

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Vliv galaktického magnetického pole na příchozí směry kosmického zařízení ultra vysokých energií
Jméno autora:	Marie Benedová
Typ práce:	bakalářská práce
Fakulta:	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)
Katedra:	Katedra fyziky
Oponent práce:	Ing. Oliver Matonoha, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	ČVUT v Praze, FJFI, Katedra fyziky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Hodnotím zadání jako náročné. Téma týkající se vlivu galaktického magnetického pole (GMF) na příchozí směry kosmického záření ultra vysokých energií (UHECR) je složité a vyžaduje hluboké porozumění nejen v oblasti částicové fyziky, ale také v oblasti astrofyziky a simulací magnetických polí. Kromě teoretických znalostí práce rovněž zahrnuje používání pokročilých nástrojů pro simulace jako je CRPropa 3, což zvyšuje náročnost úkolu.	

Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, 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>	
Autorka v práci podrobně rozebírá vliv galaktického magnetického pole na příchozí směry kosmického záření, jak bylo zadáno. Prostor je rovněž věnován popisu Observatoře Pierra Augera, která se studiu UHECR věnuje. V praktické části jsou provedeny simulace pro různé druhy částic, energie a modely GMF, což přesně odpovídá zadání práce. Žádné významné body zadání nebyly opomenuty.	

Zvolený postup řešení	vhodný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Postup je promyšlený a odpovídá složitosti problému. Po úvodní teoretické části, kde autorka představila základní pojmy a současný stav výzkumu, následovala podrobná metodologie založená na simulacích pomocí CRPropa 3. Tento simulační nástroj je pro daný úkol vhodný a umožňuje modelování vlivu GMF na trajektorie UHECR. Autorka rovněž správně rozdělila analýzu na různé typy částic a energetické hladiny, což jí umožnilo systematicky zhodnotit různé scénáře. Zvolená analýza simulací působí robustně a naplňuje vědecké standardy astročásticové fyziky.	

Odborná úroveň	výborná
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Odborná úroveň práce je výjimečně dobrá a fakticky přesná, s naprostým minimem neúplně přesných vysvětlení. Autorka prokázala hluboké porozumění fyzikálním konceptům, pečlivě zpracovala simulace a provedla systematickou diskusi jejich výsledků. Něktěrym pasážím by prospělo jít více do hloubky, ale jsem si vědom kapacity této teprve bakalářské práce. Přesto bych uvítal, kdyby byl větší prostor věnován vysvětlení mechanismů, jak magnetické pole uděluje energii kosmickému záření na základní úrovni. Momentálně je tento aspekt vysvětlen spíše makroskopicky, například s odkazem na Fermiho mechanismus, který popisuje udělování energie v dávkách. Práci by rámcově vhodně doplnilo, kdyby byly alespoň do jisté míry popsány samotné propagace nabitých částic v nehomogenních dynamických magnetických polích.	

<p>Formální a jazyková úroveň</p> <p><i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i></p>	<p>výborná</p>
<p>Formální a jazyková úroveň práce je na velmi vysoké úrovni. Text je psán jasným, odborným jazykem s minimem mluvnických a typografických chyb. Formální zápisy a rovnice jsou precizně zpracovány a odpovídají běžným standardům v oboru fyziky. Všechny technické termíny a notace jsou použity konzistentně. Grafy a tabulky jsou přehledně zpracované a výrazně přispívají k vědecké hodnotě práce.</p>	
<p>Výběr zdrojů, korektnost citací</p> <p><i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, 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.</i></p>	<p>výborné</p>
<p>Výběr zdrojů je adekvátní a zahrnuje jak základní, tak pokročilé odborné články, které jsou relevantní pro studium kosmického záření a galaktických magnetických polí. Citace jsou provedeny v souladu s citačními normami a všechny převzaté myšlenky jsou řádně odkázány. Práce mohla zmínit současný stav výzkumu v této oblasti a snahy ostatních vědkyň a vědců o zohlednění vlivu magnetických polí na UHECR. Autorka zmiňuje, že magnetická pole jsou při studiu UHECR často zanedbávána, ale práci by prospělo poukázat na aktuální pokrok a stav výzkumu v této oblasti.</p>	
<p>Další komentáře a hodnocení</p> <p><i>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.</i></p> <p>Nadprůměrně kvalitní praktická část práce obsahuje simulace v programu CRPropa 3. Práci by prospělo věnovat alespoň malý prostor popisu fungování této simulace – na jakých principech funguje, jak modeluje srážky hadronů a jader s mezigalaktickým médiem apod. Nicméně jsem si opět vědom kapacity celého textu.</p>	

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

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

Tato bakalářská práce se zabývá vlivem galaktického magnetického pole (GMF) na příchozí směry kosmického záření ultra vysokých energií (UHECR). Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části autorka představuje základní pojmy spojené s kosmickým zářením a magnetickými poli a popisuje aktuální stav výzkumu v této oblasti. Následně se zaměřuje na popis Observatoře Pierra Augera, která hraje klíčovou roli ve studiu UHECR. V praktické části jsou prezentovány výsledky simulací, které autorka provedla s využitím nástroje CRPropa 3. Tyto simulace zkoumají vliv různých modelů GMF na trajektorie UHECR pro různé typy částic a energetické hladiny.

Celkově je práce velmi kvalitní a svědčí o hlubokém porozumění problematice. Autorka prokázala schopnost efektivně používat pokročilé simulační nástroje a analyzovat složité fyzikální procesy. Vynikající je zejména odborná úroveň práce, která je fakticky přesná a detailně zpracovaná. Přesto by bylo přínosné, kdyby byla věnována větší pozornost vysvětlení mechanismů, jak galaktické magnetické pole uděluje energii kosmickému záření na základní úrovni, což by prohloubilo logiku uvedení této problematiky. Formální a jazyková stránka práce je na velmi vysoké úrovni, což spolu s kvalitním výběrem zdrojů přispívá k celkové hodnotě této práce. Práce

nejen splňuje všechna zadání, ale přináší nadprůměrně cenný příspěvek k dalšímu rozvoji této problematiky a vhodný k další publikaci.

Otázky k obhajobě:

1. Mohou mít výsledky velkou závislost i na volbě simulačního modelu, konkrétně CRPropa 3, v předpovědích této práce? Existují alternativní simulační modely, které by mohly být použity, a pokud ano, jaké rozdíly v závěrech by bylo možné očekávat při jejich použití?
2. Mohla byste podrobněji popsat, jakým způsobem magnetické pole uděluje energii kosmickému záření ultra vysokých energií? Jaké jsou hlavní struktury a zdroje nejvýznamnějších magnetických polí ve vesmíru, a jak se v nich nabitě částice chovají při své propagaci?
3. Věnuje se problematice vlivu magnetických polí na UHECR širší vědecká komunita, nebo jsou tato pole při výzkumu opravdu nejčastěji zanedbávána? Předpovědi v práci ukazují, že vlivy magnetických polí jsou velmi velké, tak mě zajímá, jak nové jsou závěry této bakalářské práce v kontextu celého oboru?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 19.8.2024

Podpis: Ing. Oliver Matonoha, Ph.D.

