



V Praze dne 27.11.2023

Posudok školiteľa dizertačnej práce

Ing. Lukáš Kramárik, FJFI ČVUT Praha

Open Charm Production at STAR

Produkce otevřeného půvabu na experimentu STAR

Dizertačná práca Ing. Lukáša Kramárika sa týka štúdia produkcie pôvabného mezónu D^0 v d+Au zrážkach pri energii 200 GeV meraných v experimente STAR na urýchľovači RHIC v Brookhavenskom národnom laboratóriu a aplikácií metód strojového učenia na analýzu experimentálnych údajov. Kandidát urobil doposiaľ najpresnejšie meranie tohto mezónu v d+Au zrážkach na urýchľovači RHIC. V práci porovnal rekonštrukciu D^0 pomocou troch metód strojového učenia.

Jedným z pilierov experimentálneho programu na urýchľovači RHIC je skúmať vlastnosti horúcej a hustej jadrovej hmoty, kvarkovo-gluónovej plazmy (QGP). K zásadným objavom urobených na experimente STAR patrí pozorovanie zhášania výtryskov častíc (tzv. jetov) z dôvodu straty energie gluónov a ľahkých kvarkov pri prelete cez QGP. Tento jav sa tiež prejavuje ako potlačenie produkcie ľahkých hadrónov s vysokou priečnou hybnosťou $p_T > \text{cca } 4\text{--}5 \text{ GeV}/c$ v centrálnych zrážkach Au+Au oproti produkcii v protón-protónových zrážkach. Podobné potlačenie sa pozorovalo i v prípade produkcie pôvabných mezónov. Dôležitou časťou v porozumení vplyvu QGP na produkciu častíc, je porozumieť ich produkcii v protón/deutérium -jadrových zrážkach, kde

by mali dominovať prejavy tzv. studenej jadrovej hmoty. Na urýchľovači RHIC prebehli doposiaľ tri merania zrážkového systému p/d+Au pri energii 200 GeV a to v roku 2003, v roku 2008, v roku 2015 (p+Au), v roku 2016 a v roku 2021. Kandidát sa zaoberal analýzou dátového súboru z roku 2016, kde bol experiment STAR vybavený detektorom Heavy Flavour Tracker, na meranie rozpadov pôvabných a krásnych hadrónov mimo hlavný vrchol zrážky. Na príprave detektoru HFT sa podieľali výskumné tímy z FJFI ČVUT a ÚJF AV ČR. Predložená práca sa zaoberá jedinečným výskumom efektov studenej hmoty na produkciu mezónu D^0 .

Predloženú prácu hodnotím veľmi kladne. Je napísaná v anglickom jazyku na výbornej štylistickej a jazykovej úrovni. Na začiatku doktorskej práce autor zaradil úvod do problematiky prejavov studenej jadrovej hmoty, prehľad výsledkov meraní pôvabných mezónov na urýchľovači RHIC v protón-protónových zrážkach, jadro-jadrových zrážkach a deutérium-jadrových zrážkach. Kandidát venuje v práci veľký priestor skúmaniu metód strojového učenia. Na túto tému je zameraná kapitola 2. V existujúcej literatúre neexistovalo porovnanie rôznych metód na podobný fyzikálny problém, ako je topologická rekonštrukcia mezónu D^0 , na základe ktorého by bolo možné odôvodniť časté používanie metódy BDT z všeobecne známeho softvérového balíčku TMVA. Z porovnania vyplynulo, že síce prípadná implementácia metódy náhodných stromov z scikit-learn balíčku by mohla dať ešte lepšie výsledky, avšak i používaná metóda BDT má za istých okolností podobný výkon. Výsledky tohto výskumu autor publikoval v článku v JINST. V kapitole 3 autor popisuje experiment STAR. Hlavnou časťou práce je kapitola 4, kde je detailne popísaná analýza experimentálnych údajov v d+Au zrážkach pri energii 200 GeV a spôsob rekonštrukcie mezónu D^0 . Text je veľmi dobre členený a je možné na jeho základe jednak pochopiť všetky priebežné kroky a jednak validovať samotné odborné výsledky. Práca je zakončená detailnou diskusiou dosiahnutých výsledkov. Som presvedčený, že práve rozsah a hĺbka tejto kapitoly najlepšie reprezentuje komplexnosť a odbornú vyzretosť autora. Cieľom každej dizertačnej práce je dosiahnuť originálne odborné výsledky s medzinárodným presahom. Toto sa autorovi plne podarilo. Podarilo sa mu urobiť meranie produkcie mezónu D^0 v d+Au 200 GeV zrážkach v rozsahu p_T 1–5 GeV/c. Autor ukázal,

že jadrový modifikačný faktor R_{dAu} mezónu D^0 je pre p_T 3-5 GeV/c okolo 1.5 čo je podobné ako je to u ľahkých nabitých hadrónov. Preto je bolo možné overiť, že pozorované potlačenie produkcie D^0 v centrálnych zrážkach Au+Au nie je z dôvodov efektov studenej jadrovej hmoty.

Kandidát bol počas doktorandského štúdia súčasťou kolaborácie STAR a rád by som sa vyjadril ku konkrétnemu príspevku autora k predloženým výsledkom. Autor samostatne previedol analýzu experimentálnych dát z experimentu STAR a bol hlavný autor publikácie ktorá obsahovala predbežné výsledky tejto práce a tiež hlavným autorom publikácie týkajúcej sa metód strojového učenia. Lukáš Kramárik patril medzi dôležitých členov fyzikálnej skupiny Heavy Flavor v experimente STAR. Svojou aktívnou prácou aktívne ovplyvnil prácu ďalších členov tejto medzinárodnej skupiny. Sám sa zúčastnil niekoľkých behov zberu dát v BNL, bol zodpovedný za činnosť subdetektora ZDC počas celého merania.

Ako školiteľ by som chcel ešte okrem skvelých odborných výsledkov vyzdvihnúť tri veci: za prvé sa Lukáš Kramárik aktívne zapájal do mentorovania mladších študentov (bakalárska práca Tomáša Truhláře, bakalárska a diplomová práca Zuzany Moravcovej, diplomová práca Roberta Líčeníka) a za druhé Lukáš v roku 2015 založil prvú českú pobočku Young Minds Európskej fyzikálnej spoločnosti a dva roky ju viedol a v neposlednom rade Lukáš dokončil túto prácu i keď bola v najdôležitejšej fáze zasiahnutá nepriaznivým obdobím epidémie Covid 19 a následne v nej pokračoval už ako dvojnásobný otec, popri svojom hlavnom zamestnaní. Lukáš sa čestne vysporiadal s tou mimoriadne zložitou životnou situáciou a chcem mu týmto vyjadriť svoj osobný obdiv. Bolo mi ctou s ním ostatných desať rokov spolupracovať.

Ing. Lukáš Kramárik pracoval na dizertačnej práci plne samostatne, zodpovedne a mimoriadne svedomito. Dosiahol a publikoval vynikajúce originálne odborné výsledky a odporúčam prácu k obhajobe.

Doc. Mgr. Jaroslav Bielčík, Ph.D.