

# Měření toku kosmického záření

<sup>1</sup>T. Eckschlager, <sup>2</sup>V. Pavlík, <sup>3</sup>R. Podškubka  
<sup>1</sup>GEKOM Praha 4, <sup>2</sup>Gymnasium Kladno, <sup>3</sup>GJAK Uh. Brod  
<sup>1</sup>[eckit@seznam.cz](mailto:eckit@seznam.cz), <sup>2</sup>[theodoor@seznam.cz](mailto:theodoor@seznam.cz),  
<sup>3</sup>[podskubkar@seznam.cz](mailto:podskubkar@seznam.cz)

## Abstrakt:

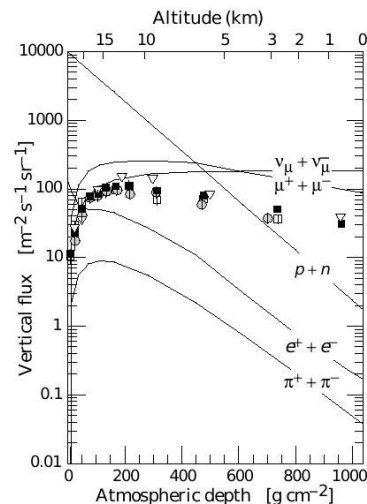
Na povrch Země dopadá neustále kosmické záření. Významnou složkou tohoto záření jsou miony. Cílem projektu byla detekce těchto částic. K měření byl využit scintilační detektor. Zjistili jsme anisotropii mionového toku. Měření jsme vykonávali pro tři různé konfigurace detektoru.

## 1 Úvod

### Kosmické záření

Země je neustále bombardována částicemi z vesmíru. Jedná se o částice s vysokými energiemi v řádech GeV. Takovým částicím se říká primární částice. Kosmické záření se skládá především z protonů (90%). V naší práci se zaměříme na sekundární záření v podobě mionů. Sekundární záření vzniká interakcí primární částice s částicemi ve vyšších vrstvách atmosféry. Postupnými interakcemi vzniká sprška sekundárního záření. Do našich nadmořských výšek dorazí převážně miony a těžko detekovatelná neutrina.

Graf č. 1: tok částic v závislosti na nadmořské výšce. Z grafu je patrné, že počet částic kromě mionů a neutrin se výrazně snižuje s klesající nadmořskou výškou. [1]



### Historie

První zmínky o existenci kosmického záření se datují na počátek 20. století. Impulsem pro studium tehdy ještě záhadného záření bylo samovolné vybíjení elektroskopů. Bylo provedeno velké množství pokusů a experimentů.

Za průkopníka ve studiu kosmického záření je považován jezuitský kněz Theodor Wulf. Největší přínos však měly experimenty rakouského fyzika Victora Hesse, který prováděl měření intenzity vybíjení elektroskopů v závislosti na nadmořské výšce. Výsledky byly ohromující. Hess zjistil, že s větší nadmořskou výškou intenzita vybíjení elektroskopů roste. Zdroj záření musel být mimozemský. Do té doby byli všichni přesvědčeni, že záření které vybíjí elektroskopy má původ v rozpadech radioaktivních prvků v zemské kůře.

Ke studiu kosmického záření také výrazně přispěl vynález Geigerova-Müllerova čítače, který už mohl zaznamenat každou částici zvlášť.

Geigerův-Müllerův čítač využil italský fyzik Bruno Rossi. Umístil tři detektory do trojúhelníku a nad ně vložil olověnou clonu. Měření ukázalo, že v prostředí olova se vytváří spršky částic, které následně zaznamenávaly čítače. Pierre Auger později zjistil, že podobné částicové spršky vznikají i při interakcích částic s atmosférou.

## Miony

Mion je jedna z elementárních částic, patří do skupiny leptonů. Klidová hmotnost mionu je  $105,7 \text{ MeV}/c^2$  (207 hmotností elektronu). Mion se značí řeckým písmenem  $\mu$  a vzniká rozpadem pionu (ten se značí  $\pi$ ). Mion patří mezi nestabilní částice. Můžeme detekovat jak mion  $\mu^-$  tak i jeho antičástici  $\mu^+$ . Klidová doba života mionu je  $2,2 \times 10^{-6}$  s. Podle výpočtů newtonovské fyziky by za tento čas nemohl dorazit z vyšších vrstev atmosféry až k zemskému povrchu. Jelikož se pohybuje rychlostí blízkou rychlosti světla, uplatňují se zde efekty speciální teorie relativity.

## 2 Detekce mionů

Existuje více způsobů jak miony detekovat. Jedním z nich je i detekce pomocí scintilačního detektoru.

Scintilační detektor funguje na principu ionizace. Částice proletí skrz scintilační látku, která bývá tvořena nejčastěji plastickým materiálem se stopami jiné látky tzv. aktivátoru. Částice aktivátoru jsou ionizovány příchozím mionem. Při přechodu těchto částic do původního stavu dojde k vyzáření UV fotonu, který je fluorescenční přísadou ve scintilační látce konvertován do oblasti viditelného světla (konkrétně modrého světla).

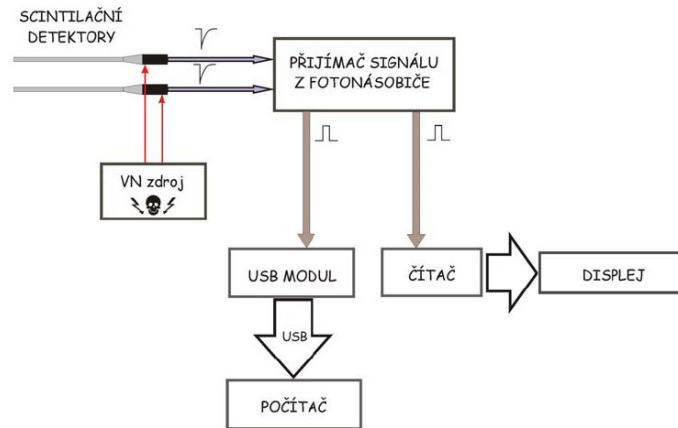
Scintilační látka je obvykle obalena hliníkovou fólií, která slouží jako reflexní vrstva, a na povrchu je vrstva nepropustná pro světlo.

Fotony, které vznikly ve scintilační látce postupují do fotonásobiče, kde dojde na základě fotoelektrického jevu k uvolnění elektronu. Při průchodu fotonásobičem je fotoelektron urychlován elektrickým polem přítomným uvnitř fotonásobiče. Fotoelektron přechází mezi dinodami a současně z nich vyráží další elektrony, které se dostanou až na anodu, kde jsou zaznamenány jako zesílený signál, který nám zanechal foton.

Přijímač signálu zpracuje signál z fotonásobičů. Pokud zaznamenáme současně signál z obou scintilačních desek (mezi kterými je umístěn kov k odstínění slabého záření radioaktivního pozadí), je signál vyhodnocen jako mion. Informace o takové časové koincidenci je zaslána do USB modulu a zároveň do čítače.

## 3 Scintilační detektor

Detektor, který jsme použili se skládá ze dvou „pádel“ scintilačního materiálu – BC408 od firmy Bicron. Plocha scintilačních „pádel“ je v koincidenci  $0,14 \text{ m}^2$ . Dále fotonásobiče značky Philips PM 2232/B, podpůrná elektronika fotonásobičů, dva nezávislé stabilní vysokonapěťové zdroje, přijímač signálu z fotonásobiče, čítač a počítač připojený přes USB modul.



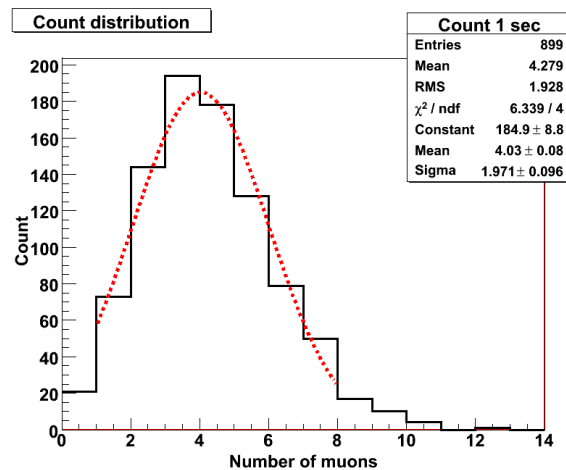
Obrázek č. 1: blokové schéma mionového detektoru.

## 4 Výsledky měření

Naším úkolem bylo změřit tok mionů. Je nutné poznamenat, že měření probíhalo v prvním patře budovy. Nad detektorem se tedy nacházelo asi 130 cm zdiva. Proto se značná část mionů rozpadla již před dosažením detektoru. Dále nebylo možné detekovat miony přicházející ze všech úhlů. Na výsledku měření se také podepsalo stárnutí scintilační látky a fotonásobičů.

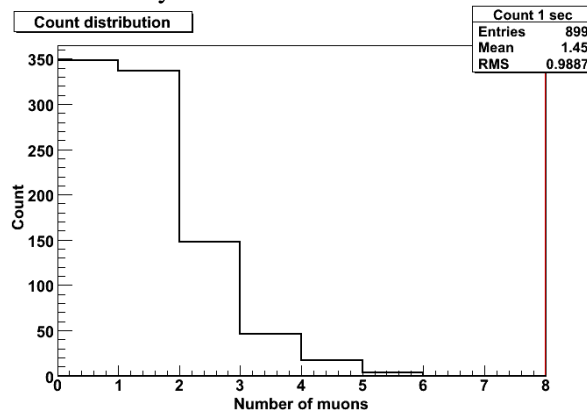
Z více možných konfigurací scintilátorů jsme si vybrali tři.

V první části jsme oba detektory umístili do horizontální polohy přímo nad sebe. Tento způsob umožnil detekovat miony přicházející z největšího možného prostoru. Podle očekávání tento experiment zaznamenal největší počet koincidence.



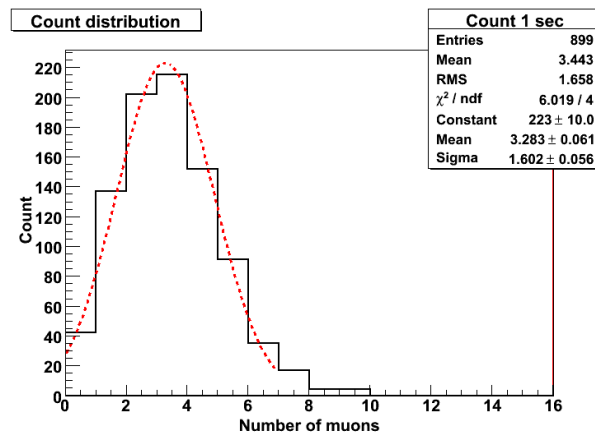
Obrázek č. 2: Histogram znázorňující rozložení toku mionů při umístění scintilačních desek do horizontální polohy v intervalech 1 sekunda. Měření probíhalo 15 minut. Histogram je proložen Gaussovou křivkou.

Druhá část pokusu probíhala na deskách umístěných v horizontální poloze nad sebou, vzdálenost desek činila 39cm. Tím jsme zredukovali směry, ze kterých jsme mohli miony detekovat na cca  $\pm 15^\circ$  od vertikály.



Obrázek č 3: Rozložení toku mionů se oproti předchozímu měření výrazně změnilo z důvodu zúžení akceptovatelného směru detekovaných mionů.

V poslední, třetí, konfiguraci jsme umístili scintilační desky do vertikální polohy vedle sebe. Tím jsme také omezili směry příchozích mionů.



Obrázek č. 4: Rozložení toku mionů při umístění scintilačních desek do vertikální polohy v intervalech 1 sekunda. Měření probíhalo 15 minut. Z hodnot je patrné snížení toku oproti Obrázku č. 2. Histogram je proložen Gaussovou křivkou.

## 5 Shrnutí

Během celého experimentu jsme naměřili asi polovinu teoretické hodnoty toku mionů. Naměřili jsme střední hodnotu asi 4,3 mionů/s, při čemž hodnota za ideálních podmínek je asi 10 mionů/s. Snížené hodnoty byly pravděpodobně způsobeny přítomností silné vrstvy zdiva nad detektorem a stárnutím scintilačního materiálu. Naměřené hodnoty byly proloženy Gaussovým rozdělením namísto Poissonovým, z důvodů nízkého počtu detekovaných mionů.

Hlavním přínosem celé práce byla zkušenost s reálným experimentem.

## Poděkování

Největší poděkování patří konzultantům Michalu Marčišovskému, Davidu Břeňovi a Miroslavu Havránkovi. Dále také kolektivu pracovníků FJFI ČVUT.

## Reference:

- [1] The Review of Particle Physics: <http://pdg.ihep.su/>
- [2] HAVRÁNEK, M. *Konstrukce mionového detektoru, bakalářská práce FEL ČVUT 2007*
- [3] Wikipedie: <http://en.wikipedia.org/wiki/Muon>