

Mlžná komora

J. Jedlička^{*}, M. Komínek^{**}, R. Novák^{***}

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

^{*}jedlous@gmail.com ^{**}l.barny@seznam.cz ^{***}d-ton@centrum.cz

Abstrakt

Metod detekce částic v současnosti existuje mnoho. Nejjednodušší z nich je mlžná komora, která přes svou jednoduchost vykazuje pozoruhodné výsledky. Náš projekt se pokouší přiblížit její historii, její nástupce a přinést účinný návod na její stavbu.

1 Historie vzniku mlžné komory

Roku 1880 skotský inženýr John Aitken vytvořil malé obláčky vodní páry pomocí metody, jež byla navržena ve Francii pány Coulierem a Mascartem. Voda se na Zemi vypařuje po ohřátí sluncem – některé vodní molekuly získají dostatek energie k tomu, aby se oddělily od vodního povrchu a rozptýlily se ve vzduchu. Některé z těchto molekul potom vstupují do vyšších vrstev atmosféry, kde je vzduch chladnější. Jak teplota klesá, molekuly ztrácejí svou energii a kondenzují na částicích atmosféry – tvoří se mraky. Aby Aitken napodobil vznik mraků v přírodě, nalil trochu vody na dno skleněné nádoby a počkal, až se vzduch v ní vyplní molekulami vody. Poté vzduch náhle ochladil pomocí expanze. V normálním vzduchu expanze způsobila kondenzaci vodních par, a tedy vznik obláčků, zatímco ve filtrovaném vzduchu k tomuto jevu nedocházelo. Obláčky vznikají, když vodní páry, jež jsou rozptýleny ve vzduchu, kondenzují na drobné kapičky vody. To se dělo na malých prachových částicích. Ve vyčištěném vzduchu bez prachu tedy ke kondenzaci nedocházelo. Aitken ve svém experimentu ukázal, že pomocí expanze lze ve vzduchu obsahujícím tzv. kondenzační jádra, jako jsou např. částičky prachu, vytvořit obláčky páry. Čím více prachu ve vzduchu je, tím větší množství obláčků vzniká.

Studiem Aitkenovy metody se dále zabýval Charles Thomson Rees Wilson, avšak používal mnohem větší expanze vzduchu. Tak došel k nečekanému objevu. Pokud zvětšil objem o více než $\frac{1}{4}$, registroval malé kapičky zkondenzované páry, i když ve vzduchu nebyly žádné částičky prachu. Myslel si, že kapičky by mohly kondenzovat na nabitých částicích (iontech), stejně jako je tomu u prachových částiček, přičemž ale ionty mohou existovat i ve filtrovaném vzduchu.

Aby se o tom přesvědčil, zkusil vystavit vzduch v komoře působení rentgenových paprsků, jež byly objeveny roku 1895 Wilhelmem Röntgenem. Normálně v mlžné komoře nevznikaly téměř žádné kapičky při expanzi nižší než 1,25. Za přítomnosti rentgenových paprsků však vznikalo velké množství kapek tvořících hustou mlhu. Přítomnost rentgenových paprsků způsobovala vznik kondenzačních jader v komoře. Wilson vyzkoušel expanzi i 30 sekund po vypnutí rentgenového zdroje, ale získal stejné výsledky jako bez jeho použití. Z toho usoudil, že rentgenové paprsky produkují větší množství jader, jež se přirozeně vyskytují ve vzduchu. Aby prokázal, že kondenzační jádra jsou nabitě částice, vytvořil kolem komory elektrické pole. Zpozoroval, že i slabé pole odstraní ionty tak rychle, že se nevytvoří žádná mlha. Wilson tak dokázal, že vzduch kolem



Obr. 1 Wilsonova mlžná komora [2]

nás je mírně ionizovaný a považoval to za jeho přirozenou vlastnost. Až roku 1912 Victor Franz Hess zjistil, že atmosférický náboj je způsoben kosmickým zářením.

Roku 1910 se Wilson rozhodl využít svou kondenzační aparaturu ke zviditelnění drah pohybujících se ionizujících částic. Pohybující se ionizující částice za sebou zanechává stopu iontů, takže následná expanze způsobí kondenzaci na těchto iontech a zviditelní tak dráhu, po níž se částice pohybovala. Wilson tedy sestavil novou mlžnou komoru a na jaře 1911 představil Královské společnosti své první fotografie.



Obr. 2 Stopy částic [3]

2 Další vývoj metody

Bublinková komora

Koncept mlžné komory začal postupně zastarávat s bouřlivým rozvojem urychlovačů částic v 50. letech – ty byly schopny dodávat experimentu částice každé dvě sekundy, zatímco mlžná komora potřebovala na kompresi a dekompresi dvě minuty.

Byl potřeba detektor schopný zaznamenat vysoce energetické částice a zároveň pracující rychle. To dokázaly bublinkové komory. Pracovaly na principu udržování vody při vysokém tlaku blízko bodu varu. Při sebemenším snížení tlaku by voda přešla do varu. Pokud je ale ono snížení provedeno dostatečně rychle, voda se do varu nedostane a nastává tzv. fáze přehřáté kapaliny. Při sebemenším podnětu přechází do varu – tím je detekovaná částice vstupující v kritický moment do komory. Ta způsobí podél své dráhy ionizaci atomů, proces varu a tím pádem vznik bublinek, které je možno vyfotografovat. Okamžité obnovení tlaku nastolí opět počáteční podmínky a komora je připravená detekovat další částici. Celá operace trvá přibližně sekundu.

Jiskrová komora

Jednou z hlavních nevýhod bublinkové komory byla nutnost, aby do ní částice vstoupila přesně v kritický moment, trvající jen několik milisekund.

Základní model jiskrové komory se skládá z paralelně uspořádaných tenkých kovových desek, vzdálených od sebe jen několik milimetrů. Desky jsou umístěny v inertních vzácných plynech (např. neon). Prolétávající nabitá částice za sebou zanechává stopu ionizovaného plynu. Jakmile prolétne, přivede se do plátů vysoké napětí, jehož vlivem vzniknou podél ionizovaných drah jiskry.

Nahrazení kovových plátů systémem paralelních vodivých vláken ukázalo nové možnosti zpracování dat - údaj o tom, mezi kterými vlákny přeskočila jiskra, poskytl okamžitě informaci o trajektorii částice s milimetrovou přesností.

Drátěné jiskrové komory dokáží pracovat tisíckrát rychleji než bublinkové komory.

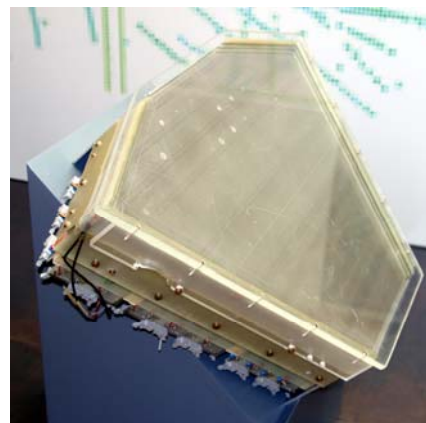
V 60. letech 20. století umožňovaly jiskrové komory rychlý sběr dat z mnoha konkrétních interakcí. Bublinkové komory v tomto období naproti tomu poskytovaly mnohem komplexnější obraz událostí.



Obr. 3 Jiskrová komora [4]

Driftová komora

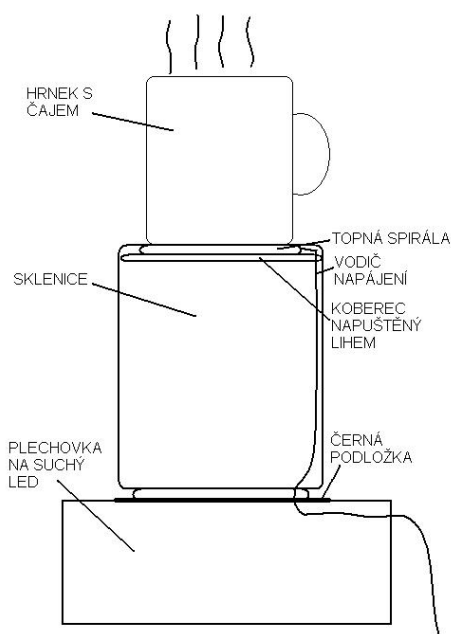
Základní myšlenkou driftové komory je měření času, a pomocí toho i polohy jednotlivých událostí. Komora se skládá z plátů vyplněných paralelními vodiči, z nichž však některé slouží k rozdělení celého prostoru na jakési pododdíly samostatné komory. Každá buňka hrála roli samostatného detektoru, ve kterém elektrické pole nasměrovalo elektrony vzniklé ionizací na centrální detekční vlákno. Čas, který elektron potřeboval k dopadu na vlákno, bylo možno jednoduše převést na vzdálenost, kterou musel urazit. Přesnost takové techniky detekce byla 50 mikrometrů.



Obr. 4 Část driftové komory [5]

3 Náš konstrukční postup

Naši mlžnou komoru jsme sestavili z těchto komponent: zavařovací sklenice, menší kousek koberce, odporový drát, černá podložka, malá plechovka na bonbóny. Komoru jsme sestavili přesně podle obrázku napravo. Do plechovky jsme umístili suchý led, který měl páry lihu klesající dolů zchladit a vytvořit páry nasycené. V těch by se podle předpokladu zobrazily stopy prolétajících částic. Lihové páry v této konstrukci zajišťuje lihem napuštěný a odporovým drátem zahříváný koberec. Hrnek s čajem měl toto ohřívání z počátku pouze podpořit, nicméně se ukázalo, že typ použitého drátu není pro tento účel příliš vhodný, a tak se stal hrnek hlavním topením. Sklenici jsme utěsnili plastelínou. Nejdříve jsme použili plastelínu čínské výroby, ovšem ta se hodí jen na modelování prasátek. Museli jsme proto sehnat kvalitnější domácí plastelínu.



Obr. 5 Náskres naší mlžné komory

4 Výsledky a závěr

Závěrem musíme přiznat, že naše konstrukce nebyla příliš účinná a žádné stopy částic jsme bohužel nepozorovali. Později nám bylo prozrazeno, že náplní mlžných komor nebývá běžný syntetický líh, ale speciální kapalina. Z toho usuzujeme, že náš neúspěch byl nejspíše způsoben špatně zvolenou kapalinou. Toto zjištění ještě prověříme v dalším semestru. Nejdůležitějším poznatkem tak pro nás zůstal fakt, že mlžnou komoru nedokáže postavit každý domácí kutil, jak jsme si mysleli, anebo nejsme domácí kutilové.

Reference

- [1] http://www-outreach.phy.cam.ac.uk/camphys/cloudchamber/cloudchamber_index.htm
- [2] http://www.daviddarling.info/encyclopedia/C/cloud_chamber.html
- [3] <http://www.technorama.ch/Image-Gallery.217.0.html?&L=1>
- [4] [http://hosting.zkm.de/icon/picture\\$96](http://hosting.zkm.de/icon/picture$96)

- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Wire_chamber
- [6] <http://scienceworld.cz/fyzika/casticova-fyzika-historie-detektoru-mlzna-bublikova-a-jiskrova-komora-475>
- [7] http://njsas.org/projects/atoms/cloud_chamber/cache/cloud.html
- [8] <http://fyzweb.cuni.cz/dilna/vyvoj/mlzna/index.htm>