

# Mlžná komora

D. Gurková \*\*, J. Schäfer \*\*\*, A. Hrubá \*, M. Marko \*,  
M. Fürstová \*\*

\*Gymnázium Bučovice, Součkova 500, Bučovice 685 01

\*\*Gymnázium Vyškov, Komenského náměstí 16, Vyškov 682 01

\*\*\*Gymnázium Zlín, Lesní čtvrť 1364, Zlín 761 37

[D.gurkova@seznam.cz](mailto:D.gurkova@seznam.cz) , [Hruba-anna@seznam.cz](mailto:Hruba-anna@seznam.cz) ,  
[999.999@seznam.cz](mailto:999.999@seznam.cz) , [Marko39@seznam.cz](mailto:Marko39@seznam.cz) ,  
[moncafurstova@seznam.cz](mailto:moncafurstova@seznam.cz)

## Abstrakt:

Práce se zabývá měřením hybností nabitých částic pomocí difúzní mlžné komory. Hybnost jsme odvozovali ze stáčení drah částic v homogenním magnetickém poli. Změřili jsme parametry třinácti stop a u některých jsme se pokusili identifikovat typ částice.

## 1 Úvod

Mlžná komora je zařízení umožňující pozorovat trajektorie nabitých částic pouhým okem nebo fotograficky. Je to jeden z nejstarších dráhových detektorů ionizujícího záření. Pracuje na principu podchlazení alkoholové páry a pozorování stop vzniklých na iontech zanechaných nabitými částicemi prolétajícími touto parou. Toto jednoduché zařízení umožňuje rozlišit některé typy pozorovaných částic na základě tloušťky a délky stop. Po vložení do magnetického pole dojde k zakřivení trajektorií částic, což můžeme využít k určení hybnosti částic a posléze i jejich energie.

## 2 Materiály a pomůcky

Komoru o podstavě  $25 \times 25$  cm s výškou 30 cm jsme vyhřívali topením o výkonu 15 W. Osvětlení tvořilo deset vysoce svítivých bílých LED diod.

Pro pozorování v mlžné komoře je vhodné užití izopropylalkoholu (propan-2olu) jako pracovní kapaliny. Izopropylalkohol má totiž relativně nízkou ionizační energii, díky čemuž jsou pozorované stopy výraznější, navíc nedochází k leptání komory, jak tomu například je u methanolu či ethanolu. Pro chlazení bylo použito suchého ledu (lisovaný  $\text{CO}_2$ ), jelikož vysoce efektivně chladí na velice nízkou teplotu.

Pro měření parametrů částic jsme použili permanentní feritový magnet o výrobcem udávané remanenci 0,37 T při horizontálních rozměrech  $10 \times 15$  cm. Remanenci jsme si ověřili rovnou

dvěma metodami, měřením pomocí Hallovy sondy a měřením síly odtržení od feromagnetické podložky.

### 3 Metody měření

Na nabitě částice pohybující se v magnetickém poli působí Loretzova síla, která způsobuje stáčení jejich dráhy v rovině kolmé na vektor magnetické indukce. Částice opisují kružnice nebo šroubovice, přičemž poloměr  $r$  jejich stáčení závisí na hybnosti částic  $p$  vztahem

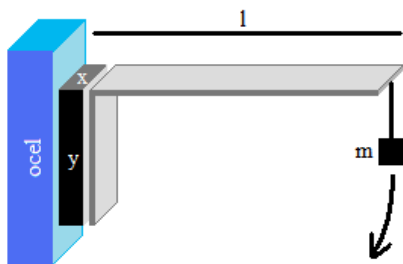
$$r = \frac{p}{B \cdot q} , \quad (1)$$

kde  $B$  je magnetická indukce a  $q$  náboj částice. Hybnost vystupující v předchozím vztahu je relativistická. Pokud odhadneme velikost náboje částice jako elementární náboj, zbývá ve vztahu hybnost jako jediná neznámá veličina. Tím, že odhadneme hmotnost částice, získáme z hybnosti energii. Podle šířky stopy poznáme, zda jde o lepton nebo těžší částici. Bohužel od sebe jednotlivé leptony odlišit nedokážeme, jelikož rozdíl v šířkách jejich stop je neprokazatelný.

Abychom mohli aplikovat tuto metodu, musíme v prostředí mlžné komory vytvořit pokud možno homogenní magnetické pole. Toho dosáhneme uložením permanentního magnetu pod dno komory.

### 4 Měření remanence magnetu

Kromě přímého měření remanence pomocí teslametru lze její hodnotu určit měřením síly potřebné k odtržení magnetu od železné desky. K tomu jsme použili uspořádání znázorněn na obr. 1.



obr. 1

Pro takovéto uspořádání experimentu platí následující vztah:

$$B = \sqrt{\frac{4 \cdot m \cdot g \cdot l \cdot \mu}{x \cdot y^2}} , \quad (2)$$

kde  $\mu$  je permeabilita vakua.

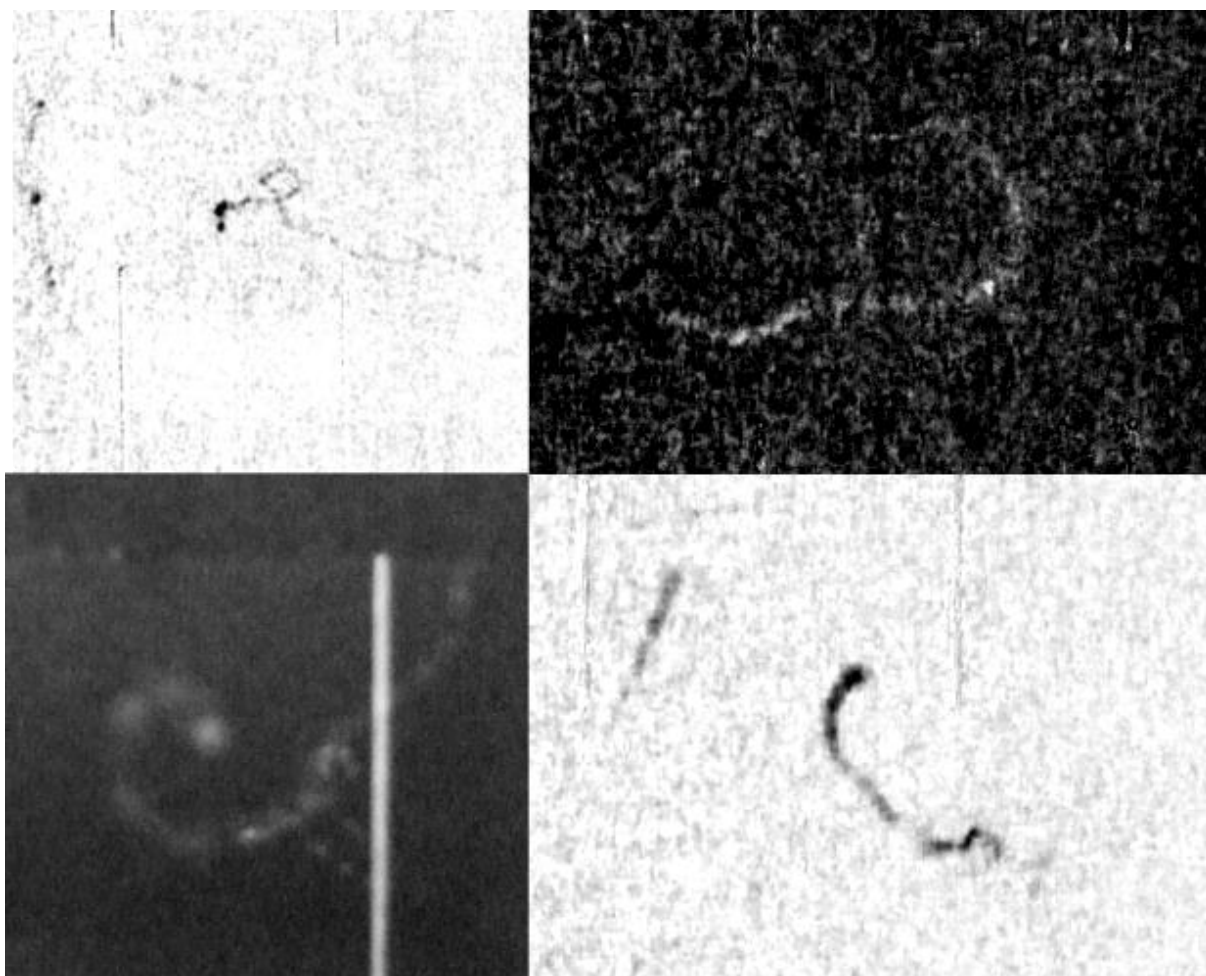
### 5 Výsledky

Změřili jsme parametry třinácti stop. Pro každou z nich jsme určili poloměr zakřivení, energii odpovídající elektronu resp. mionu. Naměřená data shrnuje tab. 1.

Remanence změřená teslametrem činí 0,095 T, tatáž remanence změřená odtržením magnetu od podložky činí 0,135 T. V dalších výpočtech budeme uvažovat jejich aritmetický průměr  $B = (0,115 \pm 0,020)$  T.

	r [cm]	$E_c$ [keV]	$E_\mu$ [keV]
1	6,41	1756	23,1
2	2,28	428	2,9
3	0,43	21	0,1
4	1,73	273	1,7
5	3,52	806	7,0
6	7,88	2252	34,9
7	10,61	3183	63,3
8	3,82	902	8,2
9	1,59	237	1,4
10	0,66	48	0,2
11	0,84	77	0,4
12	34,4	11360	663,5
13	0,81	72	0,4
14	0,58	37	0,2

Tab.1



Obr. 2 Stopy pozorované v mlžné komoře.

## 5 Diskuze

Změřené energie částic jsou značně variabilní, pohybují se v rozmezí desítek až desítek tisíc kiloelektronvoltů. I přes tuto variabilitu lze usoudit, že částice pocházeli vesměs z kosmického záření, jelikož radioizotopové zdroje vykazují energii ještě nižší.

Pro některá měření jsme použili čistící napětí připojené mezi elektrody na dně a pod víkem komory. Zdrojem napětí byla Wimshurstova elektrika. Pozorovali jsme znatelné rozdíly v četnosti stop, přičemž několikanásobně více stop jsme pozorovali se zapojeným čistícím napětím, které vázalo kondenzační jádra mimo aktivní oblast komory. Zvýšení četnosti stop jsme pozorovali i po přiložení gama zářiče  $^{60}\text{Co}$ . Gama záření v komoře pozorovatelné není, proto soudíme, že stopy byly tvořeny sekundárními částicemi.

## 6 Shrnutí

Změřili jsme parametry třinácti stop. Všechny proměřené částice zřejmě pocházely ze sekundárního kosmického záření. U jedné z pozorovaných částic se vyskytlo podezření na rozpad mionu. Toto podezření bylo vyloučeno kvůli příliš nízké energii předpokládaného mionu. U většiny zbývajících stop se nepodařilo rozhodnout, zda se jedná o elektrony či miony.

Změřili jsme remanenci permanentního magnetu jako  $B = (0,115 \pm 0,020)$  T. Tato hodnota se neshoduje s hodnotou udávanou výrobcem.

## Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT v Praze za nápad pořádat Týden vědy.

Děkujeme ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za zapůjčení vysokorychlostního fotoaparátu.

Děkujeme Nikole Závadské za zapůjčení funkčního fotoaparátu.

Děkujeme rodičům, že nás porodili.

## Reference:

[1] LÖFFELMANN, V. *Mlžná komora*. <http://kmlinux.fjfi.cvut.cz/~loffevik/komora/>  
Ím NEOMAG, *Feritové magnety* <http://www.neomag.cz/cz/katalog/feritove-magnety/>