

Mlžná komora

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

J. Dufek, Gymnázium Jiřího z Poděbrad, Poděbrady,
jaroslav.dufek10@seznam.cz

T. Popek, Gymnázium Jiřího z Poděbrad, Poděbrady,
tom.popek@seznam.cz

T. Svoboda, Gymnázium Jiřího z Poděbrad, Poděbrady,
tomigo10@seznam.cz

Abstrakt:

Částice ionizujícího záření jsou pro lidské oko neviditelné. Málokdo ale ví, že můžeme pozorovat jejich trajektorie pomocí jednoduchého zařízení sestavitelného i v domácích podmínkách. V tomto projektu jsme mlžnou komoru zprovozili, pozorovali jsme v ní zmíněné částice a počítali jejich energie.

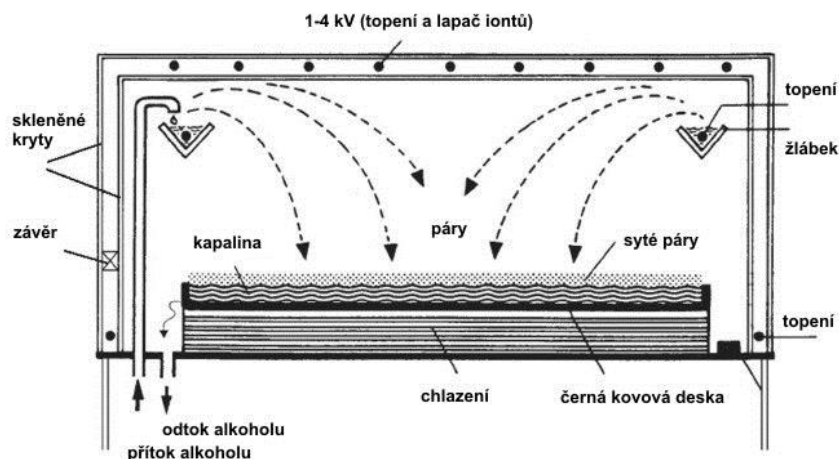
1 Úvod

V roce 1911 byla skotským fyzikem C. T. R. Wilsonem vynalezena mlžná komora, jednoduché zařízení umožňující pozorovat trajektorie letících ionizujících částic. I když už se toto zařízení v experimentech vrcholové fyziky nepoužívá, je mlžná komora díky své jednoduchosti stále velmi oblíbená mezi amatérskými fyziky. Na její sestavení stačí průhledná nádoba, topné těleso, líh (nejlépe izopropylalkohol), světlo a chladicí médium.

V rámci našeho experimentu jsme používali difúzní mlžnou komoru, ve které jsme pozorovali trajektorie letících ionizujících částic a počítali jsme jejich energie.

2 Princip mlžné komory

Mlžná komora je vyplněna podchlazenou parou ze žlábků a podle podchlazování páry se dělí na difúzní a expanzní komoru. U námi použité difúzní je podchlazování vnější (např. suchým ledem), zatímco u expanzní je chlazení zajištěno roztahováním pístu, díky kterému se plyn roztáhne a ochladí. Nevýhodou tohoto typu je, že částice můžeme pozorovat jen velmi krátkou dobu.



Obr. 1: Schéma mlžné komory (převzato ze zdroje [1])

Pára v komoře klesá, zachycuje částice prachu a tím se komora vyčistí. Po odstranění prachu začne pára kondenzovat na iontech a to způsobí zviditelnění trajektorií nabitých částic. Zviditelněné trajektorie lze zachytit na fotoaparát.

Pohyb částic ovlivňuje magnet, který je umístěn pod komorou a s jeho pomocí lze změřit energii jednotlivých částic. Částice se pohybují po kružnicích o poloměru r , který je dán vztahem

$$r = \frac{p}{qB} \quad (1)$$

kde p je hybnost, q je náboj a B je remanence magnetu. Z tohoto vztahu zjišťujeme hybnost a tedy také energii.

3 Pozorování a výsledky

Použitý materiál

Při pokusu jsme využili mlžnou komoru tvaru čtverce o délce hrany asi 20 cm. Ve žlábků byl využit alkohol izopropylalkohol. Celé zařízení bylo zespoda chlazeno suchým ledem (-79°C) a ve vrchní části odporově ohříváno výkonem cca 10 W. Pro lepší viditelnost pohybujících se částic jsme osvětlovali komoru LED diodami umístěnými nad chladicím médiem. Dění v mlžné komoře zaznamenávala videokamera umístěná těsně nad víkem komory.

Při pokusech jsme používali dva typy zářičů beta. Prvním zářičem bylo ^{90}Sr a druhým ^{137}Cs . Použili jsme vysoké čistící napětí, Wimshurstovu elektriku, která pracuje na ruční pohon, ke zvýšení počtu viditelných stop. Také jsme využili feritový magnet o rozměrech 10×15 cm.

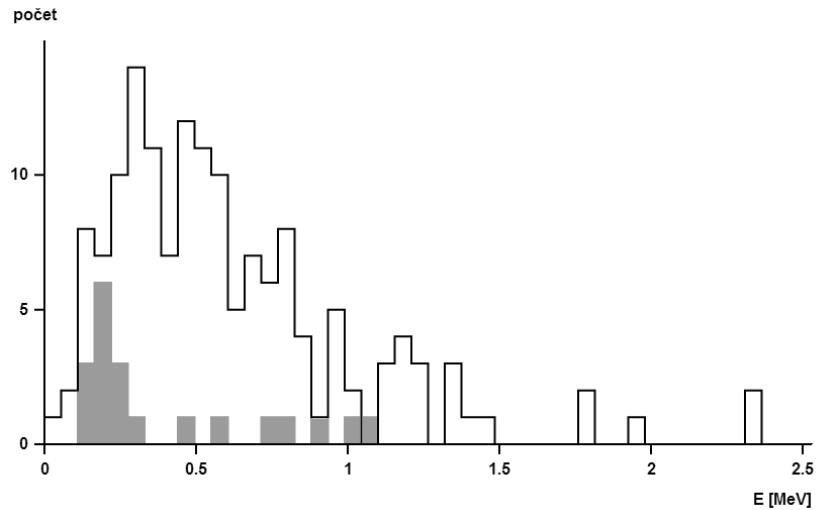
Pozorování

Při vyhodnocování výsledků z kamerového záznamu jsme určili, že některé částice záření beta nepocházejí pouze z námi zvolených zdrojů záření (^{90}Sr , ^{137}Cs) ale i z vnějších zdrojů tzv. pozadí. Snažili jsme se tyto částice nezapočítat do spekter zářičů.

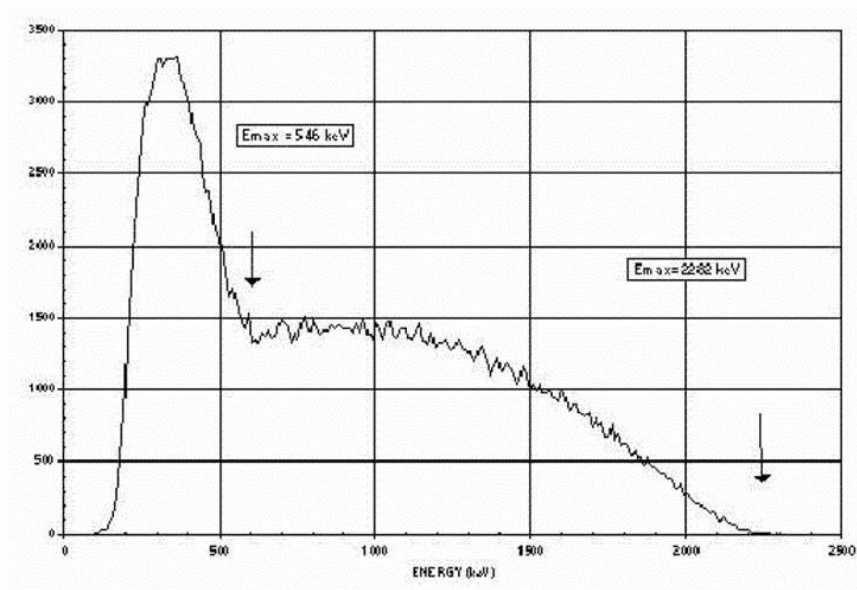
Stroncium byl natolik výkonný zdroj, že jsme ho mohli použít ke kalibraci. Podle zdroje č. [2] má mít magnet remanenci 0,19 T. Při započtení této hodnoty, ovšem naměřené energetické spektrum nesouhlasí s očekávaným výsledkem. Lepší výsledky získáme použitím hodnoty 0,019 T. Chyba je pravděpodobně způsobena vzdáleností magnetu od pozorované oblasti.

Cesium také vyzařuje beta částice, ale kromě nich lze v komoře pozorovat velké množství částic nepocházejících z cesia. To je pravděpodobně způsobeno tím, že gama záření, rovněž vyzařované cesiem, produkuje sekundární částice, přičemž samo v komoře vidět není.

Výsledky

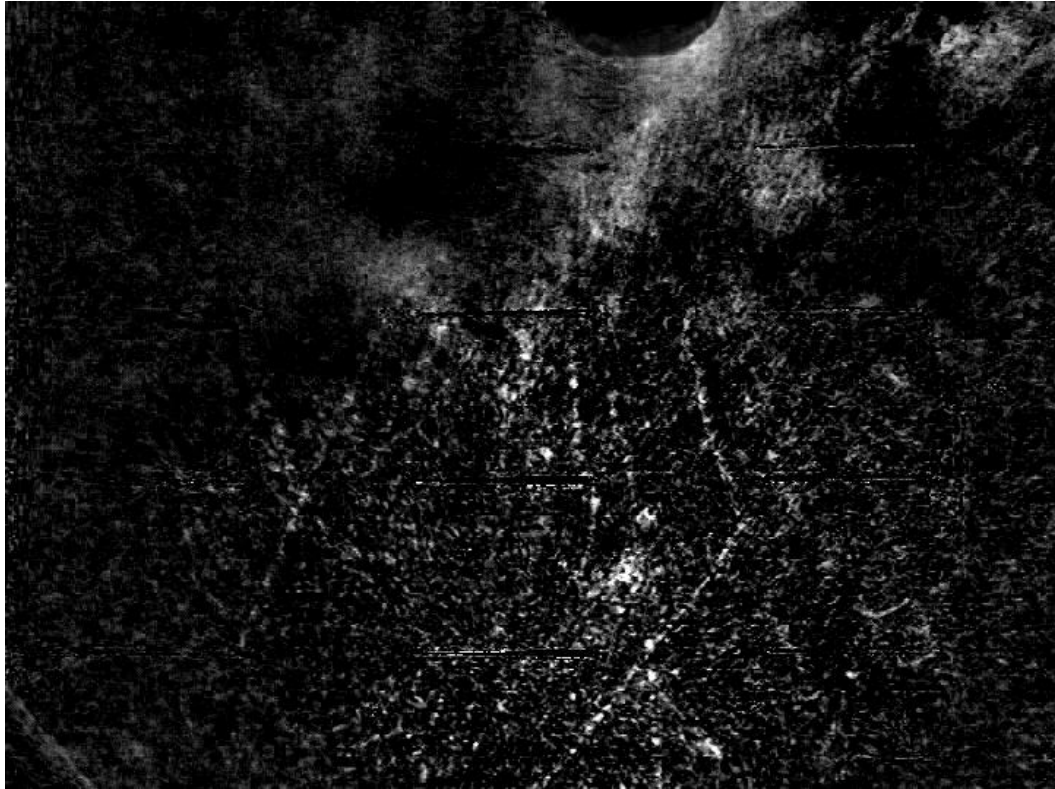


Obr. 2: Námi naměřené hodnoty energií záření stroncia (bílé) a cesia (šedé)



Obr. 3: Hodnoty převzaté ze zdroje [3] (stroncium)

Námi naměřený graf energetického spektra stroncia se po kalibraci podobá referenčním hodnotám. Dle očekávání, maximum spektra cesia odpovídá nižším hodnotám energie než u stroncia. Vzhledem k nejednoznačnosti snímků pořízených při pokusu s cesiem ovšem graf energetického spektra cesia nemusí odpovídat realitě.



Obr. 4: Upravený snímek z mlžné komory; Na horním okraji je umístěn zářič ^{90}Sr

4 Shrnutí

Podarilo se nám zprovoznit amatérsky vyrobenou mlžnou komoru, pozorovat v ní trajektorie letících částic ionizujícího záření a vypočítat jejich energie. Ověřili jsme si, že cesium vyzařuje jak částice beta tak i fotony gama, z kterých gama byly téměř nezahlédnutelné, ale způsobovaly nárazy, které již viditelné byly. Dále jsme ověřili, že magnet umístěný pod mlžnou komorou má vliv na trajektorii elektricky nabitých částic. Magnetického pole jsme využili k měření energií částic.

Poděkování

Děkujeme našemu supervizorovi Viktoru Löffelmannovi za pomoc při vypracování tohoto projektu na Týdnu vědy 2014. Speciální poděkování patří panu Ing. Vojtěchu Svobodovi CSc. a ostatním organizátorům za to, že se tento projekt mohl uskutečnit.

Reference:

- [1] Difúzní mlžná komora
<http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/dema/komora/>
- [2] Monika Robotková, Miroslav Fil, Adam Konšel, Iveta Zatočilová: Mlžná komora
<http://tydenvedy.fjfi.cvut.cz/2013/output/sbpdf/mlkomora.pdf>
- [3] H.J. Wollersheim: The RISING active stopper
<http://web-docs.gsi.de/~wolle/Schuelerlabor/IMAGES/Sr-90%20Betaspektrum.jpg>