

Mlžná komora

Jan Brychta, *Gymnázium Jihlava*

Jan Hoffmann (hhoffmann@seznam.cz), *Gymnázium Praha 6*

Jan Chylík (janchylik@quick.cz), *Gymnázium Horní Počernice*

Jan Olšina (jirigi@matfyz.cz), *Gymnázium Kroměříž*

Jindra Pikešová (jinpik@hotmail.com), *Gymnázium Sušice*



Supervizor: Jiří Hron, FJFI ČVUT



Abstrakt:

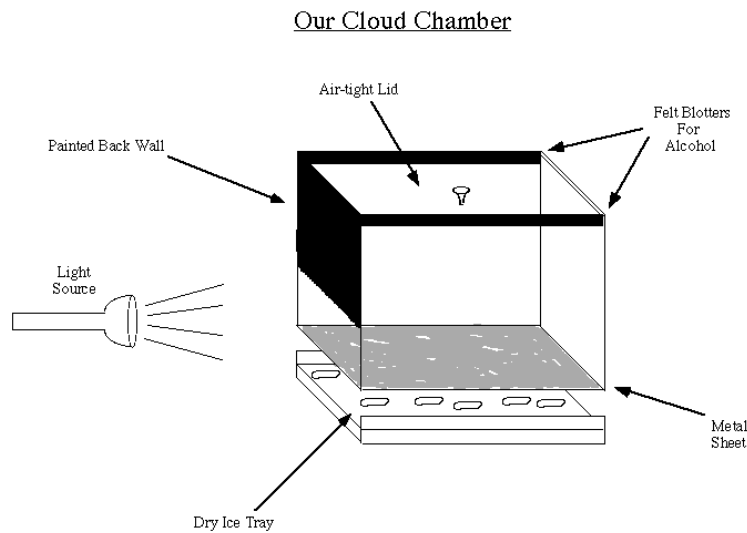
Mlžná komora je zařízení umožňující přímo pozorovat dráhy nabitých elementárních částic, jejich rozpady a pomocí nepřímých metod rovněž vlivy částic bez náboje. V současnosti se již mlžná komora ve výzkumu téměř nepoužívá, neboť nyní již máme mnohem přesnější měřicí přístroje a její využití je především studijní a prezentační. Cílem našeho miniprojektu bylo seznámit se s tímto zařízením, na kterém jsme mohli pozorovat kosmické záření, měřit intenzitu radioaktivních zářičů (americium $^{241}_{95}\text{Am}$).

1 Úvod

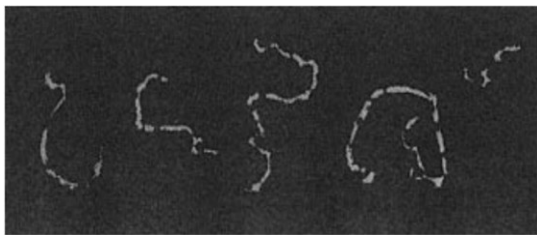
Mlžná komora je jedním ze zařízení, kterým můžeme vizualizovat nabité elementární částice. V současnosti používáme jiné metody, jež jsou mnohem přesnější a dávají nám i mnohem více informací o studovaných částicích. I přesto se komora používá i dnes, např. při FT FJFI ČVUT.

2 Mlžná komora

Mlžná komora sestává z plochy, chlazené na teplotu cca -30°C . Na tuto desku difundují a kondenzují páry z horního žlábků, kde se pracovní látka (izopropylalkohol) ohřívá topným drátem. Izopropylalkohol se nachází ve stavu mezi kapalným a plynným skupenstvím. Při průletu vysokoenergetické (řádově MeV) nabitě částice se okolní atomy lavinovitě excitují (resp. ionizují) a kondenzují a při návratu do základního stavu vyzařují viditelné světlo pozorované jako mlžná stopa. V mlžné komoře je generováno elektrické pole, které nutí částice pohybovat se v rovině par, čímž se dosáhne mnohem lepší vizualizace.



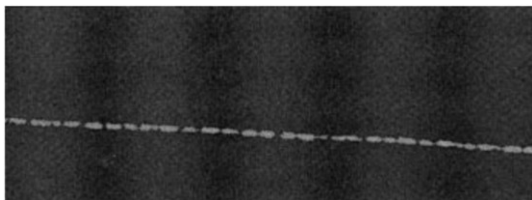
Jednotlivé částice se v závislosti na své energii, hmotnosti a náboji vizualizují různě. Běžně můžeme pozorovat především elektrony z kosmického záření, zanechávající tenké dlouhé stopy, zalomené v důsledku nárazů na molekuly alkoholu (viz obr. 1), částice α z kosmického záření (viz obr. 2) (krátká silná stopa), miony z kosmického záření (tenká přímá dlouhá stopa – viz obr. 3) a protony z kosmického záření (mírně užší a delší než u částic α - viz obr. 4). (Obrázky čerpány z [1].)



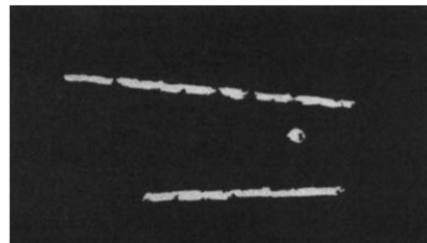
obr.1: stopy e- kosmického záření



obr.2: stopa α částice z kosmického záření



obr.3: stopa mezonu μ - kosmického záření

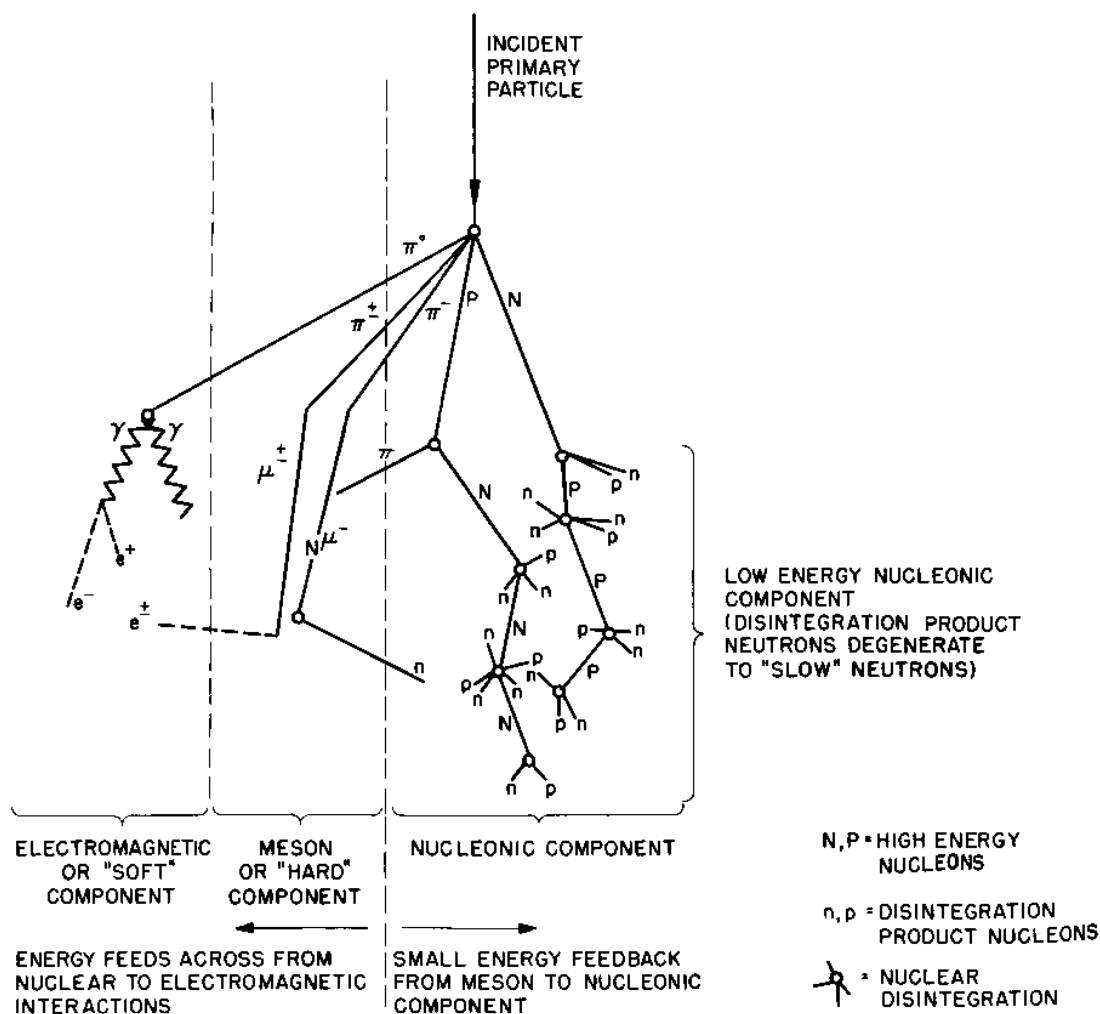


obr.4: stopy protonů z kosmického záření

Vložíme-li do blízkosti mlžné komory radioaktivní zářič (v naší práci jsme použili americium 241, kobalt 60, cesium 137, tj. po řadě vyzařují záření α a γ , záření γ , záření β a γ), zanechává toto záření v důsledku jiných energií jiné stopy oproti kosmickému záření. Nejlépe pozorovatelné efekty vidíme po vložení americia 241 – v těsné blízkosti zdroje (do 5 cm) pozorujeme „vějíř“ nízkoenergetických α částic (které mají malou pronikavost a tedy i dolet) a ve větším poloměru pak pozorujeme Comptonovy elektrony, které jsou vyraženy fotony γ z atomových obalů – jejich stopy jsou krátké (v důsledku malé vstupní energie těchto elektronů).

3 Kosmické záření

Kosmické záření je tvořeno rozličnými částicemi o rozličných energiích o škálách 10^{12} eV- 10^{20} eV. Při vstupu částice s vysokou energií do atmosféry dojde k nárazu na jádro atomu z atmosféry, čímž se iniciuje sprška (shower) částic zahrnujících fotony gama, piony, miony, nukleony a elektrony, jejichž energie se postupně snižuje. Kosmické záření pozorované v mlžné komoře je tvořeno právě touto sekundární radiací, jeho energie je řádově 106 eV. Při vyhodnocování snímků radiace ze zářiče je nutno odečíst radiaci způsobenou pozadím – kosmickým zářením. Ve skutečnosti však jsou stopy částic ze zářiče zcela odlišné, lze je tudíž odečíst přímo ze snímku a není třeba nejprve složitě stanovovat radiaci pozadí bez přítomnosti zdroje.



Schematic Diagram of Cosmic Ray Shower

4 Metoda zpracování vzorků

Máme-li stanovit aktivitu vzorku, vložíme vzorek do mlžné komory (načež se objeví stopy radiace vzorku), a poté jej v pravidelných intervalech fotíme (odečítání z filmových záběrů je kvůli nízkému rozlišení dostupné kamery velmi nesnadné). Naším cílem je z počtu stop na jednotlivých fotografiích určit počet částic vstupujících do komory za jednotku času. K tomu je třeba jednak spočítat počet stop na fotografii (označme n), jednak průměrný čas trvání jedné stopy (označme t_p). Vzhledem k tomu, že daný vzorek americia má rozměry přibližně $2 \times 0,5$ cm a je směrovaný (záření vychází jen v dopředném směru v úzkém kuželu), můžeme poměrně spolehlivě předpokládat, že mlžnou komorou prošly všechny emitované částice. V našem pozorování se zaměříme na comptonovské elektrony, jelikož vyzařované částice α se nacházejí v poměrně úzké oblasti a tedy jejich stopy do značné míry splývají. Můžeme si přitom povšimnout, že počet comptonovských elektronů se vzdáleností od zdroje exponenciálně klesá, což značí, že se zachytí značné procento celkových fotonů γ (označme p - odhadem je $p = 75\%$ - nutnost zachytit takto odhadovat sice do značné míry snižuje přesnost výpočtu, bohužel však nemáme k dispozici informace o průchodnosti gama paprsků prostředím komory, takže lepšího odhadu nejsme schopni). Je navíc potřeba si uvědomit, že neměříme celkovou aktivitu vzorku, ale pouze aktivitu gama a to pouze takového záření gama, které má dostatečnou energii na emitování takového comptonovského elektronu, který bude mít dostatečnou energii k vizualizaci.

Pak pro výslednou aktivitu vzorku platí zřejmě vztah:

$$A = \frac{n}{tp}$$

Průměrné hodnoty měřených veličin jsou:

$$\bar{n} = 122,3 \text{ stop}$$

$$\bar{t} = 0,85 \text{ s}$$

$$p = 0,6$$

Tedy $A = 240 \text{ Bq}$

Všimněme si, že naměřená aktivita se značně liší od uváděné aktivity ($340\,000 \text{ Bq}$) – to ovšem není nutně způsobeno jen chybou měření, nezapomínejme, že neměříme celkovou aktivitu, ale jen gama aktivitu na dostatečných energiích nutných k emisi fotonu.

5 Shrnutí

Výše popsanými metodami jsme stanovili gama aktivitu daného vzorku americia, měření je však zatíženo poměrně vysokou chybou, která je způsobena především neznámou záchytností paprsků gama v prostředí par izopropylalkoholu. Lepší přesnosti je možno dosáhnout jednak stanovením tohoto parametru pomocí vzorku se známou gama aktivitou, jednak použitím mlžné komory s větším rozsahem, která zachytí větší podíl vyzářených gama paprsků. Dosažený výsledek je však řádově správný.

Reference:

[1] <http://herodes.feld.cvut.cz/mereni/dema/komora/>

[2] HIGATSBERGER, MICHAEL J.: *Physics in 700 experiments*, Blick in die Welt, 1981