

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Impact of Propagation of Cosmic Rays on their Properties Measured at the Highest Energies
Jméno autora:	BSc. Robert Hrubý
Typ práce:	Diplomová práce
Fakulta:	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)
Katedra:	Katedra fyziky
Vedoucí práce:	Ing. Jakub Vícha, Ph.D.
Pracoviště vedoucího práce:	Fyzikální ústav Akademie věd České republiky, v. v. i.

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání a motivace k jeho vyspání</b>	<b>průměrně náročné</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce a krátké průvodní slovo k motivaci pro zadání práce.</i>	
Zadání práce bylo motivováno nedávnými pozorováními Observatoře Pierra Augera ohledně indikace hmotnostního rozdílu částic přilétajících z okolí roviny Galaxie a mimo ni. Student měl v rámci diplomové práce vytvořit knihovnu simulací propagace částic skrze magnetické pole naší Galaxie pomocí standardizovaných skriptů. Poté měl za úkol studovat pomocí této knihovny velikosti hmotnostního rozdílu částic přilétajících z okolí roviny Galaxie a mimo ni pro různé kombinace složení částic a vlastností extragalaktického dipólu. Pozorovaný hmotnostní rozdíl Observatoří Pierra Augera se totiž doposud nepodařilo vysvětlit.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<i>Posudte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Zadání práce bylo splněno, nicméně její forma prezentována v diplomové práci obsahuje příliš velké množství nedostatků. Za rozšíření práce oproti zadání lze považovat výsledky v kapitole 7 pro výběr událostí podle rektascenze vzhledem k dipólu v příchozích směrech kosmického záření na stejné energii, jako byla pozorovaná indikace hmotnostního rozdílu v okolí naší Galaxie a mimo ni.	

<b>Aktivita a samostatnost při zpracování práce</b>	<b>podprůměrná</b>
<i>Posudte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posudte schopnost studenta samostatné tvůrčí práce.</i>	
Student byl během řešení aktivní především pár měsíců před odevzdáním práce, nicméně jsem trochu postrádal samostatnou tvůrčí práci a kritické myšlení nad dosaženými výsledky. Nejsem přesvědčen o plném pochopení problematiky vzhledem k vágním formulacím v kapitole 4, která měla vystihnout fyzikální motivaci diplomové práce. Termíny byly obecně dodržovány ve značném skluzu, což se významně projevilo na formě výsledné práce. Řešení i text práce byly poměrně intenzivně konzultovány, tedy především měsíc před odevzdáním práce, nicméně velké množství kritiky nebylo studentem nakonec v práci ani reflektováno. Student během konzultací ohledně obsahu doporučené literatury nevyjádřil potřebu dovysvětlení ani u jednoho ze zadaných článků a ztráta hlubšího vhledu do fyzikální argumentace se poté, podle mě, projevila při psaní práce.	

## Odborná úroveň

## podprůměrná

Posudte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

**Odborná úroveň práce je výrazně snížena špatnými citacemi v mnoha případech. Uvádění hodnot s chybami uvedenými na více platných cifer, chybějící jednotky u veličin uvedených v obrázcích svědčí o nedostatečné vlastní kontrole práce. Mnohé části textu jsou vágní a nepřesné.**

- v Introduction je zavedeno ultra-vysoko-energetické kosmické záření, UHECR, ale není zadefinováno jakých energií se týká, přičemž se student na jejich energii odkazuje: "Above this energy, ..."
- **Chapter 1 konkretizuje složení kosmického záření, přičemž student neuvede, jaké energie se to týká**
- 1.1: není uvedena hodnota změny spektrálního indexu, ani energie, pro "insep"
- **Fig. 1.2: není uvedeno jak vznikl, jaký byl použit model hadronických interakcí či simulačního programu**
- Fig. 1.3: vágní pojem "hadronic simulations" - simuluje se i elektromagnetická komponenta
- Chapter 2: vágní pojem "interstellar propagation" - částice se propagují i mezi mračny plynu např.
- 3.1: "lateral distribution function from FD stations" -> "lateral distribution function from SD stations"
- 3.2: nevysvětleno proč 27 teleskopů, když napsáno "27 FD telescopes from four distinct sites. Each FD station houses six independent telescopes"
- 3.2: není uveden počet PMT v kameře FD teleskopu, ale ostatní details ano...
- **Kapitola 4 měla shrnout studentovo porozumění současných měření důležitých pro motivaci této práce, je ovšem dosti zmatečně napsaná, vágní, bez bližšího vysvětlení měření. Chybí zde např. uvedena hodnota signifikance pozorovaného rozdílu  $X_{max}$  distribucí, dále pro kterou energii je signifikance největší. Rovněž zde není uvedeno, že se v současnosti nepodařilo pozorované rozdíly v "(9)" vysvětlit předchozími pracemi.**
- Fig. 4.5: vágní popis obrázku bez vysvětlení, co je TS.
- 5.2: není zmíněno, který model hadronických interakcí byl použit, nebo zda všechny - v tom případě proč?
- 5.2: špatně uvedeno, že se jedná o FD expozici a ne že o relativní FD expozici
- 5.3: špatně uvedeno, že se spektrální index 1.0 týká real MC, přitom má být CRPropa simulace.
- Chapter 6, 1. odstavec: odkaz na CRPropa simulace má být 5.1 a ne 5.3
- Chapter 6: opět neuvedeno, na jaké energii se v "(9)" pozorovaly zmíněné rozdíly.
- 6.2.1: uvedeno, že kroky v logE byly 0.5, přitom byly 0.1, jak je patrné z Fig. 6.5. Stejně v 7.1.1.
- 6.2.1: není vůbec zadefinováno, nebo vysvětleno, co je "extreme value". Stejně v 7.1.1.
- Fig. 6.5: není uvedeno, pro jaké složení
- **Appendix .4: uvedeno  $\sigma(X_{max})$  místo  $\Delta \sigma(X_{max})$ . Chybí jednotka u velicíny na horizontální ose.**
- Fig. 7.2: bez odkazu a diskuze v textu
- 7.1.2: "umbrella shape" histogram má být "umbrella shape" graf.
- **7.1.2: špatně uvedena korelace mezi  $\Delta \langle X_{max} \rangle$  a  $\langle \ln A \rangle$ , má být správně korelace se  $\sigma(\ln A)$**
- 7.1.3: vágně označena "mass-dependent anisotropy" místo  $\Delta \langle X_{max} \rangle$
- Chapter 8: není specifikováno, co znamenají "solutions" from (12)
- Fig. 8.1: není uvedeno, odkud jsou solutions. Chybí specifikace modelu GMF
- **Figs. 8.3, 8.4, 8.5: špatné popisky, zkopírované z předchozí kapitoly**
- **8.6: chybí popis z-ové osy včetně jednotky**

**Formální a jazyková úroveň**

**podprůměrná**

*Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou a jazykovou stránku.*

**Formální úroveň práce je velmi špatná. Práce obsahuje vysoké množství překlepů, zmatených vět, špatných popisů obrázků, vágních a nepřesných výrazů, špatné zaokrouhlování hodnot. V práci je na některých místech patrné využití úprav pomocí ChatGPT3, nebo jiného podobného software, při nichž pak logické chyby v textu či zmatečná vyjádření působí o to výrazněji.**

- chybějící diakritika v poslední větě abstraktu
- nelogické značení částí appendixu
- odkazy na "sekce" přitom myšleno kapitoly
- rovnice (2.5) bez uvozující věty
- výskyt obrázků neodpovídá výskytu v textu, např. Fig. 3.1, Fig. 3.4
- neočíslované rovnice v kapitole 5
- Figs: 5.3, 5.4: nezavedená zkratka "CRP". K jakému účelu jsou zde uvedené střední hodnoty a stand. odchylky?
- někde se vyskytuje lg E, někde log E
- Fig. 7.6: zbytečně zavedené zkratky (p) a (Fe)

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**podprůměrné**

*Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posudte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.*

**Student v mnoha případech používá špatné reference. Vadí mi i používání nepřímých referencí na review články bez vynaložení snahy o nalezení přímé citace k danému měření. Forma použitých citací kulatými závorkami, když v referencích jsou uvedeny hranatými závorkami (jak je hlavně v oboru zvykem), je krajně nevhodná. Formát uvedených citací je VÝRAZNĚ NEDOSTAČUJÍCÍ a špatný. Student nevynaložil ani minimum úsilí, aby citace sjednotil. Citace obsahují přímo nesmysly nejspíš díky bezhlavému použití bibtextu. Číslování citací nereflektuje jejich výskyt v textu práce, nepochopil jsem způsob jejich řazení. Citace jsou mnohdy umístěny nevhodně na konci odstavců, přičemž není jasné, k čemu se vztahují, nebo se zbytečně cituje každá z několika informací po sobě jdoucích vět stejnou citací. Např. 3. odstavec v sekci 2.2.1.**

- 1.1: strmý pokles na konci spektra je citován "(20),(6)". První z nich je článek o teoretickém vysvětlení jiné spektrální vlastnosti - kotníku, tedy vůbec měření diskutující uvedený pokles na konci spektra. Druhá je citace na měření na energiích mnohem nižších, než je zmíněný pokles spektra.
- 1.1: třetí odstavec: hovoří se o "From the knee up to the ankle region, we see that the contribution of light elements to the spectrum is largely dominant, after which we see the heavier elements gradually take over, ..." Tvzení není patrné z žádného obrázku v práci a není zde ani uvedena citace.
- 1.1: nepřímá citace "(1)" na pozorování experimentů Observatoř Pierra Augera a Telescope Array místo přímých citací na jejich měření.
- 2.1.4: Co se cituje v poslední větě citací "(28)"?
- Chapter 4: cituje se zde "(44)" z roku 2018 jako jeden z největších objevů, ale správně se má citovat "(11)" z roku 2017.
- 5.2: neocitované modely hadronických interakcí
- 5.2: nesprávná citace na Xmax cuty z FD měření "(44)", která se vůbec nezaobírá FD měřením!
- 6.2: opět nesprávná citace na FD měření "(44)".

### Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

**Ačkoliv hlavní výsledky práce se zdají být v pořádku, forma jejich popisu, i celé práce, je pro mě nedostatečná a nelze být považována za práci hodnou magisterského studenta. Bez výrazné revize textu, nemůžu doporučit diplomovou práci k obhajobě.**

### III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Případně uveďte otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

**Zmatečnost a vágnost vyjadřování, špatné citování, zcela odbytý formát citací, povrchní pochopení problematiky, nepravdivé formulace.**

- Jak ovlivňuje magnetické zachycení naměřené složení kosmického záření? Uvedeno v 1.2.
- Co znamená, že "the final uncertainty of  $X_{max}$  smearing is  $20 \text{ g/cm}^2$  (25)" v části 1.2?
- Z čeho plyne "In general, we know that heavier primary particles will produce shallower showers"? Není uvedena žádná citace v 1.2.
- 2.2.1: je uvedeno, že se intenzita galaktického magnetického pole měří i pomocí pozorování gama záření. Jak je možné měřit GMF pomocí gama záření?
- 2.2.2: **"As its visible, these magnitudes are on different scales compared to the GMF, as they are much weaker."** Přitom v předchozí větě je uvedeno, že dosahují hodnot až mikrogauů, což je srovnatelná intenzita magnetického pole naší Galaxie. Vysvětlete.
- 3.1: **"This process is further elaborated upon in hybrid reconstruction, as neither SD nor FD are utilised independently."** Copak se SD a FD rekonstrukce nepoužívají na Observatoři Pierra Augera i zvlášť?
- 5.3: Jak se odvodí rovnice pro úhlový rozdíl "delta" a váhu "W3"? Případně chybí citace, odkud se rovnice vzaly.
- 5.4: "This is done using a generalised Gumbel distribution, which is a probability distribution often used in extreme value theory, since UHECR are extreme event therefore this distribution is a good fit for the analysis (49)." Vysvětlit logiku, proč je gen. Gumbel "dobrým fitem". Je v rovnici u druhého jmenovatele překlep, nebo se jedná o bug v kódu?
- 6.2: není zmíněno, proč byla zvolena amplituda extragalaktického dipólu 0.08.
- Chapter 7: jaká je fyzikální motivace pro takový druh selekce?
- 7.1.4: uvedeno, že je dosaženo signifikantních Delta sigma( $X_{max}$ ) hodnot v Tab. 7.1. Podle čeho signifikantní? Rovněž prosím vysvětlit tvrzení "Additionally, note that these obtained values are not consistent with the values obtained in Section 7.1.2 and Section 7.1.3, which could be attributed to statistical error. However, the extreme case values are still significant."
- 7.2: "To conclude this chapter, the performance of the analysis method proposed in (44) yields significant results ..." znamená to, že metoda byla použita v (44)? Jak byla spočtena chyba Delta sigma( $X_{max}$ )?
- Appendix .2: při tvrzení, že Figs. 9, 10 "ukazují rozumnou podobnost", není vysvětleno proč  $\langle X_{max} \rangle$  se liší o cca  $17 \text{ g/cm}^2$ .

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **F - nedostatečně**.

Datum: 26. 5. 2023

Podpis:

