

Radioaktivní záření, jeho druhy, detekce a základní vlastnosti

M. Vohralík – vohralik.m@email.cz

Gymnázium Dr. Emila Holuba, Holice

D. Horák – dombas1999@gmail.com

Reálné Gymnázium a základní škola města Prostějova

O. Kupka – olda.kupka@seznam.cz

Gymnázium a Střední odborná škola zdravotnická a ekonomická Vyškov

Abstrakt:

Cílem našeho projektu bylo seznámení se s druhy radioaktivního záření, jeho základními vlastnostmi, principy jeho detekce a následné využití nově nabytých znalostí v praxi. Byly provedeny 3 pokusy: měření α částic za pomoci polovodičového detektoru a ^{241}Am , měření zeslabení γ záření různými materiály za pomoci plynového detektoru a ^{137}Cs a stínění neutronů polyetylenem, polyetylenem s borem a olovem.

1. Úvod

Radioaktivní záření je doprovodný děj při přeměně nestabilních jader na stabilnější jádra a má 2 podoby; částicovou – tedy proud nabitých částic jako např. elektrony, pozitrony, protony, jádra ^4_2He a větší atomová jádra než helium a 2. podobu elektromagnetické povahy, kterou představuje proud vysokoenergetických fotonů. Radioaktivní záření doprovází mnoho oborů lidské působnosti a neboť má jak nežádoucí, tak žádoucí vlivy na organismy, v současné době existuje mnoho způsobů, jak měřit jeho parametry. Právě metody detekce radioaktivního záření byly náplní našeho projektu. Měření jsme prováděli za asistence Ing. Miloše Tichého CSc. na Katedře jaderných reaktorů FJFI ČVUT v Praze v areálu MFF UK v Troji.

2. Teorie

Radioaktivita

Radioaktivita je samovolný děj, při kterém dochází k přeměně nestabilních jader na stabilnější jádra jiných prvků. Za stabilní jádra obecně považujeme jádra, u kterých platí poměr $\frac{A}{Z} > 2$. Z těchto jader se v přírodě vyskytuje zhruba 250-290 nuklidů 92 prvků. Největším stabilním prvkem je ^{209}Pb . Rozlišujeme 2 hlavní kategorie radioaktivního záření na základě jeho vlnově-částicové povahy.

Druhy radioaktivních záření

- Částicové

- Záření α

Toto záření tvoří proud heliových jader ^4_2He , kdy přebytečná energie mateřského jádra se rozdělí mezi hmotu α -částice, kinetickou energii α -částice a dceřiného jádra a doprovodné γ záření vzniklé deexcitací jádra, přičemž α -částice a γ záření mohou mít různou energii.

- **Záření β**
Toto záření s vyšší pronikavostí, než záření α je tvořeno elektrony a pozitrony (antičástice elektronu), přičemž energie mateřského jádra se přemění na hmotu β částice, kinetickou energii β částice a neutrina a energii doprovodného γ záření vzniklého deexcitací jádra.
- **Neutronové záření**
Neutrony se uvolňují při štěpení, kdy mateřské jádro se rozpadne na 2 kusy a uvolní se určitý počet neutronů závisející na prvcích účastnících se reakce. Neutron však může vzniknout ještě dalšími způsoby: tříštěním (rozbitím jádra na více částí, uvolní se velké množství neutronů), vyražením z jádra nabitou částicí o dostatečné energii (p^+ , α , foton). Uvolnění neutronů provází β rozpad.
- **γ záření**
Toto záření tvoří proud vysokoenergetických fotonů, uplatňuje se zde vlnově-korpuskulární dualismus, záření γ proto můžeme chápat jako vlnu, proto z pohledu elektromagnetického záření zaujímá jen tenkou část spektra. Přebytek energie mateřského jádra se v tomto případě vyzáří zejména v podobě elektromagnetického záření o vysoké frekvenci, avšak γ záření doprovází také α a β rozpad.

Typy detektorů radioaktivního záření

Existuje velká řada principů, na základě kterých fungují různé detektory. Nejčastěji fungují na principu pozorování výsledku interakce záření s hmotou.

- **Plynové** – využívají ionizace plynu, jeho následné vybití na elektrodách a změření velikosti náboje.
- **Scintilační** – pracují na principu fluorescence a detekce světelného záblesku vzniklého po průchodu záření luminoforem.
- **Polovodičové** – detektor tvoří polovodičová dioda zapojená v závěrném stavu, radioaktivní záření způsobí excitaci elektronu, který projde zakázaný pás a putuje k anodě (vznikne průraz v závěrném stavu)
- **Fotografická detekce** – detektor tvoří konvenční fotografický film, ve kterém se ze sloučeniny AgBr působením radioaktivního záření uvolní čisté stříbro. Výhodou tohoto detektoru je velice nízká cena a schopnost detekovat i nízkoenergetické záření – proto se používá ve fotoaparátech a v medicíně - rentgenologii. Hustota čistého stříbra ve filmu po expozici odpovídá intenzitě záření.

Ochrana před radioaktivním zářením

V lidském organismu způsobí radioaktivní záření excitací jádra zasaženého atomu ztrátu specifických vlastností zasažených molekul uvnitř buněk – např. DNA a následně porušení důležitých procesů uvnitř buněk – např. proteosyntézy. Takto poškozené buňky zanikají.

Z těchto důvodů je důležité se před tímto zářením chránit. Způsoby se liší dle druhů záření:

- **Ochrana před zářením α**
Ochrana před tímto zářením je nejjednodušší, k odstínění postačuje velice tenká vrstva papíru či plastu. Ochrana tvoří samotná vrstva vzduchu, neboť pronikavost α záření s nejvyšší energií dosahuje max. desítek centimetrů. Z tohoto důvodu nepředstavuje vnější ozáření závažný problém pro lidský organismus, větší problém hrozí po konzumaci α zářiče.
- **Ochrana před zářením β**
Záření β lze též snadno odstínit lehkými materiály jako např. plasty – plexisklem o tloušťce cca 5-10 mm.

- **Ochrana před zářením γ**

Záření γ představuje závažnější problém pro lidský organismus, lze jej odstínit materiály s velkou hustotou jako např. olovem či speciální směsí betonu.

- **Ochrana před neutronovým zářením**

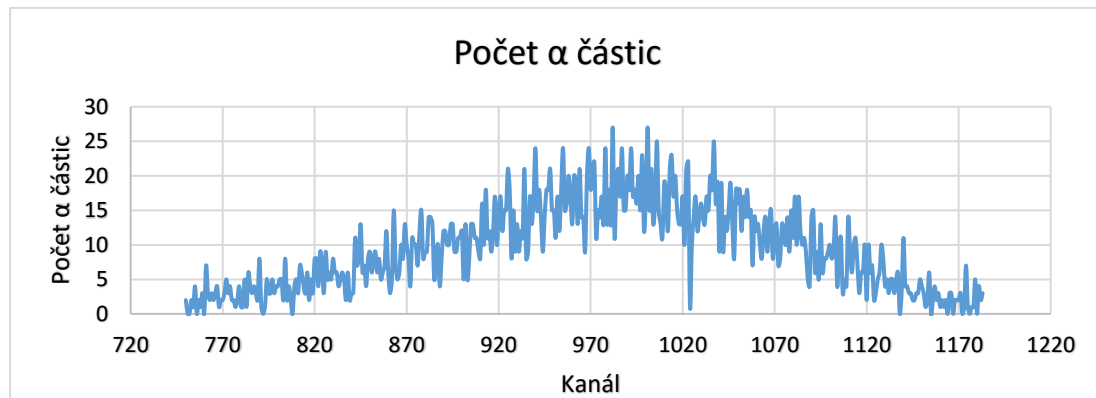
Neutronové záření představuje nejzávažnější riziko. Toto riziko vychází z faktu, že neutronové částice mají velkou kinetickou energii, lze je pouze zpomalit odražením od jader lehkých prvků, čímž ztrácejí energii. Proto se jako ochrana nabízejí prvky jako vodík, a jeho sloučeniny (H_2O), skvělým absorbérem je však také bór. Brzdný materiál nesmí podléhat štěpení, což by vedlo k nežádoucí produkci záření γ .

3. Měření

V rámci našeho projektu jsme provedli celkem 3 experimenty, během nichž jsme zjišťovali odlišné parametry různých druhů záření. Prvním experimentem bylo měření doletu α částic ve vzduchu za pomoci polovodičového detektoru. Druhým experimentem bylo měření pronikavosti γ záření různými vrstvami materiálů o různé hustotě a třetím experimentem bylo měření stínící schopnosti neutronového záření různých materiálů jako olovo, polyetylen, polyetylen s borem.

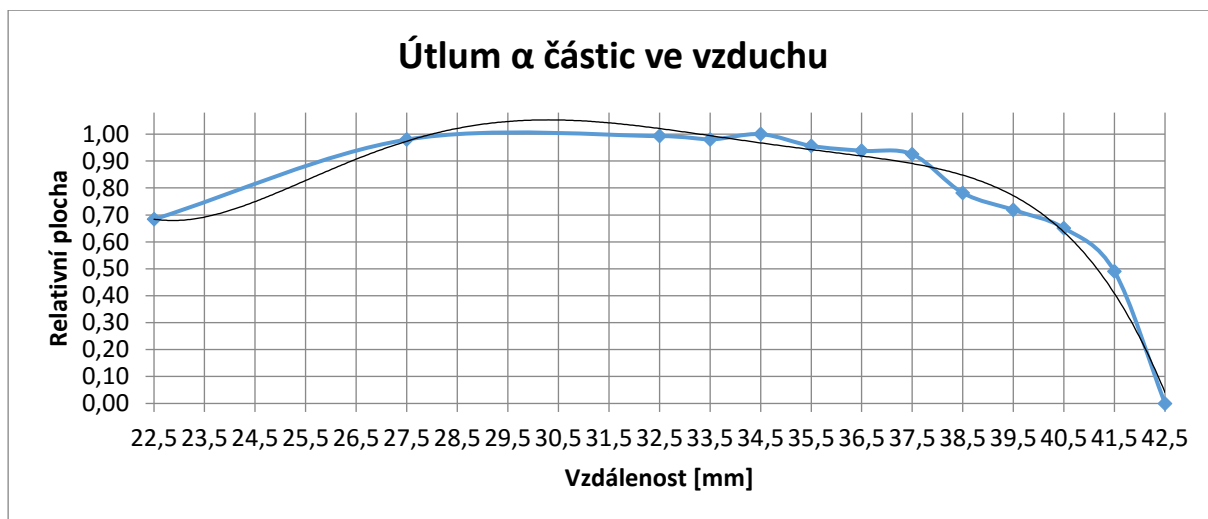
Měření doletu α částic ve vzduchu

Cílem tohoto experimentu bylo měřit počet částic, které za stanovený časový úsek překonají vrstvu vzduchu od zdroje a dopadnou na detektor. Zdrojem α záření byl izotop ^{241}Am s poločasem rozpadu 432,6 let. Vzorek tohoto izotopu naneseného na tenkém plechu byl umístěn v trubici společně s polovodičovým detektorem, který bylo možno pomocí šroubovacího mechanismu přesně oddalovat a přibližovat ke snímači. Měřili jsme amplitudová spektra z polovodičového detektoru. Měření jsme prováděli pro každou vzdálenost po dobu 10 minut. Výsledkem měření byl graf č. 1:



Graf 1

Následně byla vypočtena plocha pod křivkou pro každou a z těchto hodnot byl sestaven graf č. 2:

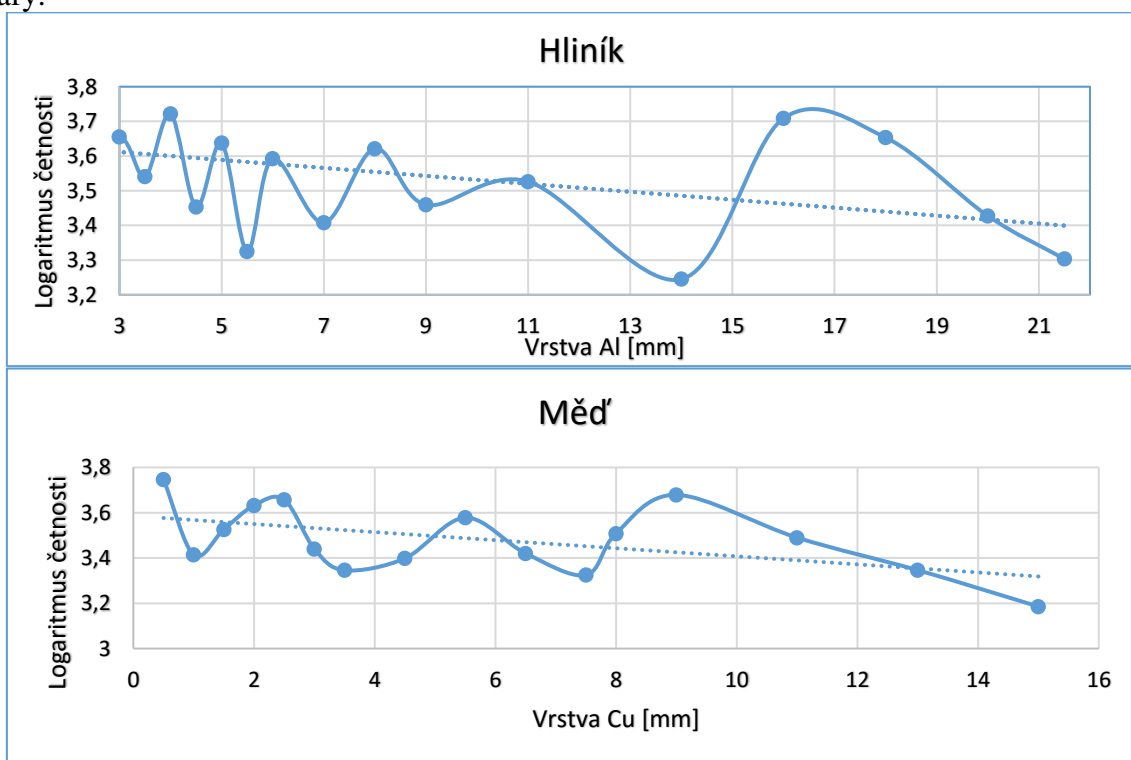


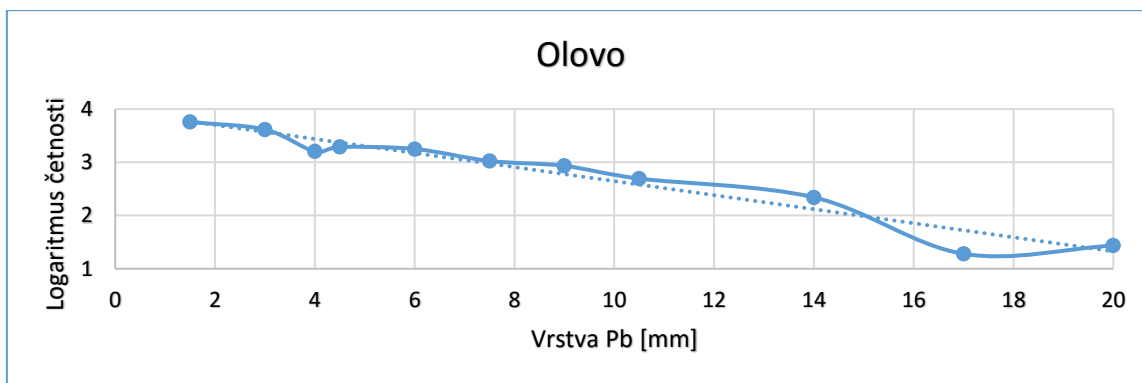
Graf 2

Díky funkci programu MS Office Excel byla vytvořena spojnice trendu a na ni nalezen bod inflexe – tedy bod, kde se mění křivka z konkávní na konvexní. Z tohoto bodu byla stažena kolmice na osu x a odečtena hodnota **41 mm** (viz. graf č. 2). Podle hodnoty vypočtené z Geigerova vztahu dle přesných hodnot na internetu (**40 mm**) se náš výsledek liší pouze o 1 mm.

Měření zeslabení γ záření různými materiály o různé tloušťce

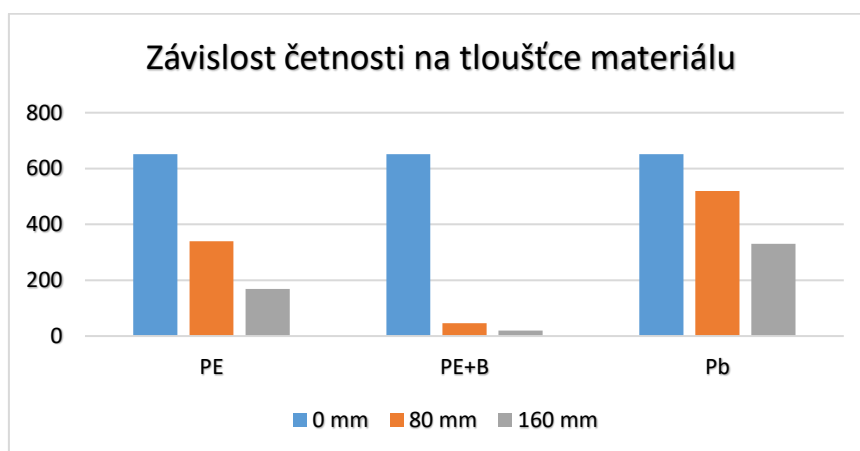
Tento experiment měl za cíl změřit vlivy různých materiálů na zeslabení γ záření. Těmito materiály byly různě tenké vrstvy hliníkových, olověných a měděných vrstev umístěvané mezi zářič ^{137}Cs a plynový (Geigerův-Müllerův) čítač. Nejlepších parametrů dosáhlo olovo. viz. grafy:





Stínění neutronů

Cílem tohoto experimentu bylo změřit útlumové účinky olověných cihel, polyetylénových bloků a bloků ze směsi polyetylenu a boru.



Graf 6

Z tohoto grafu lze pozorovat, že nejlepšími stínícími účinky disponuje kombinace polyetylenu a boru, která snižuje neutronový tok téměř na minimum při vrstvě 160 mm. Zároveň lze pozorovat, že olovo má na zpomalení neutronů jen malý vliv, lepších parametrů dosahuje i čistý polyetylen.

Poděkování

Tímto bychom rádi poděkovali ČVUT za poskytnutí prostor, vybavení, jmenovitě pak garantovi Ing. Miloši Tichému CSc. z Katedry jaderných reaktorů FJFI ČVUT za ochotu, obětavou spolupráci, poskytnutí materiálů a odbornou asistenci při práci na našem projektu, dále pak panu Ing. Filipovi Fejtovi za poutavou exkurzi na reaktoru Vrabec VR-1 a v neposlední řadě celému organizačnímu týmu Týdne vědy.

4. Reference:

- http://www.wikiskripta.eu/index.php/Ochrana_p%C5%99ed_%C5%A1kodliv%C3%BDmi_%C3%BA%C4%8Dinky_radioaktivn%C3%ADho_z%C3%A1%C5%99en%C3%AD
- Ing. Miloš Tichý CSc. – prezentace „Úvod do radioaktivity“
- <https://cs.wikipedia.org/wiki/Radioaktivita>