

Posudek oponenta bakalářské práce

Student/ka: Michaela Svěráková

Název práce: Jaderná hmota v extrémních podmínkách

Oponent/ka: Ing. Dagmar Bendová

Jednou z možností zkoumání raného vývoje Vesmíru je simulace tehdejších podmínek na moderních urychlovačích. Ve srážkách těžkých iontů jsou proto zkoumány vlastnosti horké a husté jaderné hmoty, která existovala jen velmi krátce po Velkém třesku. Tzv. kvark-gluonové plazma (QGP) je tvořeno volně se vyskytujícími kvarky a gluony, které jsou za normálních podmínek vázány v hadronech, jako je např. proton. Hlavní část práce se věnuje této problematice, částečně se pak předložená práce věnuje také srážkám protonů na experimentu STAR.

Práce je rozdělená do čtyř kapitol. V první kapitole je v souladu se zadáním provedena teoretická rešerše Standardního modelu částicové fyziky, konkrétně se pak věnuje kvark-gluonovému plazmatu a způsobům zkoumání této horké a husté jaderné hmoty. Tato část také obsahuje shrnutí experimentálních pozorování QGP, a to především nejnovějších výsledků z experimentu ALICE. Dvě následující kapitoly se pak věnují experimentálním zařízením, na kterých QGP bylo či v současnosti je zkoumáno, a výhledu jejich budoucí činnosti. Druhá kapitola tak popisuje experiment ALICE (včetně krátkého představení urychlovače LHC) a shrnuje budoucí program tohoto experimentu v oblasti zkoumání QGP. Třetí kapitola se věnuje popisu urychlovače RHIC a na něm umístěného detektoru STAR, především pak rozebírá jednotlivé součásti detektoru, jejich budoucí vylepšení a plánovaná měření. Kapitola také obsahuje část věnovanou fyzikálnímu programu a detektorům na budoucím elektron-iontovém urychlovači (EIC), jež bude v následujících letech vybudován na místě stávajícího urychlovače RHIC. Poslední kapitola se pak věnuje vlastní analýze, kterou autorka provedla na datech získaných v proton-protonových srážkách na experimentu STAR.

Z hlediska čtivosti a kvality podání informací je práce psaná hezky a srozumitelně, autorka dobře vysvětluje většinu použitých pojmů a fyzikálních jevů. Jazyk práce je na dobré úrovni. Občas se však vyskytují drobné překlepy, zapomenuté jednotky či kostrbatě formulované věty. Drobné nepřesnosti či opomenutí ve fyzikálních vysvětleních jsou ovšem v tomto stádiu studia pochopitelné.

Oceňuji také snahu o vytvoření autorských překladů anglických pojmů, které jsou v branži často automaticky přejímány v originální formě. Některé překlady jsou však bohužel nepřesné, především jde o pojmy, jež mají v češtině zavedený ekvivalent. Konkrétně zmíním např. dráhový detektor (přeloženo jako „sledovací“), četnost interakce (přeloženo jako „míra interakce“), pevný terč (přeloženo jako „pevný cíl“) či rezistivní, resp. odporové desky (přeloženo jako „restriktivní“). Jinak jsou mnohé překlady velmi zdařilé a musím pochválit snahu o vyhnutí se anglicismům v rámci dodržení formálních nároků na jazyk práce a také snahu o obohacení českého odborného jazyka. Grafická úprava práce je pěkná, především autorčiny vlastní obrázky z analýzy dat jsou přehledné a názorně ilustrují popisovaný postup. Z přejetých obrázků bych ale upozornila na Obr. 2.4, kde není simulace z ALICE, nýbrž pro detektor ATLAS. Dále by bylo vhodné, aby v některých částech byla lepší návaznost mezi

přejatými obrázky a textem – např. při popisu detektoru ALICE (Obr. 2.2) či difrakčních procesů (Obr. 4.1).

Z obsahového hlediska je poněkud nešikovné, že vlastní analýza proběhla na zcela jiných datech a fyzikálním jevu, než k čemu je vypracována rozsáhlá a pečlivá rešerše. Ve větší části práce, především v sekci k teoretické rešerši a k experimentu ALICE, je popisováno výhradně kvark-gluonové plazma a jeho experimentální projevy. V sekci výsledky je však provedena analýza na datech z proton-protonových srážek, konkrétně centrální inkluzivní produkce mezonu K_S^0 a jeho rozpad na pár pionů. Jelikož se jedná hadronovou difrakci, nemá toto téma nic společného s kvark-gluonovým plazmatem. Z formálního hlediska se nejedná o nějaké porušení zadání, neboť není specifikováno, na jakých datech má analýza být provedena. Chápu také, že účelem praktické části v bakalářské práci je především seznámení se s používanými nástroji a technickým přístupem k analýze, což je široce aplikovatelné na různá data. Také rozumím tomu, že autorka nejspíše neměla na výběr samotné analýzy moc velký vliv, a tudíž především plnila zadání, které jí bylo uloženo. Bohužel však kvůli tomu práce působí neuceleně. Mimo jiné i proto, že samotné hadronové difrakci a jejímu měření je věnován jen krátký úvod do problematiky na začátku čtvrté kapitoly. Ve třetí kapitole můžeme cítit jistý akcent na dopřednou fyziku a difrakci při popisu subdetektorů na STARu a při diskuzi k fyzikálnímu programu na EIC. Tematický přechod je přesto nečekaný (což lze pozorovat již v abstraktu) a dle mého názoru není fyzikální motivace k analýze a návaznost na předchozí experimentální výsledky dostatečně vysvětlena. Stejně tak není nikde zmíněno, z jakého důvodu došlo v rámci práce k tak náhlému tematickému přechodu.

Z hlediska referencí obecně hodnotím, že autorka se snažila zahrnout dostatečné množství zdrojů, především přejaté obrázky jsou velmi pečlivě citovány. V některých částech bych přesto uvítala pečlivější použití referencí a poskytnutí hlubšího kontextu. Konkrétně bych doporučila přesněji citovat tam, kde je zmíněn jakýkoliv objev či konkrétní hodnota (Kapitola 1), fyzikální motivace k EIC mohla také obsahovat pečlivější reference. Především bych ale na začátku Kapitoly 4 uvítala podrobnější úvod do problematiky centrální difrakce, konkrétně pak srovnání centrální exkluzivní vs. inkluzivní produkce, dále nastínit, proč měřit právě produkci K_S^0 a jeho rozpad na pionové páry, a také stručně popsat předchozího měření, na které autorka navazuje.

Samotnou praktickou část pak hodnotím velmi kladně. Vychází z předchozí práce na centrální exkluzivní produkci pionových párů provedené na datech naměřených v pp srážkách na experimentu STAR, na níž navazuje analýzou provedenou v inkluzivním kanálu. Autorka velmi pečlivě a srozumitelně popisuje jednotlivé kroky, které provedla v průběhu jí zadané práce. Finálním výsledkem je pak získání invariantní hmotnosti mezonu K_S^0 , která je ve shodě s předchozími experimenty, a výtěžek K_S^0 v centrální inkluzivní produkci pionových párů ve zmíněných datech. V závěru také autorka diskutuje možná vylepšení této práce a výhled pro budoucí kroky.

Uvítala bych, kdyby autorka při obhajobě zodpověděla následující otázky a tím reflektovala některé výše zmíněné nedostatky:

- 1) Můžete stručně zmínit, proč byla zvolena právě tato analýza, která se tematicky netýkala zadáním uložené rešerše? Jednalo se o personální či technické změny, které byly mimo Váš vliv?
- 2) Jaká je fyzikální motivace k Vaší analýze?
- 3) Můžete krátce shrnout výsledky předchozí analýzy centrální exkluzivní produkce párů nabitých pionů, kaonů a proton-antiprotonových párů na experimentu STAR (ref. [87]), na které ve své práci navazujete? Byla obdobná analýza provedena i na jiném experimentu? Jakou novou informaci očekáváte (Vy, příp. Váš tým) od zkoumání inkluzivního kanálu oproti exkluzivnímu?

Závěrem shrnuji, že studentka odvedla výbornou, a především samostatnou a pečlivou práci. Za působivé považuji, že autorka ještě před formálním odevzdáním práce stihla své výsledky úspěšně prezentovat na 3 studentských konferencích, z toho jedné interní a dvou mezinárodních. Odhlédneme-li od drobnějších výtek a tematické neucelenosti, je samotná rešerše provedena pečlivě a je srozumitelně podána. Vlastní výsledky jsou pak velmi kvalitní a na skvělé úrovni vzhledem ke stupni studia, oceňuji především jasné a přehledné vysvětlení postupu. Nedostatkem v této části je tak především chybějící kontext k provedené analýze, který doufám autorka objasní během obhajoby.

Konstatuji tedy, že předložená bakalářská práce splňuje všechny body zadání. Práci tedy doporučuji k obhajobě a navrhuji hodnocení známkou **B (velmi dobře)**.

V Praze dne 18.8.2022

Ing. Dagmar Bendová