

Mlžná komora

Klára Vaculíková (Purkyňovo gymnázium, Strážnice)¹
Tereza Moravcová (SPŠ Vlašim, Vlašim)²

¹ muchaco@seznam.cz

² Tere-z-ka@seznam.cz

Abstrakt:

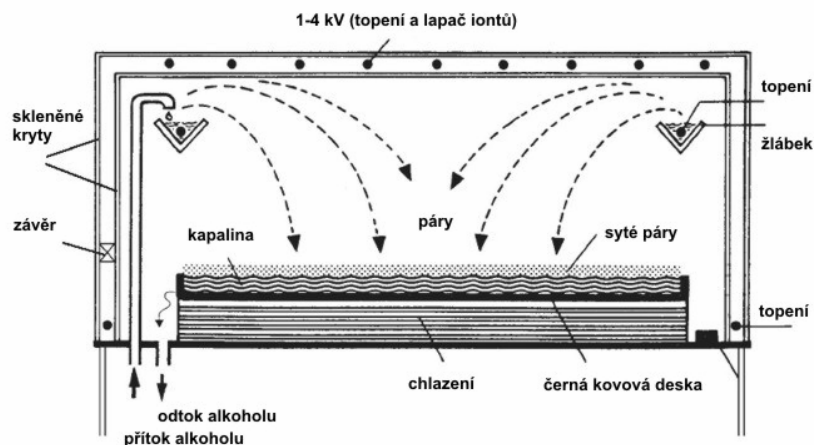
Stanoveným cílem byla detekce částic v mlžné komoře, pozorování jejich drah a seznámení se s prací s mlžnou komorou.

1 Historický úvod

Wilsonova mlžná komora byl první fyzikální přístroj, díky kterému jsme schopni pozorovat dráhy elektricky nabitých částic. Přístroj vynalezl Charles Thomson Rees Wilson počátkem 20. století. Wilsonovi se na skotské observatoři zalíbily efekty vytvořené přirozenou mlhou, a proto si mlhu chtěl vyrobit ve své laboratoři. V jeho aparatuře si všiml souvislosti mezi vytvářením kondenzačních jader a raně objeveného rentgenového záření, což bylo základem pro pozorování stop nabitých částic, které vytvářejí výše zmíněná kondenzační jádra.

V roce 1911 bylo uskutečněno první pozorování, které ukázalo jednotlivé dráhy částic. V mlžné komoře byl v roce 1932 experimentálně potvrzen pozitron.

2 Princip mlžné komory



Obr. 1 Schéma mlžné komory

Difúzní mlžná komora je zobrazena na obrázku Obr.1. Je složena z černé kovové desky, která je chlazená na -30°C . Nad deskou je vrstvička sytých par isopropylalkoholu ($\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$). Páry jsou vyráběny ve žlábků díky nahřívání odporovým drátkem a klesají k ochlazené desce. Isopropylalkohol je přiváděn trubičkou do žlábků. Soustava chlazené desky a žlábků je uzavřena skleněným krytem, ve kterém je otevíratelná průchodka pro vložení radioaktivního zářiče.

Průchod ionizující částice vrstvičkou syté páry způsobuje kondenzaci páry, kterou je možno pozorovat pouhým okem. Zkondenzované kapičky je potřeba odvést pryč od okolní syté páry, aby bylo možno pozorovat další prolétající částice. K tomuto jsou instalovány drátky s vysokým napětím nad vnitřním skleněným krytem. Černá kovová deska je uzemněna, a proto vzniká mezi drátkou a deskou elektrické pole, které realizuje odvod kapiček.

3 Detekce drah jednotlivých částic

Každý druh částice má svou typickou stopu. Podle tvaru stopy můžeme obráceným postupem určit druh částice. Schopnost ionizovat materiál je veličina, kterou nazýváme ionizační ztráty. Její výpočet je dán Bethe-Blochovým vztahem:

$$\left(\frac{dE}{dx}\right)_{ion} = f(m, v, Ze).$$

Určuje energii, kterou částice předává materiálu, kterým prolétá. Tato energie vzrůstá s větší hmotností částice a vyšší rychlostí částice. Z tohoto plyne, že těžší částice bude vytvářet výraznější stopu než-li lehčí. Parametr Ze udává počet elektronů v obalu atomu materiálu.

4 Výsledky

Výsledky jsme pořídili pomocí digitální kamery, z níž jsme vybrali sérii fotek.

- **Alfa částice** – je jádro hélia vzniklé rozpadem nestabilního jádra atomů. Vznikne jádro, které má o dva protony a o dva neutrony méně. Námi zachycený snímek zobrazuje alfa částice na obrázku Obr.2, na obrázku Obr. 3 jsou zachyceny alfa částice „vystřelené“ z Americia.

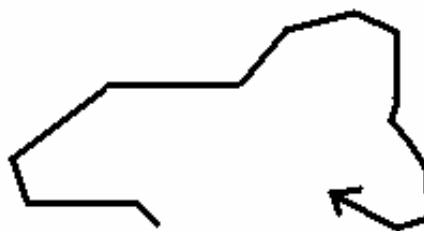


Obr. 2 Stopy alfa částic



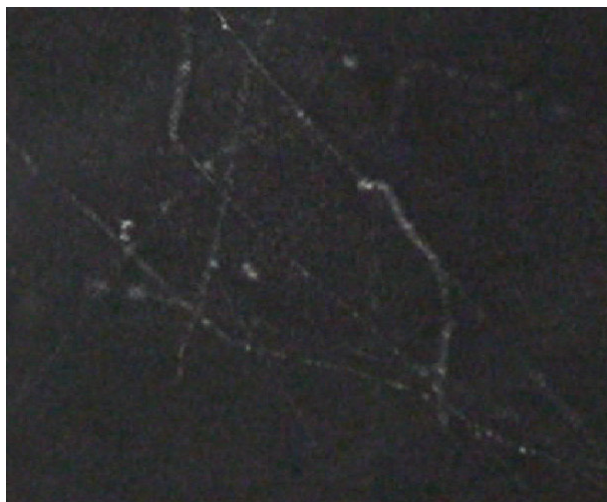
Obr. 3 Alfa částice z radioaktivního zářiče

- **Beta částice** – máme dva druhy: elektron a pozitron. Elektrony se označují β^- a uvolňují se při přeměně neutronů na proton podle rovnice: $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$. Pozitrony se označují β^+ a vznikají při přeměně protonů v jádře na neutrony podle rovnice: $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$. Pozorovaná dráha je na obrázku Obr.4.



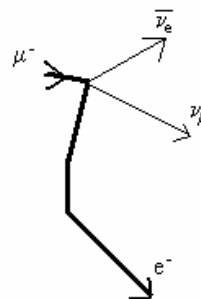
Obr. 4 Elektron

- **Protony** – jedna ze základních stavebních částic hmoty, jsou složeny ze tří kvarků (dva kvarky jsou up, jeden down). Na níže uvedeném obrázku Obr. 5 jsou dráhy protonů.



Obr. 5 Protony

- **Miony** – částice, které jsou těžké, záporně nabitě, patří do skupiny leptonů, stejně jako elektrony. Můžeme pozorovat jejich rozpad podle rovnice: $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$. Miony se rozpadají na neutrino a elektron. Neutrino jsou velmi lehká a nemají elektrický náboj, a proto je nemůžeme detekovat v mlžné komoře. Na obrázku Obr.6 pozorujeme rozpad mionu.

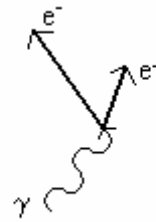


Obr. 6 Rozpad mionu

- **Gama záření** – je to vlnění, které přenáší foton. Foton nemá elektrický náboj, tudíž ho musíme detekovat pomocí sekundárních procesů. Jako zdroj vysokoenergetických gama fotonů byl použit kobalt. Tyto fotony mohou způsobit fotoefekt nebo Comptonův rozptyl (emise elektronu z atomového obalu), například obrázek Obr. 7. Dále se můžou konvertovat na elektron a pozitron (obrázek Obr.8). Při těchto procesech nám vznikají elektrony a pozitrony, které můžeme vidět v mlžné komoře.



Obr.7 Fotoefekt a Comptonův rozptyl



Obr.8 Konverze fotonu na elektron a pozitron

5 Závěr

Během miniprojektu jsme si vyzkoušely práci s mlžnou komorou, tj. princip mlžné komory, detekci jednotlivých druhů nejen elektricky nabitých částic (elektron, mion, proton a alfa částice), ale i nenabitých fotonů gama. Je neuvěřitelné, že tento způsob detekce částic byl znám už na začátku 20. století, a propos mlžná komora se využívá pro studijní účely dodnes.

Poděkování

V první řadě bychom chtěly poděkovat našemu supervisorovi Jaroslavu Adamovi, který náš celý miniprojekt vedl a ustavičně a trpělivě vysvětloval dané téma. Dále bychom chtěly poděkovat za organizaci Fyzikálního týdne Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT.

Reference

- [1] http://cs.wikipedia.org/wiki/Wilsonova_ml%C5%BEn%C3%A1_komora
- [2] <http://www.astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika2.htm>
- [3] <http://www.astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika5.htm>
- [4] <http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/dema/komora/>