

# Mlžná komora

Samuel Butta (Akademické gymnázium Štěpánská, Praha 1, [samueleus0007@gmail.com](mailto:samueleus0007@gmail.com))

Lukáš Folwarczny (Gymnázium Komenského, Havířov, [lfolwarczny@gmail.com](mailto:lfolwarczny@gmail.com))

Ondřej Kadlec (Gymnázium Trutnov, [ondra3.k@seznam.cz](mailto:ondra3.k@seznam.cz))

Filip Peloušek (Gymnázium Vyškov, [pod96@seznam.cz](mailto:pod96@seznam.cz))

## Abstrakt

Světlem panuje skálopevné přesvědčení, že pro lidské oko není možné pozorovat jednotlivé částice pro jejich miniaturní rozměry. Existuje však zařízení umožňující pouhým okem pozorovat trajektorie jednotlivých částic. Jedná se o mlžnou komoru a náš miniprojekt si dal za cíl mlžnou komoru uvést do provozu, znovuobjevit některé elementární částice a provést několik měření.

## 1 Úvod

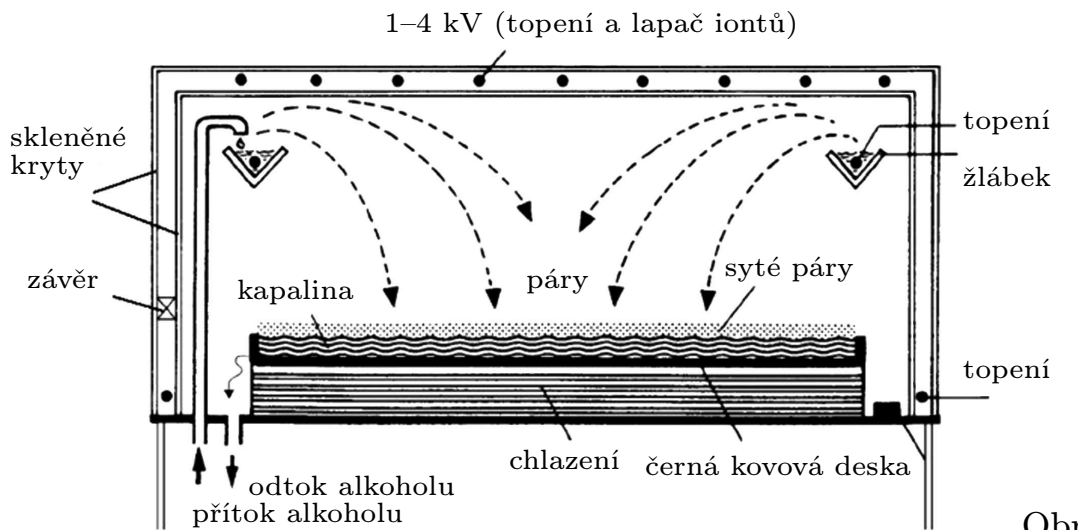
Roku 1911 vynalezl C. T. R. Wilson mlžnou komoru. Zařízení, které mělo původně sloužit k meteorologickému výzkumu, umožnilo pozorovat trajektorie nabitých částic a znamenalo tak průlom v částicové fyzice. S mlžnou komorou potvrdil Carl Anderson existenci pozitronu (1932, byl předpovězen Paulem Diracem v roce 1928) a objevil mion (1936). Vynález mlžné komory i objevy nových částic byly oceněny Nobelovou cenou. Roku 1936 vynalezl Alexander Langdorf konstrukčně jednodušší difúzní mlžnou komoru. Mlžné komory byly postupně nahrazeny dokonalejšími detektory, jako jsou bublinkové a jiskrové komory, mlžné komory slouží v současnosti především k demonstračním účelům.

V rámci našeho miniprojektu jsme uváděli do provozu difúzní mlžnou komoru a prováděli s ní základní experimenty a měření.

## 2 Princip mlžné komory

Existují dva typy mlžných komor – expanzní a difúzní. V obou případech je aktivní prostor komory vyplněn podchlazenou parou. Expanzní mlžná komora docílí přítomnosti podchlazené páry adiabatickou expanzí, zatímco difúzní využívá vnějšího chlazení. Výhodou difúzní mlžné komory je schopnost udržet aktivní prostředí podstatně delší dobu.

Podchlazená pára se nezačne srážet bez přítomnosti tzv. kondenzačních jader. Kondenzačními jádry jsou obvykle prachové částice, ale mohou jimi být i ionty (tuto vlastnost objevil v roce 1897 právě Wilson). Základní princip difúzní mlžné komory spočívá v tom, že při dně mlžné komory je médium (nejčastěji nějaký alkohol) prudce ochlazováno, kapičky, které vzniknou na kondenzačních jádrech, spadnou na dno komory i s kondenzačními jádry. Atmosféra uvnitř komory se postupně čistí od kondenzačních jader. V dostatečně čisté atmosféře zafungují jako kondenzační jádra nabitě částice, které vznikají podél trajektorií prolétajících částic. Při vhodném osvětlení vzniká pozorovatelná stopa.



Obrázek 1: Schéma difúzní mlžné komory, převzato z [1]

### 3 Měření a pozorování

#### 3.1 Použitá komora

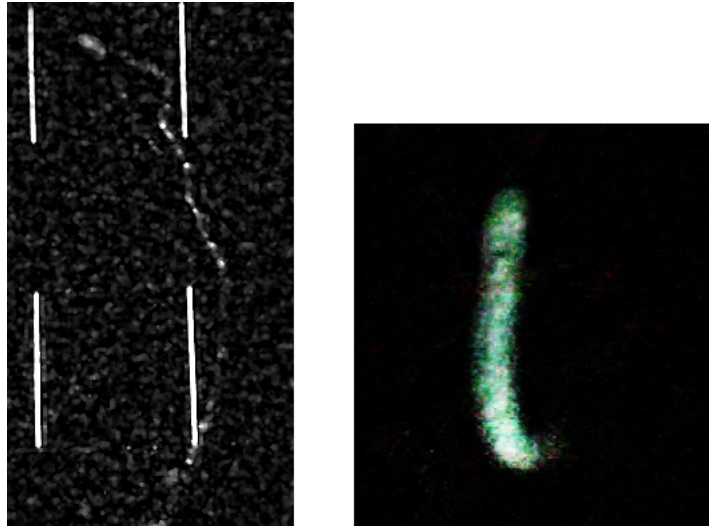
Mlžná komora, kterou jsme používali měla čtvercovou podstavu o hraně 20 cm a výšku 25 cm. Chladicím médiem byl suchý led (bod tání  $-79^{\circ}\text{C}$ ), použitým alkoholem byl isopropanol, pro lepší pozorovatelnost stop jsme mlžnou komoru nasvětlovali. Stopy uvnitř komory jsme nahrávali na digitální kameru, záznamy jsme rozložili na jednotlivé snímky. Zprůměrováním snímků jsme vytvořili snímek reprezentující pozadí, tento snímek jsme ode všech snímků odečetli pro zvýraznění stop, tyto zvýrazněné snímky používáme i v tomto příspěvku.

Pro zefektivnění komory jsme používali tzv. čisticí napětí, které jsme vedli mezi drátem vedoucím podél obvodu horní části komory a měděným dnem. Má se jednat o vysoké napětí, k dispozici jsme měli Wimshurstovu indukční elektriku. Tento přístroj s ručním pohonem generuje výboje o napětí až desítek kilovoltů, určit napětí vyvolávané při připojení ke komoře by bylo velmi obtížné.

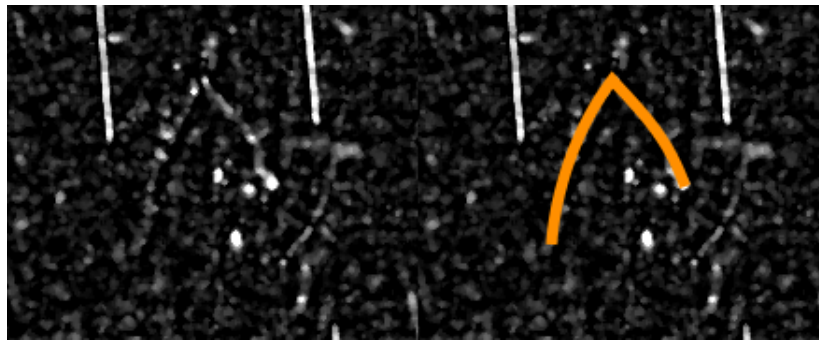
U některých měření jsme pod komoru dali feritový magnet za účelem stočení trajektorie částic, změřená indukce magnetu byla 0,15T.

#### 3.2 Efektivita použití čisticího napětí

Dle našich informací se ještě nikdo na fakultě nepokusil změřit, jaký skutečný vliv toto čisticí napětí má na četnost pozorovaných stop. Provedli jsme dvě nezávislá měření, v každém měření jsme natočili minutový záznam bez použití Wimshurstovy elektriky a minutový záznam s ní. Celkem jsme získali 4 minutová videa. Na videích bez elektriky bylo celkem 20 zřetelných stop, s elektrikou 55 stop. Byl tedy ověřen kladný vliv čisticího napětí na kvalitu pozorování.



Obrázek 2: Srovnání stop částic  $\beta$  (vlevo) a částic  $\alpha$



Obrázek 3: Nadějný kandidát na kreaci elektron-pozitronového páru

### 3.3 Pozorování částic přirozeného pozadí

Na Zemi se vyskytuje široké spektrum ionizujícího záření, záření  $\alpha$  (obvykle z pozemských radionuklidů) je zářením těžkých částic (jádra helia) a zobrazuje se jako široká stopa, záření  $\beta$  (často kosmického původu) lze pozorovat jako stopy úzké, srovnání nabízí obrázek 2.

### 3.4 Kobalt 60

V mlžné komoře jsme pozorovali projevy záření kobaltu s nukleonovým číslem 60, který podléhá gama rozpadu s energiemi fotonů 1.17 a 1.33 MeV, tato energie by měla stačit ke vzniku elektron-pozitronového páru, který by se měl v mlžné komoře projevit jako dvojice stop se shodným počátkem.

Pozorovali jsme zvýšené množství stop, z nichž většina neodpovídala popisu kreace elektron-pozitronového páru. Soudíme, že šlo o elektrony urychlené rozptylem gama fotonů. Bylo zaznamenáno několik stop vidlicovitého tvaru (viz obrázek 3), které ovšem nepřicházely přednostně ze směru, v němž byl umístěn zářič. Není proto jisté, zda tyto stopy odpovídaly kreaci páru.

### 3.5 Měření v magnetickém poli

Přítomnost magnetického pole v mlžné komoře umožňuje za jistých okolností změřit energie prolétávajících částic. Na tyto částice působí Lorenzova síla, díky které mají jejich trajektorie v ideálním případě tvar kružnice. Poloměr této kružnice je dán vztahem

$$r = \frac{p}{qB},$$

kde  $p$  je relativistická hybnost částice,  $q$  náboj a  $B$  magnetická indukce. Poloměr trajektorií lze změřit ze získaných snímků, indukci známe a náboj konkrétní částice lze získat z tabulek. Celkovou energii lze dopočítat na základě hybnosti podle vztahu

$$E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4.$$

V rámci této práce byly změřeny energie několika pozorovaných částic, jednalo se o elektrony o energiích od 0.9 do 2.3 MeV. Tyto poměrně vysoké energie ukazují na kosmický původ elektronů.

Pro experimentování s jinou indukcí magnetu jsme jej zahrabali pod vrstvu suchého ledu, abychom určili indukci v komoře, použili jsme známý vzorek – stroncium 90. Indukce byla tímto způsobem spočtena jako 0.0255 T.

## 4 Shrnutí

V rámci miniprojektu se nám podařilo zprovoznit amatérskou mlžnou komoru. S využitím této komory jsme ověřili kladný vliv čistícího napětí na viditelnost stop, dále jsme změřili energie částic příslušejících několika těmto stopám. Nakonec se podařila kalibrace magnetického pole pomocí  $\beta$  zářiče se známou energií. Ukázalo se, že hodnota indukce byla překvapivě nízká, jako motivaci do budoucna vidíme využití Helmholtzových cívek, které by umožnily plynulou regulaci intenzity magnetického pole.

## Poděkování

Děkujeme našemu garantovi Viktoru Löffelmannovi za laskavé vedení projektu a poskytnutí mlžné komory, rovněž děkujeme organizátorům Týdnu vědy za zajištění potřebného prostředí pro miniprojekt.

## Reference

- [1] P. Motal, M. Veselý. *Mlžná komora*. Rozhledy matematicko-fyzikální. 2007.
- [2] Wikipedia the free encyclopedia. *Cloud chamber*. [http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud\\_chamber](http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_chamber). [19. 6. 2012].
- [3] Viktor Löffelmann. *Mlžná komora*. <http://kmlinux.fjfi.cvut.cz/~loffevik/komora/>. [19. 6. 2012]