

Difúzní mlžná komora

Kateřina Vlková*, Viktor Löffelmann**

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1

*katalyn@seznam.cz **loffelmann@centrum.cz

Abstrakt

Mlžná komora patří mezi nejstarší a nejjednodušší dráhové detektory ionizujícího záření. Cílem našeho projektu je seznámení s funkcí difúzní mlžné komory, její konstrukcí a s problémy, které mohou nastat při jejím uvádění do provozu.

1 Princip mlžné komory

Je to zařízení umožňující pozorovat trajektorie nabitých částic pouhým okem nebo fotograficky.

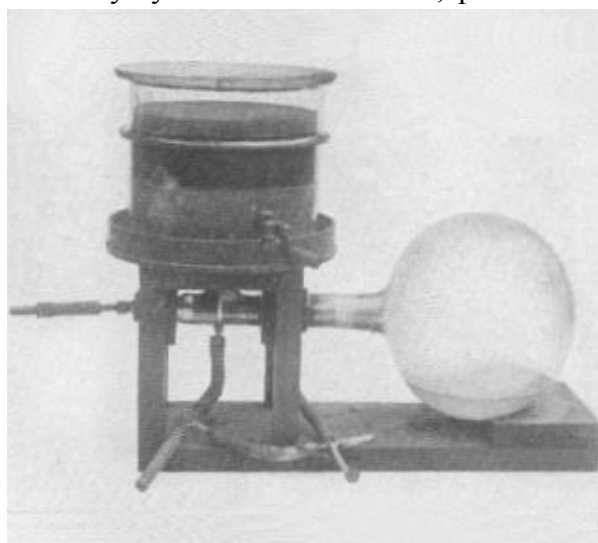
Detekce částic v mlžné komoře je založena na jevech probíhajících při kondenzaci páry. Za běžných podmínek pára smíšená se vzduchem kondenzuje při dosažení teploty nazývané rosný bod. To je umožněno přítomností kondenzačních jader, částic prachu, krystalů soli a iontů. Kondenzační jádra jsou schopna absorbovat kinetickou energii dopadajících molekul páry, umožňují nepružné srážky, které jsou nezbytné pro kondenzaci. Pokud vyčistíme vzduch od kondenzačních jader, pára se nezačne srážet ani při teplotách pod rosným bodem a vytváří se pára přesycená.

Nabité částice při průletu plynem ionizují molekuly plynu kolem své dráhy. Vzniklé ionty přitahují okolní neutrální molekuly a vytvářejí tak skupiny částic, které fungují jako kondenzační jádra. Pokud tento jev proběhne v přesycené páře, začne se kapalina podél dráhy původní ionizující částice srážet a vytvářet pozorovatelné kapky.

Pro tvorbu páry se nejčastěji používá isopropylalkohol nebo metanol. Mezi horní a spodní okraj komory se často připojuje čistící napětí, které odstraňuje ionizované částice.

První verzi mlžné komory sestavil v roce 1910 skotský fyzik C. T. R. Wilson, původně za účelem zkoumání atmosférických jevů. První pozorování drah nabitých částic uskutečnil v roce 1911. Za svůj vynález dostal v roce 1927 Nobelovu cenu za fyziku.

Wilson používal tzv. expanzní mlžnou komoru, v níž se přesycená pára vytváří ochlazením pomocí adiabatické expanze. Kvůli jednorázovému chlazení pracuje tato komora po krátkou dobu, respektive cyklicky. V roce 1936 byla koncepce mlžné komory zdokonalena Alexandrem Langsdorfem, který vynalezl nepřetržitě pracující difúzní mlžnou komoru. V ní pára difunduje od horního ohřívání okraje k ochlazenému dnu, kde vytváří podchlazenou vrstvu.



Obr. 1 Wilsonova mlžná komora

2 Pozorovatelné jevy

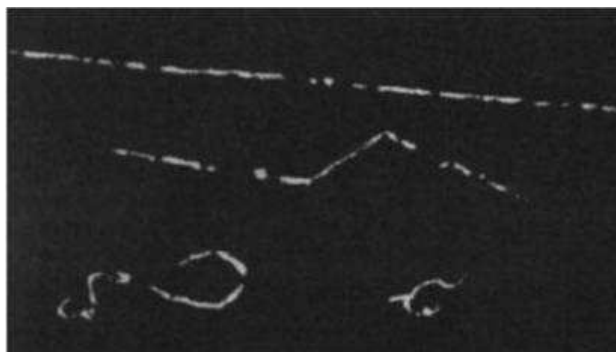
V mlžné komoře můžeme přímo pozorovat pouze nabitě částice. Částice bez náboje je možné zaznamenat prostřednictvím sekundárních jevů, srážek s atomy a molekulami ve vzduchu, při nichž vznikají nabitě částice.

Částice α (obr. 2) účinně ionizují plyn a tvoří krátké výrazné stopy. Vznikají převážně rozpadem radioaktivních jader přímo uvnitř komory, protože ve vzduchu uletí pouze několik centimetrů a zastavují se i o stěny komory.



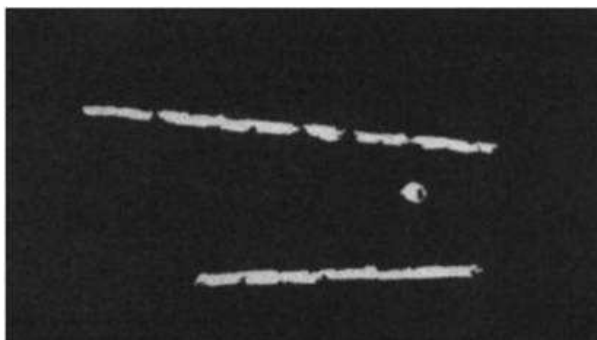
Obr. 2 Stopa vytvořená částicí α

Elektrony a pozitrony (obr. 3) vytvářejí dlouhé tenké stopy. Vznikají β -rozpadem jader i jako sekundární projevy kosmického záření. Elektrony s relativně nízkou energií se odrážejí od částic plynu a vytvářejí často mnohonásobně zalomené stopy. Pozitron byl objeven pomocí mlžné komory.



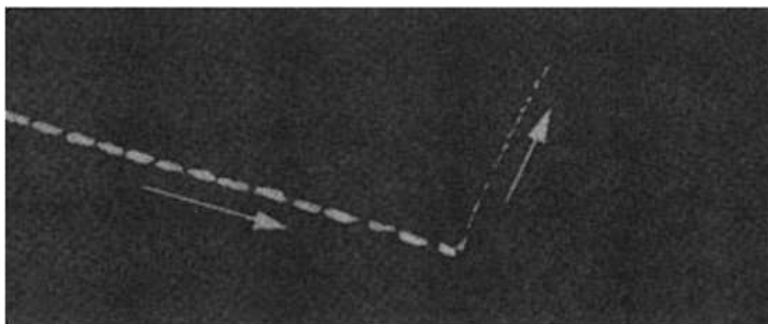
Obr. 3 Stopy elektronů a pozitronů

Stopy protonů (obr. 4) jsou dlouhé, přímé a silnější než stopy elektronů. Protony o různých energiích tvoří většinu kosmického záření, ostatní přirozené zdroje jsou vzácné.



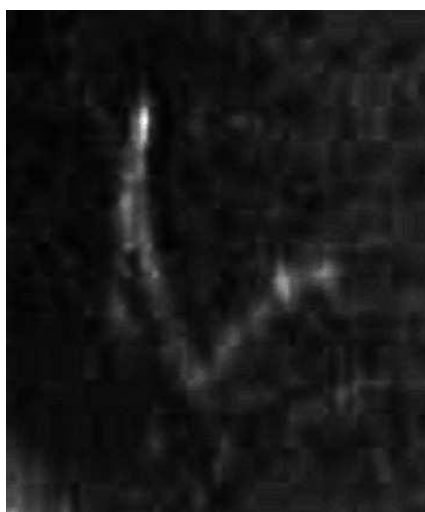
Obr. 4 Stopy protonů

Mion je další částicí, která byla objevena pomocí mlžné komory. Zdrojem mionů jsou spršky sekundárních částic, které vznikají srážkami vysokoenergetických protonů kosmického záření s molekulami atmosféry. Mion v klidu má poločas rozpadu v řádu mikrosekund, u těch rychlých se projevují relativistické efekty. Přesto můžeme vzácně pozorovat rozpad mionu (obr. 5), při kterém vzniká elektron, neutrino a antineutrino. Neutrino jsou bez náboje a nezanechávají v mlžné komoře stopy, přispívají však k celkové hybnosti produktů rozpadu. Pozorovaná stopa je proto zalomená.



Obr. 5 Rozpad mionu

Na obr. 6 pozorujeme sekundární částice (v tomto případě elektron a pozitron) vzniklé interakcí fotonu γ s atomem ve vzduchu. Samotné γ záření není v komoře pozorovatelné.



Obr. 6 Křeace páru elektron – pozitron

3 Konstrukce mlžné komory

K výrobě vlastní mlžné komory jsme použili skleněný box o výšce 25 cm, šířce 15 cm a tloušťce stěny 3 mm. U horní podstavy je připevněn molitan sloužící po navlhčení alkoholem jako zdroj par. Spodní otvor je zakryt tenkým ocelovým plechem, k němuž je přilepen čtverec černé tkaniny jako kontrastní pozadí pro pozorování. Okraje otvoru jsou utěsněny izolepou. K chlazení byl použit suchý led ve formě pelet. Zdrojem světla je reflektorová žárovka o příkonu 40 W, která v době před začátkem pozorování může sloužit jako ohřev molitanu s alkoholem. Při kratším pozorování to vzhledem k výšce komory není nutné. Mezi elektrodu na horní podstavě a spodní plechový kryt je možné připojit čistící napětí.



Obr. 7 Sestavená difúzní mlžná komora

4 Výsledky experimentu

V rámci experimentu jsme zkoušeli zprovoznit mlžnou komoru třikrát.

První pokus probíhal s ethanolem a nebyl úspěšný, pravděpodobně kvůli špatnému utěsnění komory.

Při druhém pokusu jsme použili opět ethanol. První mlžné stopy byly pozorovatelné po dvanácti minutách od uzavření, po dalších třech minutách opět zmizely. Bylo použito čistící napětí 36 V.

Při třetím pokusu jsme dostali příležitost použít čistý isopropanol. Tento pokus byl úspěšnější než předchozí dva. První stopy byly pozorovatelné přibližně po třech minutách a byly zřetelnější než při pokusech s ethanolem. Nebylo použito čistící napětí.

5 Závěr

Mlžnou komoru se nám podařilo uvést do provozu. Při nejúspěšnějším pokusu jsme pozorovali přibližně deset stop za minutu. Předpokládáme, že většina pozorovaných stop byla vytvořena částicemi α a protony, které zanechávají nejvýraznější stopy.

Nezaznamenali jsme žádný rozdíl v četnosti nebo zřetelnosti stop při použití čistícího napětí 36 V a bez něj. Zato byl patrný vliv použitého alkoholu. Bohužel zatím nemůžeme posoudit, jestli byl rozdíl způsoben různými chemickými vlastnostmi ethanolu a isopropanolu, nebo rozdílnou čistotou (ethanol byl denaturovaný).

6 Reference

- [1] U. Backmund, Anleitung zum Selbstbau einer kontinuierlichen Diffusions-Nebelkammer, 2007 www.physik.uni-wuerzburg.de/~wilhelm/arbeiten/Zula_Hauptteil.pdf
- [2] J. Burešová, Mlžná komora, <http://fyzweb.cuni.cz/dilna/vyvoj/mlzna/index.htm>
- [3] A. Foland, How to Build a Cloud Chamber, <http://w4.lns.cornell.edu/~adf4/cloud.html>