

Detekce částic v mlžné komoře

O. Schreiber, D. Mihatsch*

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1
schreon1@fjfi.cvut.cz, *mihatdan@fjfi.cvut.cz

Abstrakt

Pokusili jsme se sestavit difúzní mlžnou komoru, zařízení umožňující detekovat nabitě částice prolétávající prostorem. S jeho pomocí lze rovněž studovat dráhu pohybu těchto částic a zkoumat jejich vlastnosti. Komora pracuje na principu kondenzace par a vzniku viditelných kondenzačních stop.

1 Úvod

Na konci devatenáctého a začátku dvacátého století došlo k největším objevům na poli fyziky mikrosvěta, radioaktivity a ionizujícího záření. Teoretické výpočty a modely chování různých subatomárních částic šly ruku v ruce s experimentálními, často náhodně získanými poznatky. Tyto částice však byly jen těžko představitelné. Není proto divu, že vznikala zařízení, která tyto částice zviditelňovala.

2 Teorie

Jestliže chceme elementární částice detekovat, je příhodné je rozdělit do dvou skupin na nabitě a nenabitě. Nabité částice lze detekovat mnoha různými metodami (viz níže), které umožňují nejen zjistit přítomnost dané částice, ale často i zkoumat její chování v daných podmínkách. Ze získaných poznatků lze následně vyvozovat její vlastnosti. Naopak nenabitě částice lze detekovat pouze nepřímo skrze jejich rozpady a interakce s jinými částicemi.

2.1 Metody detekce nabitých částic

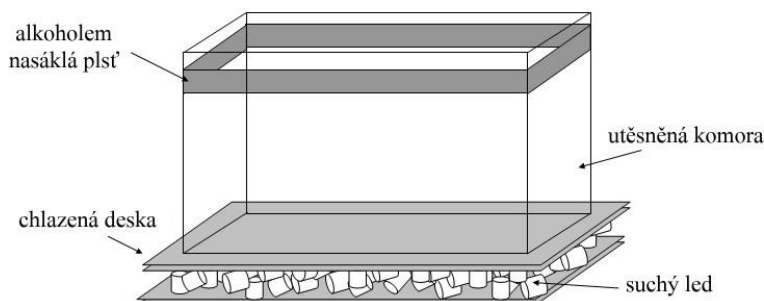
Jedním z nejstarších způsobů detekce nabitých částic je fotografická deska, která reaguje na ionizující záření. Mnohem pokročilejším nástrojem detekce ionizujícího záření používaným dodnes je Geiger-Müllerova trubice. Dalším způsobem detekce jsou scintilační čítače pracující na principu excitace elektronů do vyšších stavů a následném vyzáření fotonu nebo mlžné komory umožňující zaznamenat celou dráhu částice. Jedním z nejmodernějších typů detektorů jsou kalorimetry, které zachycují ztrátu energie částice při průchodu materiálem. Právě kalorimetry jsou v současné době v kombinaci s jinými detektory používány ve velkých částicových experimentech.

2.2 Historie mlžných komor

Nejstarším typem mlžné komory je expanzivní mlžná komora vynalezená roku 1910 Charlesem T. R. Wilsonem, která k vytvoření přesycených par, díky nimž jsme schopni částice pozorovat, využívá adiabatickou expanzi. Výrazně praktičtější je difúzní mlžná komora, kterou poprvé sestrojil Alexander Langsdorf v roce 1936. Její způsob fungování umožňuje dlouhodobé pozorování a pro svůj experiment jsme si ji vybrali i my. Její princip je popsán níže. Dalšími typy jsou bublinková mlžná komora využívající k detekci přehřátou kapalinu, v níž vzniká v místě průchodu částice lokální var nebo jiskrová mlžná komora, kde průlet částice inertním plynem vyvolává překročení průrazného napětí na elektrodách a vzniku jiskrového výboje.

2.3 Princip difúzní mlžné komory

Na rozdíl od expanzivní mlžné komory využívá difúzní mlžná komora namísto vodních par páry alkoholu pro jejich nízkou teplotu odpařování. Horní část komory je zahřívána, čímž je urychleno odpařování alkoholu. Naopak v dolní části je umístěno chlazení, které způsobuje, že páry v dolní části dosáhnou rosného bodu a vznikají nasycené páry. Při dalším ochlazení tyto páry kondenzují na kondenzačních jádrech a prachových částicích.



Obr. 1: Základní schéma difúzní mlžné komory [8]

Když komorou prolétne nabitá částice, dojde k ionizaci prostředí komory. Vzniklé ionty následně vytvoří kondenzační jádra, na nichž začnou páry kondenzovat a dráha částice se tak zviditelní. Obdobný jev probíhá např. v atmosféře při průletu letadel.

2.4 Využití

Přestože může na první pohled mlžná komora působit spíše jako hračka, umožňuje skutečné vědecké pozorování. Jestliže např. v mlžné komoře vytvoříme magnetické pole, můžeme na základě pozorování dráhy částice určit její rychlost a hybnost, z čehož se dá snadno dopočítat její hmotnost. Tímto způsobem lze danou částici identifikovat. Mlžné komory vedly mimo jiné k objevu dvou nových elementárních částic a to pozitronu (Anderson - 1932) a mionu (Anderson, Neddermeyer - 1937).

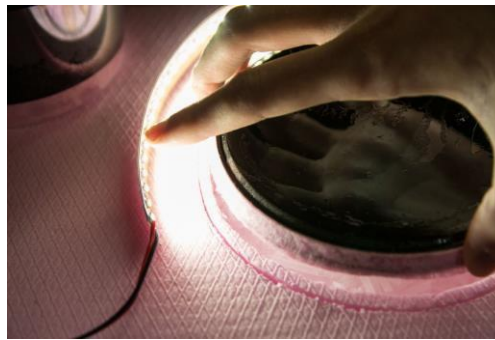
3 Konstrukce naší komory

Nechali jsme se inspirovat mnoha mlžnými komorami z internetu. Jako chladicí médium jsme zvolili suchý led. Ten jsme umístili do bloku extrudovaného pěnového polystyrenu kvůli tepelné izolaci. Těsně nad suchý led jsme instalovali samotnou desku, nad níž se mají tvořit stopy, v podobě plechového víka ($\varnothing = 14$ cm) běžné kuchyňské plechové dózy.

Víko bylo částečně v přímém kontaktu s chladičem. Plech jsme zvolili k maximalizaci

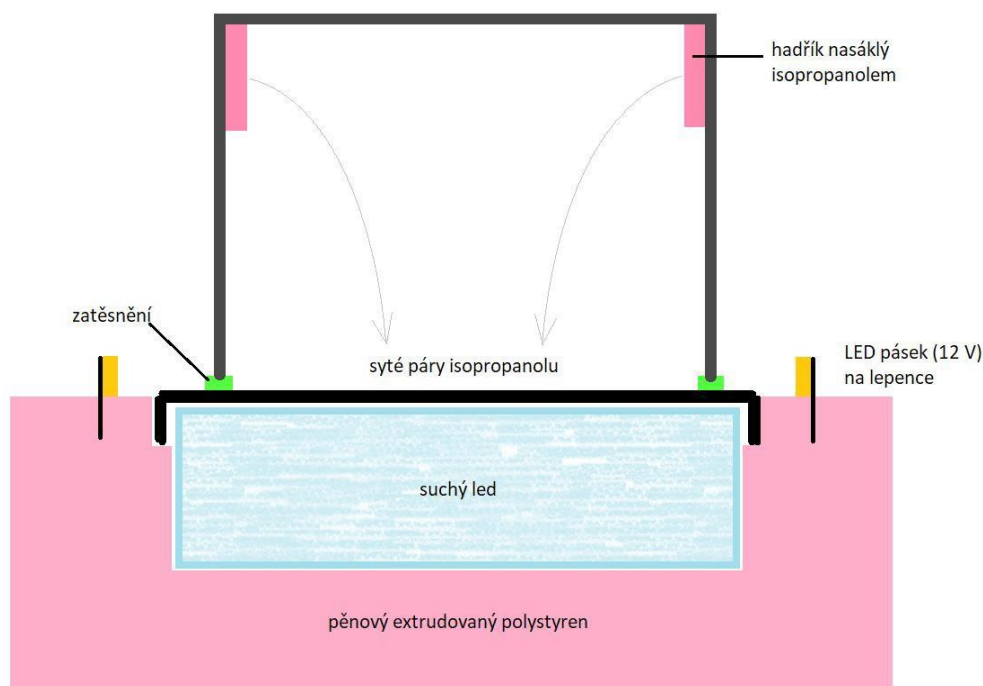


Obr. 2: Díra pro suchý led



Obr. 3: Usazení černé plechové podložky

tepelného toku k chladiči, respektive chlazení desky a par nad ní, pro jeho tepelnou vodivost. Víko jsme navíc shora nastříkali černým sprejem, aby byly bílé stopy drah dobře vidět.



Obr. 4: Schéma konstrukce naší mlžné komory

Na černé víko jsme položili poklop – čirou plastovou dózu na potraviny. Většina takových dóz je vyrobena z polypropylenu, který je mléčný a má velmi nedokonalé optické vlastnosti. Naše proto byla z polystyrenu, který je tvrdší, tvarově dokonalejší a čirý. Dovnitř po obvodu stěny u dna jsme nalepili vteřinovým lepidlem nasáklý textilní proužek (prstenec), který jsme vždy těsně před provedením experimentu prosytili isopropylalkoholem, jehož páry jsou pro funkci komory nejlepší.

Protože rozdíl teplot uvnitř pod poklopem a vně je z principu velký, bylo třeba zatěsnit okraj dózy, aby neunikalo teplo a pára dovnitř, ani ven. Natřeli jsme proto okraj poklopu indulonou, čímž po umístění na černý poklop eliminujeme jakékoli netěsnosti.

Na závěr jsme nainstalovali osvětlení komory, a to zejména v prostoru těsně nad chlazeným plechem, kde má docházet ke vzniku stop. Cílem bylo co nejvíce osvětlit tento prostor a zároveň co nejméně svítit (buď odrazem od stěn) na černou desku pro zachování kontrastu. Použili jsme 12 V LED pásek o výkonu 9,6 W/m, který jsme nalepený na lepenku zasadili do polystyrenu kolem dokola poklopu, resp. černého plechu a napájeli stolním zdrojem stejnosměrného napětí.



Obr. 5: Zatěsnění mastí

4 Pozorování

Když bylo vše připraveno, nasypali jsme suchý led do polystyrenu, přiklopili černým víkem, prosytili hadřík a přiklopili dózou, připojili LED pásek ke zdroji a čekali na první stopy. Prakticky okamžitě lze pozorovat mikrokapičky zkondenzované páry na prachových částicích pomalu padající k chlazenému plechu. Tyto postupně ubývají, neboť prach spadne a dál už se prakticky netvoří. Zároveň páry kondenzují na podchlazeném plechu vytvářením postupně se zvětšujících kapek až do té míry, že je po čase plech souvisle mokrá.

Abychom podpořili vypařování alkoholu, zahřívali jsme horní část plastové dózy (dno) rukama a poté i kádinkou s horkou vodou na ní položenou. Přes to všechno jsme bohužel nezaznamenali žádné stopy prolétávajících částic. Zkusili jsme vložit do komory i slabý zdroj β^- záření. To však nepřineslo žádnou změnu.

Průběh experimentu jsme fotografovali a natáčeli. Na jednom záběru komorou něco rychle prolétlo. Nevylučujeme sice, že šlo o průlet vysoce energetické nabitě částice (mionu/protonu), ale tento průlet se příliš nepodobal průletu takových částic, které jsou k dispozici na YouTube. O co šlo nám není jasné.



Obr. 6: Neidentifikovaný průlet

5 Shrnutí

Našeho cíle, tedy pozorovat dráhy nabitých částic prolétávajících námi sestrojenou difúzní mlžnou komorou, jsme bohužel nedosáhli. Nabyli jsme však spoustu vědomostí týkajících se mlžných komor a podařilo se komoru postavit, vypořádat se s několika problémy. Věříme, že náš model by bylo možné zdokonalit k funkčnosti. Je možné, že by pomohlo umístit komoru do elektrického pole, které v podobných provedeních komory eliminuje výskyt prachu. Rovněž bychom mohli nahřívát hadřík s isopropanolem odporovým drátem a podpořit tak vypařování.

6 Poděkování

Děkujeme Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za pomoc, poskytnutí místnosti, pomůcek a zprostředkování grantu.

Reference

- [1] kol. autorů, *Particle detector*,
https://en.wikipedia.org/wiki/Particle_detector
- [2] kol. autorů, *How a detector works*,
<https://home.cern/about/how-detector-works>
- [3] C. O'Luanaigh, *How to make your own cloud chamber*. <https://home.cern/students-educators/updates/2015/01/how-make-your-own-cloud-chamber>
- [4] A. Baďura, *Mlžná komora s termoelektrickým chlazením*,
<https://socv2.nidv.cz/archiv38/getWork/hash/584c877e-c1de-11e5-98b3-faa932cbcfda>
- [5] P. Kučera, *Možnosti experimentů s difúzní mlžnou komorou*,
<https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/5386/1/DP.pdf>
- [6] J. Reichl, M. Všeticka, *Wilsonova mlžná komora*,
<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/847-wilsonova-mlzna-komora>
- [7] P. Motal, M. Veselý, *Mlžná komora*,
<http://tydenvedy.fjfi.cvut.cz/2007/cd/MFR/mfr-mlzkom.pdf>
- [8] anonym, *Is it possible to create an enclosed manmade weather system?*,
<https://earthscience.stackexchange.com/questions/2814/is-it-possible-to-create-an-enclosed-manmade-weather-system>