

# Radioaktivita – vlastnosti, zjišťování a ochrana

T. Bohuslav<sup>1</sup>, D. Vymětal<sup>2</sup>, M. Pauš<sup>3</sup>, T. Malínský<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Gymnázium Legionářů 402, Příbram; Tomasbohuslav@centrum.cz

<sup>2</sup>Gymnázium Mikuláše Koperníka, Bílovec; oshiraban@gmail.com

<sup>3</sup>Soukromé gymnázium AD Fontes 18, Jihlava; paus.marek@gmail.com

<sup>4</sup>Gymnázium Elišky Krásnohorské, Praha; t.malinsky@mujmail.cz

## Abstrakt:

Cílem tohoto miniprojektu bylo seznámení se s radiací, její historií, vlastnostmi, ochranou a zjišťováním pomocí detektoru, konkrétně Geiger-Müllerova počítače. Během bádání jsme pracovali jak s  $\alpha$ ,  $\gamma$ , tak i s  $\beta$  zářiči a snažili jsme se změřit energii záření a jeho pronikavost různými látkami.

## 1 Úvod

Radioaktivita je jev, kdy dochází k samovolné vnitřní přeměně atomových jader, přičemž je emitováno vysokoenergetické záření. Jádra vykazující tuto vlastnost se nazývají radionuklidy. Radioaktivní záření lze rozdělit na:

1. Záření  $\alpha$  – při této jaderné přeměně se vyzařuje těžká nabitá částice  $\alpha$ , která je jádrem He, její dosah a pronikavost je malá.
2. Záření  $\beta$  – při této jaderné přeměně je z mateřského jádra vysokou rychlostí emitována částice  $\beta^-$  (elektron) nebo  $\beta^+$  (pozitron) a nedetekovatelná neutrino.
3. Záření  $\gamma$  – vyzáření vysokoenergetického fotonu z jádra při jeho deexcitaci (energie může být až  $10^8$ x větší než je energie viditelného záření). Jedná se o deexcitaci jader, která byla deexcitována jinou předchozí radioaktivní přeměnou ( $\alpha$ ,  $\beta$ ). Dosah může být až kilometry, závisí to na energii emitovaného záření.

V rámci miniprojektu „Radioaktivita – vlastnosti, zjišťování a ochrana“ jsme měřili intenzitu záření a jeho průchodnost různými materiály a porovnávali jsme ho s přirozenou radiací, která nás všude obklopuje.

## 2.1 Historie

Přirozená radiace byla objevena už na přelomu 19. a 20. století Henrym Becquerelem. Za tento objev dostal roku 1903 Nobelovu cenu za fyziku spolu s manželí Curieovými, kterým se jako prvním podařilo izolovat radioaktivní izotop Polonia.

## 2.2 Metodika a materiály

Pro naše měření jsme měli k dispozici: Geiger – Müllerův počítač Pasco, Geiger Counts Passport a Data Studio (software), optickou lavici, svorky, tabulky<sup>1</sup>, radioaktivní izotopy:  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ , stínící destičky z různých materiálů (Fe, Cu, Sn, Al, Pb a papír).

a) První měření jsme provedli bez jakéhokoli radioaktivního izotopu. Přístroj jsme umístili do klidového stavu, tak aby v okolí nebyl žádný radioaktivní izotop a měřili vliv okolního prostředí. Měření jsme provedli 3x, pokaždé v intervalu 30 sekund. Tato informace nám pomohla zpřesnit výsledky dalších měření, neboť jsme přirozené záření odečetli od naměřených hodnot.

b) Druhé měření jsme provedli pomocí izotopu  $^{241}\text{Am}$ . Měřili jsme průchodnost záření  $\gamma$  vzduchem. Do různých vzdáleností  $l$  (0 cm - 70 cm) od Geiger-Müllerova počítače jsme umístili radioaktivní izotop  $^{241}\text{Am}$ . Každou vzdálenost jsme měřili 3x, opět v intervalu 30 sekund a vypočítali aritmetický průměr.

c) Třetí měření jsme dokazovali stínění výše zmíněných materiálů před radioaktivními izotopy  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ . Zářiče jsme umístili 1 cm od Geiger-Müllerova počítače a mezi ně jsme samostatně vkládali různé kovové destičky a papír.

## 2.3 Výsledky měření

a) - Výsledek měření záření prostředí v místě měření je 23 částic za minutu (0,386 Bq). Toto záření se skládá z kosmického záření, přirozených radioizotopů kolem nás a případně umělých zdrojů (nemocnice apod.).

b) Výsledky pro druhé měření pro různé vzdálenosti jsou uvedené v následující tabulce.

Počet částic Geiger-Müllerovým detektorem v závislosti na vzdálenosti

$l$ [cm]	70	60	40	20	10	5	1	0
$N_1$	10	16	17	25	33	81	365	86955
$N_2$	11	16	22	24	38	81	378	90032
$N_3$	9	25	23	19	30	80	390	87444
$\bar{\varnothing}$	10	19	20,6	22,6	33,6	80,6	376,6	89143,6

Z tabulky pro druhé měření můžeme udělat závěr, že měření pro 70 a 60 cm jsou zanedbatelné, vzhledem k minimální odchylce od přirozeného záření kolem nás, což vede k závěru, že sem gama záření již nedoputuje, resp. ve velmi malém množství.

*Průměrná odchylka  $\sigma = 6,3\%$*

*Maximální odchylka  $\sigma_{max} = 12\%$*

*Intenzita zářiče  $I = 300 \text{ kBq}$*

Gama záření lze v interakci s látkami popsat pomocí vzorce

$$I = I_0 e^{-\mu l},$$

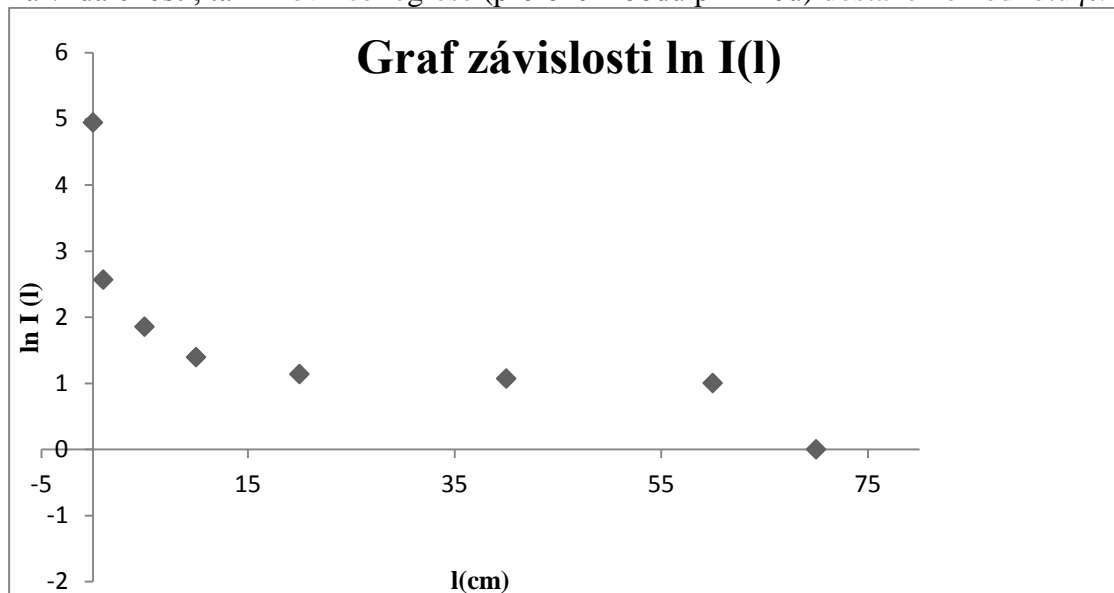
kde  $I$  je naměřená intenzita (počet detekcí za daný časový úsek),  $I_0$  je intenzita pro nulovou vzdálenost a  $\mu$  je lineární součinitel zeslabení. Tuto rovnici můžeme přepsat jako

$$\ln I = -\mu l + \ln I_0,$$

resp.

$$y = -\mu l + y_0,$$

kde  $y = \ln I$ ;  $y_0 = \ln I_0$ . Tato transformace má výhodu, že vyneseme-li  $y$  do grafu v závislosti na vzdálenosti, tak z rovnice regrese (proložení bodů přímkou) dostaneme hodnotu  $\mu$ .



Jak lze vidět na grafu, tak body ne zcela popisují očekávanou přímku. To může být způsobeno následujícími možnými chybami a nepřesnostmi:

- malá statistika (lepší by bylo delší a víc měření)
- **$^{241}\text{Am}$  kromě gama záření se vyzařuje i alfa záření**, které, hlavně pro malé vzdálenosti efektivně zvyšuje intenzitu naměřeného záření, dle empirického vzorce by měl být dosah alfa záření ve vzduchu cca 3,5 cm
- další problém je změření intenzity pro nulovou vzdálenost, kde z technických důvodů nelze detektor a zářič dostat dostatečně k sobě a stále zde existuje vzduchová kapsa o délce několik milimetrů
- $^{241}\text{Am}$  také vyzařuje gama záření o dvou energiích a pomocí GM detektoru nejsme schopni jej rozlišit

Na základě výše naměřených výsledků můžeme udělat závěr o dosahu záření ve vzduchu, ale již ne o energii daného záření z výše zmíněných důvodů.

c) Výsledky pro měření stínění, resp. průchodem látky jsou vyneseny v následující tabulce. Při porovnání s předpokládanými výsledky je hodnota námi určená pro cín diametrálně odlišná. Pravděpodobně je to způsobeno nepřesným měřením, stářím materiálu, vnějšími vlivy a rozlišovací schopností detektoru.

## Procentuální vyjádření prošlého záření přes stínící materiál

	Pb [1mm]	Cu [1mm]	Fe [1mm]	Sn [1mm]	Al [1mm]	Papír [80 $\mu$ m]
$\alpha$ a $\gamma$ [%]	0,093	0,3	1,3	0,076	3,64	6,7
$\beta$ [%]	89,9	89,75	90,06	91,47	90,65	99,6

*Prvky řazeny sestupně podle hustoty  
Intenzita zářičů  $I=300$  kBq*

Jinak můžeme udělat závěr, že 1 mm libovolného kovu zabrzdí většinu gama a alfa záření. Toto však už nemůžeme tvrdit o beta záření, které se fyzikálně chová i jinak než gama záření.

### 3 Shrnutí

V rámci tohoto projektu jsme provedli kalibrační měření přirozeného zářičího pozadí kolem nás. Dále jsme se pokusili zjistit energii záření na základě průchodnosti záření vzduchem. V poslední úloze, jsme vyzkoušeli stínit záření gama, kde jsme našli shodu s tezí, že míra pohlcení roste s nukleonovým číslem.

### Poděkování

Chtěli bychom poděkovat FJFI, panu doktoru Svobodovi a celému týmu TV@J za organizaci akce a za poskytnutí možnosti bádát. Především ale děkujeme panu inženýru Michalu Křelinovi za morální, vědomostní i materiální podporu.

### Reference:

- [1] <http://astronuklfyzika.cz/strana2.htm> , 18.6.2013
- [2] <http://WWW.FERMI2010.EU>, 18.6.2013
- [3] <http://Physics.nics.gov> , 18.6.2013
- [4] <http://SAFETY.UNCC.EDU> , 18.6.2013,