

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	<b>Radiografická analýza kosmických mionů v blízkém detektoru experimentu NOvA</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Bc. Vít Jirutka</b>
<b>Typ práce:</b>	diplomová práce
<b>Fakulta:</b>	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)
<b>Katedra:</b>	Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření
<b>Oponent práce:</b>	Mgr. Mária Slavičková
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	ÚTEF ČVUT v Praze

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
---------------	-------------------

*Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.*

Zadání diplomové práce je velmi aktuální. Zabývá se radiografickou analýzou pomocí kosmických mionů za využití blízkého detektoru experimentu Nova, jehož primárním cílem je studium oscilací neutrin. Kombinace vysoké pronikavé schopnosti mionů a vysoké segmentace detektoru však umožňuje pomocí detektoru provádět i radiografickou analýzu nehomogenit podloží v okolí detektoru. Autor si v pěti bodech zadání klade za cíl popsat experiment Nova a vlastnosti a interakce mionů, studium časových změn toku kosmických mionů v závislosti na fázi výstavby budovy a infrastruktury pro detektor ICARUS a určení vzdáleností výrazných nehomogenit podloží v oblasti blízkého detektoru Nova pomocí stereoskopické analýzy dat. Náročnost tohoto zadání hodnotím jako vyšší z důvodu obsáhlosti analyzovaných dat.

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
-----------------------	----------------

*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.*

Závěrečná práce splňuje zadání bez výhrad. Oproti zadání je práce dále rozšířena o zkoumání časových změn úhlového rozdělení mionů v důsledku plnění detektoru ICARUS tekutým argonem. Velmi kladně hodnotím snahu autora prokázat tyto změny i navzdory technickým problémům spojených s dostupností a analýzou dat, které byly časově velmi zdouhavé a pracné. Autor úspěšně prokázal změny úhlového rozdělení mionů před a po plnění tekutým argonem a validitu signálu navíc ověřil statistickými testy. Navíc oceňuji úsilí autora najít statisticky nejkorektnější metodu a s tímto cílem kontaktoval i Fyzikální ústav AV ČR.

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>vhodný</b>
------------------------------	---------------

*Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.*

Autor pro hledání nehomogenit podloží v okolí blízkého detektoru Nova využívá vizualizaci pomocí programovacího jazyku c++ a rozhraní ROOT. V 2D a 3D závislostech četnosti mionů na azimutálních a zenitálních úhlech hledá nedostatek, resp. přebytek jejich počtu způsobených změnami v podloží. K vyhledávání menších nehomogenit v okolí používá metodu odpočtu histogramů s příslušnou normalizací. Tímto způsobem se autorovi povedlo dokázat přebytek mionového toku po vyhloubení prostoru pro detektor ICARUS s úhly, které odpovídají poloze detektoru ICARUS. Autor se rovněž zabývá určením přesnější normalizace s cílem přesněji určit přebytek mionů pozorovaného po vyhloubení daného prostoru. V další fázi se autor zabývá možnými změnami v četnosti mionů před naplněním detektoru ICARUS argonem a po něm. Zde oceňuji snahu autora, že se pokusil o časově náročnou a zdouhavou analýzu, byť s nejistým výsledkem. K analýze rovněž použil metodu odpočtu dvou histogramů závislosti četnosti mionů na úhlu azimutu a zenitu, přičemž uvažoval miony s různě dlouhými dráhami v detektoru s cílem odstranění případných pozadových a šumových událostí. V úhlové distribuci mionů opravdu pozoroval pokles četnosti mionů v oblasti odpovídající poloze detektoru ICARUS. Validitu signálu autor správně ověřil pomocí statistických testů. V poslední fázi práce autor přistoupil ke stereoskopické analýze, tzn.



určení polohy neznámého objektu, který způsobil deficit v četnosti pozorovaných mionů pod daným úhlem. Autor na základě známých úhlů spočítal přesnou polohu neznámého objektu a určil jeho původ. Zvolený postup hodnotím jako správný.

**Odborná úroveň**

**výborná**

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

Odborná úroveň textu je velmi dobrá. Autor přehledně zpracoval teoretickou část, zabývající se kosmickým zářením s důrazem na miony, jejich vlastnosti a interakce. Přehledně popisuje i blízký detektor experimentu Nova, čímž čtenáři poskytuje dobrou představu o tom, jak detekce mionů v detektoru probíhá. V praktické části autor přistoupil k samotné radiografické analýze, jejímž cílem bylo najít nehomogenity podloží v okolí blízkého detektoru Nova a určit jejich původ. Hlavním přínosem autora je úprava kódu pro analýzu dat z experimentu Nova pro účely vlastní radiografické analýzy a následné zpracování a vizualizace dat v prostředí ROOT.

**Formální a jazyková úroveň**

**výborná**

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

Formální a jazykovou úroveň diplomové práce hodnotím velmi kladně. Text je vypracován přehledně, srozumitelně, bez gramatických chyb a s minimem překlepů. Kapitoly na sebe logicky navazují. Text je doplněn grafy a obrázky pro větší přehlednost. Místy bych uvítala pečlivější popis obrázků. Více pozornosti bych věnovala např. vysvětlení obrázků 5.25 a 5.26, pomocí kterých autor vysvětluje výpočet vzdálenosti hledaného objektu od detektoru. V obrázcích bych doporučila vyznačení známých azimutálních a zenitálních úhlů dle zaužívaného označení ( $\phi$ ,  $\theta$ ), případně použití 3D náčrtu pro větší přehlednost. Trochu bych vytkla použití první osoby jednotného čísla místo trpného rodu, který se používá při psaní vědeckých textů.

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**výborné**

*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.*

Autor v textu náležitě odlišuje přejaté a vlastní výsledky. Převzaté zdroje jsou citovány korektně, v dostatečném množství vzhledem k rozsáhlosti práce a obsahují aktuální poznatky z oboru.

**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.*

Výsledky dosažené v závěrečné práci jsou na vysoké úrovni a představují dobrý základ pro další výzkum a publikační činnost.

**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.*

Radiografická analýza pomocí kosmických mionů je velmi aktuální a perspektivní metodou určování nehomogenit v prostoru a zobrazování vnitřní struktury objektů. Pro analýzu nehomogenit využívá kosmické miony jako nepřírozenější zdroj záření s vysokou pronikavou schopností. Díky zajímavosti zvoleného tématu a způsobu,



jakýmž jej autor uchopil, je práce velice poutavá a čtivá. V praktické části autor pečlivě a logicky vysvětluje každý krok, ke kterému během své analýzy přistoupil. Práci hodnotím velmi pozitivně. Nicméně, ráda bych pro upřesnění položila pár dotazů:

1. Existuje alespoň přibližný odhad vzdálenosti, ve které by ještě bylo možné pozorovat změny v terénu pomocí radiografické analýzy?
2. Proč jste zvolili normalizaci na celkový počet mionů místo normování na dobu měření? V tomto případě nelze stanovit, za jaké časové období byl přebytek mionů  $39\,192 \pm 2\,428$  po exkavaci horniny naměřen. Prosím, vysvětlete.
3. Jaký je důvod menšího počtu mionů naměřených třetí částí detektoru Nova v oblasti azimutálních úhlů  $120^\circ - 240^\circ$  a zenitálních úhlů  $45^\circ - 60^\circ$  v porovnání s první částí detektoru?

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

Datum: 23. 1. 2024

Podpis:

