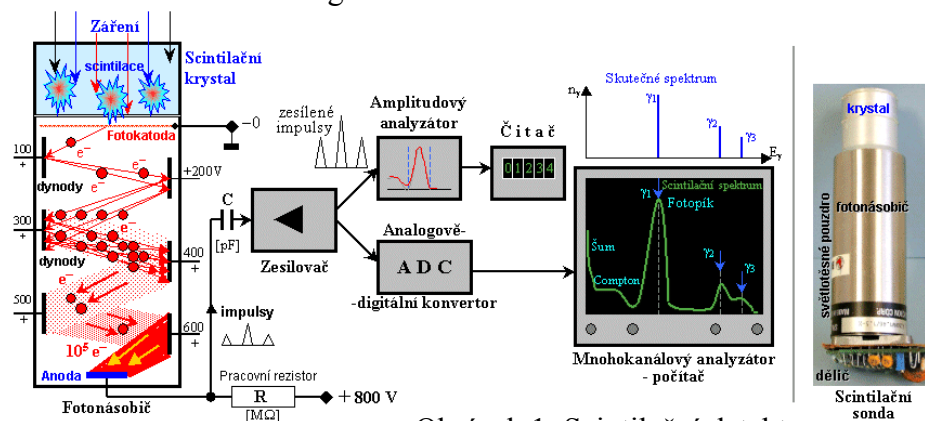
## 2 Scintilační detektor

Měření gama záření není možné provést přímo, a proto jsme použili scintilační detektor, jenž se skládá z luminiscenčního scintilátoru a fotonásobiče.

Scintilátor je krystal, na který dopadají fotony gama záření, které na něm předávají svou energii elektronům atomů krystalu, a tak dochází k jejich ionizaci a excitaci.

Následnou deexcitací dochází k vyzařování fotonů viditelného světla, jenž jsou světlovodíči převedeny do fotonásobiče.

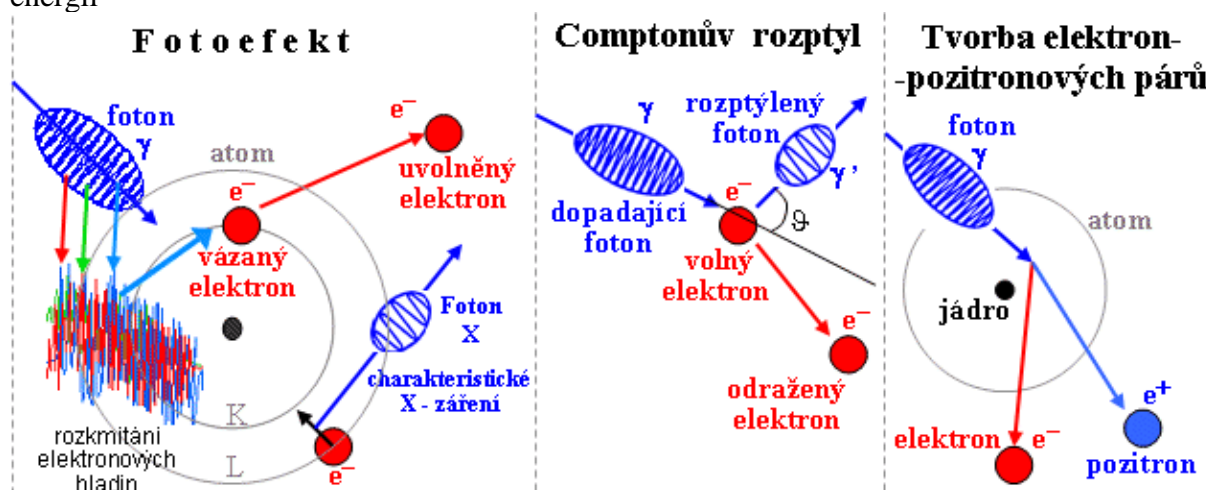
Úlohou fotonásobiče je samotné impulsy znásobit a transformovat na elektrický impuls. Záblesky na fotokatodě uvolní velmi malé množství elektronů, které se kaskádovitě násobí na dynodách pod vysokým napětím. Vytvoří se tak měřitelný elektrický impuls, jehož intenzita je úměrná množství a energii fotonů.



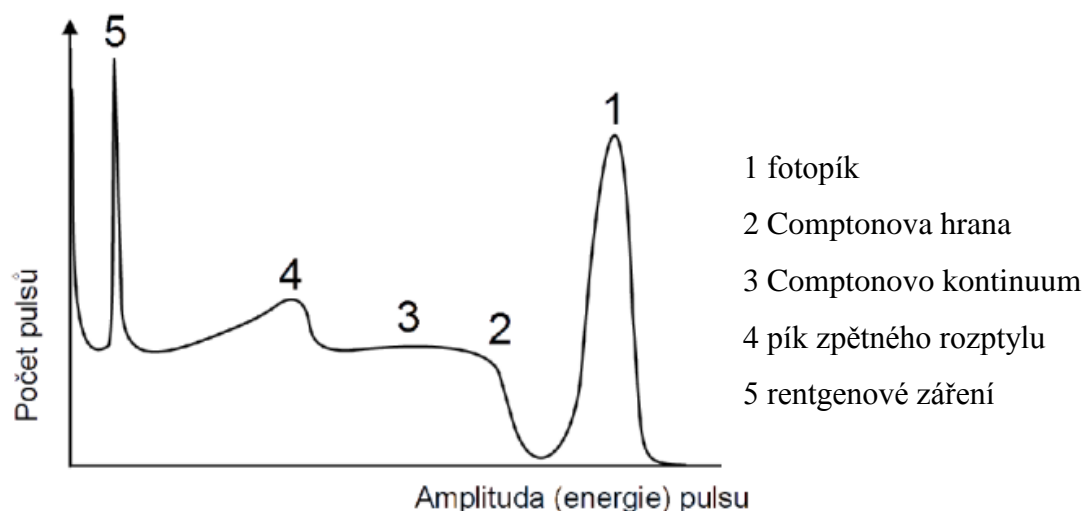
Obrázek 1: Scintilační detektor

Existují 3 základní procesy, při nichž fotony předávají energii elektronům:

1. Fotoefekt – foton předá veškerou svou energii, čímž zaniká a dochází k emitaci elektronu
2. Comptonův rozptyl – foton se odchýlí ze své dráhy, a to pod náhodným úhlem rozptylu, přičemž předá část své energie, která se u elektronu přemění na kinetickou
3. Tvorba elektron-pozitronových párů – při dostatečné energii (ideálně v poli jádra ~ 0,1637 pJ) se foton může přeměnit na dvojici elektron-pozitron, jež nese jeho kinetickou energii



Obrázek 2: Interakce gama záření



Obrázek 3: Spektrum gama záření

## 3 Metodika

### Pomůcky

Scintilační detektor, zdroj vysokého napětí NL2410, multikanálový analyzátor PHYWE, osobní počítač, zdroje gama záření, olověné destičky, program Measure

### Pracovní postup

Měřili jsme spektra zářičů a sbírali data pomocí programu Measure. Nejdřív jsme naměřili jednotlivá spektra  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{60}\text{Co}$  a  $^{241}\text{Am}$ , pak jsme změřili spektra neznámého zářiče a spektra pozadí v místnosti. Doba každého z měření byla 20 min.

Z naměřených spekter jsme odečetli pozadí a určili polohu fotopíků, ty jsme poté nafitovali Gaussovou funkcí. Souřadnice na x-ové ose středů fotopíků jsme porovnali s tabulkovými hodnotami. Sestrojili jsme kalibrační přímkou.

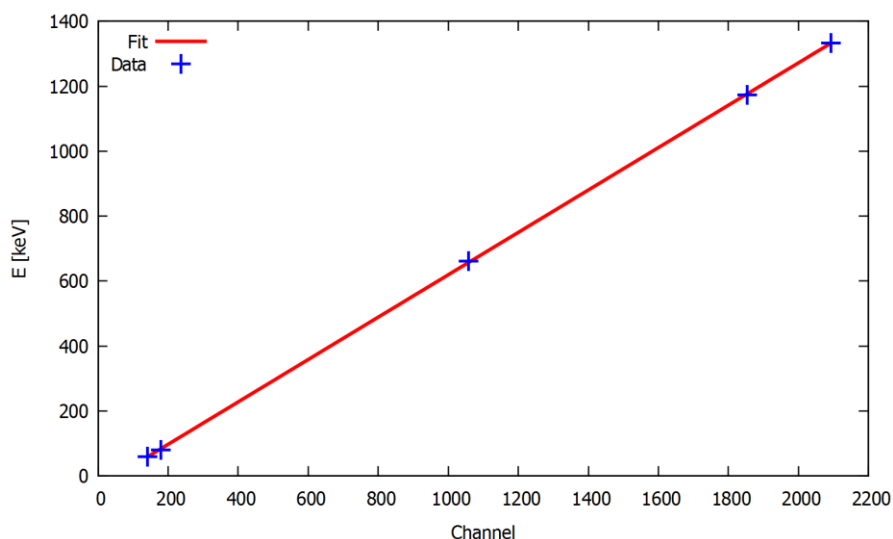
Následně jsme přeměřovali hodnotu gama záření u  $^{137}\text{Cs}$  při průchodu olověnými destičkami, jejichž počet byl zvyšován v pětiminutových intervalech. Tloušťku jednotlivých destiček jsme určili pomocí posuvného měřítka.

## 4. Výsledky

prvek	počet P	tEP <sub>1</sub> [keV]	nEP <sub>1</sub> [keV]	ΔnEP <sub>1</sub> [keV]	tEP <sub>2</sub> [keV]	nEP <sub>2</sub> [keV]	ΔnEP <sub>2</sub> [keV]
$^{60}\text{Co}$	2	1173,2	1176	5	1332,5	1332	5
$^{137}\text{Cs}$	1	661,64	657	4	-	-	-
$^{133}\text{Ba}$	2	80	84	3	302	516	3
$^{241}\text{Am}$	1	60	59	3	-	-	-

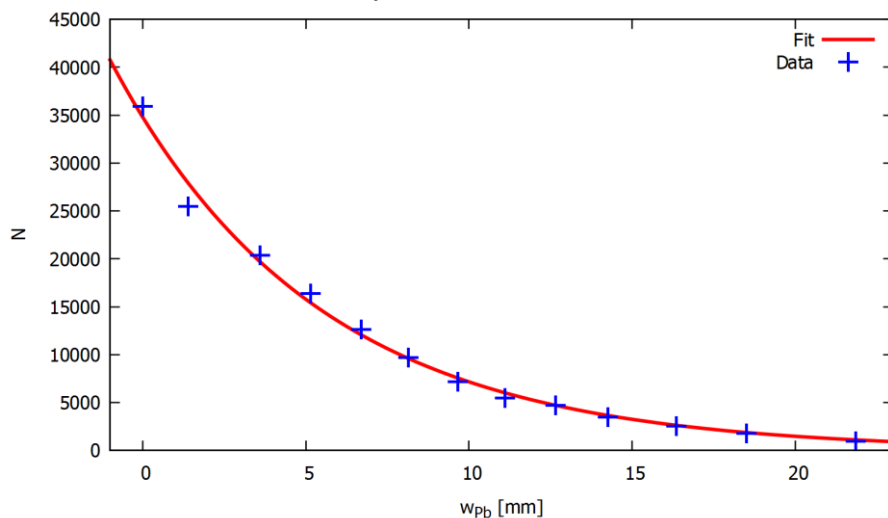
$^{54}\text{Mn}$	1	834,827	834	4	-	-	-
------------------	---	---------	-----	---	---	---	---

Tabulka 1: Naměřené (n) a tabulkové (t) hodnoty píků (P) jednotlivých zářičů



Obrázek 4: Kalibrační přímka, jejíž hodnoty byly určeny proložení lineární funkcí

$$f(x) = 0,653x - 33$$



Obrázek 5: Závislost útlumu na tloušťce materiálu, data byla proložena funkcí

$$f(x) = 34800 \cdot e^{-0,158x}$$

## 5. Diskuse

Naměřené hodnoty se z velké části shodovaly s hodnotami tabulkovými. Výjimkou byl druhý fotopík  $^{133}\text{Ba}$ , jehož hodnota se značně lišila - jako důvod jsme určili jeho nepravidelnost a nevýraznost, jež znemožnily přesné proložení Gaussovy křivky. Dále mohla tato chyba vzniknout při odečítání pozadí, neboť tato hodnota byla naměřena s časovou prodlevou.

Neznámý zářič jsme z přehledu gama zářičů určili jako  $^{54}\text{Mn}$ , jelikož je energie jeho gama záření nejbližší tabulkovým hodnotám a jeho poločas rozpadu je 303 dní, a proto je vhodný pro použití v projektu.

Chybovost u olova byla zapříčiněna jednak nepřesnostmi v měření času v krátkém intervalu. Dále pak vzduchovými kapslemi mezi nerovnými destičkami.

## 6. Shrnutí

Kalibrační přímkou jsme sestavili pomocí zářičů  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{60}\text{Co}$  a  $^{241}\text{Am}$ . Tabulka 1 obsahuje informace, ze kterých jsme při sestrojování kalibrační přímky vycházeli.

Neznámý zářič jsme určili jako  $^{54}\text{Mn}$  na základě porovnání s tabulkovými hodnotami.

Díky naměřeným hodnotám jsme byli schopni určit exponenciálu útlumu gama záření při průchodu olovem, jež ukazuje, jak se mění počet impulsů v závislosti na tloušťce olova.

## 7. Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu supervizorovi Jakobovi Cimermanovi za seznámení s tématem, provedení experimentu a odbornou konzultaci spolu se vstřícným přístupem k nám a našemu projektu. Dále děkujeme organizátorům Týdne vědy a představitelům FJFI ČVUT.

## 8. Reference:

[1] *Scintilátory kolem nás: věda kolem nás výzvy a otázky*. Praha 1: Středisko společných činností AV ČR, 2017, (62). ISSN 2464-6245.

[2] ULLMANN, Vojtěch. Detekce a spektrometrie ionizujícího záření. *Astronuklfyzika: Detekce Spektrometrie* [online]. [cit. 2019-06-17]. Dostupné z: <http://www.astronuklfyzika.cz/DetekceSpektrometrie.htm>

[3] *Gamma Energy (keV)* [online], 13. 3. 2018, <https://www.cpp.edu/~pbsiegel/bio431/genergies.html>

[4] *Měření spektra gama záření scintilačním detektorem* [online], 13. 3. 2018, [https://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/420/mod\\_resource/content/16/Gamma%20230218.pdf](https://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/420/mod_resource/content/16/Gamma%20230218.pdf)