

**Oponentský posudek na diplomovou práci Bc. Nikolase Dennera  
“Podélné profily atmosférických spršek kosmického záření nejvyšších energií  
pozorované na Observatoři Pierra Augera ”**

Téma diplomové práce Bc. Nikolase Dennera je součástí programu Observatoře Pierra Augera. Věnuje se rekonstrukčním metodám, které lze použít k analýze částicových spršek způsobených kosmickým zářením v atmosféře Země. Autor s pomocí Monte Carlo simulací porovnává tři metody a využívá je při analýze dat z Observatoře Pierra Augera.

Předložená práce je psána v anglickém jazyce, je rozčleněna do šesti kapitol a doplněna o úvod, závěr a dva dodatky.

V úvodu autor představuje svou práci. První kapitola se věnuje historii, vlastnostem a způsobu detekce kosmického záření. Druhá kapitola popisuje Observatoř Pierra Augera. Simulace spršek kosmického záření a modely hadronových interakcí jsou diskutovány ve třetí kapitole. Čtvrtá kapitola popisuje rekonstrukční procedury, které lze využít při popisu spršek o velmi vysokých energiích. V páté kapitole se autor pokouší na základě simulací porovnat jednotlivé rekonstrukční metody a vyhodnotit jejich nepřesnosti. V šesté kapitole pak tyto metody aplikuje na sebraná data. Získané poznatky jsou shrnuty v závěru práce.

Uvodní tři kapitoly jsou napsány přehledně a srozumitelně.

Ve čtvrté kapitole, a podobně v dodatku A, při popisu rekonstrukcí spršek autor uvádí funkce modulů vyvinutých na Observatoři Pierra Augera. Takový popis je užitečný pro poučeného uživatele, ale běžnému čtenáři stěžuje osvětlí způsob zpracování událostí.

K páté a šesté kapitole mám následující **připomínky**:

- Některé obrázky jsou nepřehledné, jejich popisy jsou nedostatečné. Například čtení Obr. 5.1 a 5.2, podobně Obr. 5.4 a 5.5, stěžují různá měřítka na vertikálních osách. Nejsou v nich uvedeny počty zpracovaných událostí, je třeba je pracně vyhledat v textu. Není uvedeno, co představují vertikální a horizontální chybové úsečky, co znamená červená horizontální čára na Obr. 5.1, apod.
- Chybí počty událostí na Obr. 6.1-6.3. U Obr. 6.3 není uvedeno, co znamenají barvy teček. V Obr. 6.4 se sloupce zobrazující počty událostí nevhodně překrývají, v horním panelu nejsou uvedeny směrodatné odchylky hloubek maxim atd.
- Statistické porovnání uvedené dole na str. 55 neukazuje, že je možné, že dva histogramy hloubek maxim spršek ze stejného energetického oboru, jak jsou zobrazeny na Obr. 5.6, pocházejí z téhož rozdělení. Testované empirické distribuční funkce odpovídající těmto histogramům nejsou ze dvou nezávislých náhodných výběrů, jak vyžaduje Kolmogorovův-Smirnovův test.

**Dotazy:**

- Jaké jsou argumenty k tomu, aby při zkoumání rekonstrukčních metod s použitím Monte Carlo simulací byly analyzovány průměrné hodnoty rozdílů hloubek maxim spršek a průměrné relativní rozdíly energií spršek podmíněné vybranými parametry? Jakým způsobem byly odhadnuty konstantní posuvy (vztahy 5.2 a 5.3, a na str. 52)? Proč nejsou pro soubor vybraných spršek zkoumány přímo závislosti typu  $X_{\max}(\text{HD}) = a + X_{\max}(\text{Stereo})$  apod. a odhadnut parametr  $a$ ?

- Na Obr. 6.2 a 6.4 je uvedeno 8 spršek o energii  $\log(E_{\text{FD}}/\text{eV}) > 19.7$  rekonstruovaných metodou HD. Proč na Obr 6.1 je zobrazeno více takových HD spršek?
- Dole na str. 59 autor uvádí, proč je počet stereo událostí v datech výrazně větší než predikují Monte Carlo simulace. Lze tyto argumenty kvantifikovat? Jak velkou část naměřených spršek lze zpracovat současně HD a stereo metodou? Jaká část spršek rekonstruovaných stereo metodou míří mimo SD pole?
- Histogramy na Obr. 6.4 ukazují, že alternativní metody rekonstrukce spršek přidají několik událostí v intervalech nejvyšších energií a modifikují průměrné hodnoty hloubek maxim. Mohl by autor při obhajobě porovnat závislost průměrné hodnoty hloubky maxima v oboru energií  $\log(E/\text{eV}) > 19.2$  naměřenou na Observatoři Pierra Augera (např. Obr. 3.1) se závislostí doplněnou o události na Obr. 6.1, které byly zpracované autorem s pomocí dvou alternativních metod?

Autor se snaží získat užitečné informace o hmotnostním složení kosmického záření o nejvyšších energiích. Cenná jsou předběžná zjištění o rozdílech mezi různými způsoby rekonstrukce spršek a odhad efektivity těchto metod. Podle mého názoru však způsob zpracování a prezentace výsledků není optimální.

Bc. Nikolas Denner prokázal, že je schopen řešit vědecké úkoly. Domnívám se, že práce přes své nedostatky splňuje požadavky kladené na diplomovou práci a doporučuji ji k obhajobě.

Navrhuji hodnotit diplomovou práci stupněm C (dobře).

V Praze dne 30.5.2022

Doc. RNDr. Dalibor Nosek, Dr.  
ÚČJF MFF UK Praha