

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	<b>Měření půvabných mezonů v experimentu ALICE</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Karla Žertová</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská práce
<b>Fakulta:</b>	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)
<b>Katedra:</b>	Katedra fyziky
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Michal Svoboda
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Ústav jaderné fyziky Akademie věd ČR

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

<b>Zadání</b>	<b>průměrně náročné</b>
<p>Téma práce se zabývá studiem těžkých kvarků v jádro-jaderných a proton-protonových srážkách z dat experimentu ALICE na urychlovači LHC. D mezonu, obsahující těžký půvabný kvark, slouží jako dobrá sonda všech částí srážky těžkých jader, jelikož vznikají ještě před ustálením kvark-gluonového plazmatu a procházejí všemi fázemi srážky. Práce obsahuje rešeršní část a vlastní práci a správné pochopení obou částí je značně netriviální.</p>	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<p>Práce obsahuje 5 kapitol a má obvyklou strukturu. První se zabývá stručným úvodem do fyziky ultra-relativistických srážek a definuje pojmy důležité pro tuto práci. Druhá kapitola ukazuje několik nedávných výsledků měření D mezonů z experimentu ALICE. Třetí kapitola popisuje urychlovač LHC a experiment ALICE na něm. Ve čtvrté kapitole je představeno nové rozhraní O2Physics používané na detektoru ALICE. Pátá kapitola obsahuje popis vlastní práce studentky a výsledky z aplikace softwaru na simulovaná Monte Carlo data. Zadání bylo splněno.</p>	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>vhodný</b>
<p>Zvolený postup považuji za vhodný. Studentka vzala data vytvořená pro staré rozhraní AliPhysics a aktualizovala úlohu zpracující data pro současnou verzi. Upravený software následně může sloužit nejen pro analýzu simulovaných dat, ale i skutečných naměřených dat.</p>	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>průměrná</b>
<p>Odborná úroveň je odpovídající pro studenta třetího ročníku. Především však v rešeršní části se studentka dopustila nepřesností a nepravd, z nichž některé zde uvádím.          „Jety jsou kaskáda kolimovaných hadronů, které vznikají z partonů v QGP ve fázi fragmentace a hadronizace...“ – Jety vznikají hlavně z vysokoenergetických partonů (kvarků a gluonů) vytvořených při tvrdých procesech a nejen přímo z QGP.          „Eliptický tok je měřítkem nerovnoměrnosti toku ve všech směrech...“ – Jelikož je to jediná definice eliptického toku v sekci, tak úplně zcela nevyjadřuje, co nám vlastně tok (nejen eliptický) vypovídá o vlastnostech srážky a vzniklého média.          „V QGP nastává barevné stínění potenciálem mezi dvěma kvarky, které zabraňuje prvotně vzniklým c a anti-c k vytvoření J/psi“ – To J/psi už v médiu existuje a hustotou média dojde k jeho „rozpuštění“, protože se mezi c kvark a jeho antičástici nahustí mnoho dalších kvarků a přeruší se tak vazba mezi nimi.</p>	

„Výzkum elementárních částic pokračoval a konečně v roce 1976 byl objeven mezon obsahující c kvark na detektoru MARK I....“ – První mezon obsahující c kvark (J/psi) byl objeven v roce 1974 skupinami v SLAC a BNL.  
„Na obrázku 1.6 je zobrazena distribuce účinnosti azimutální korelace...“ – Na obrázku je dvoučásticová azimutální distribuce nabitých hadronů, která je korigována na účinnost, podobně špatně je i popis obrázku 1.6.

**Formální a jazyková úroveň**

**průměrná**

Práce je psána českým jazykem. Oceňuji, že studentka připojila do přílohy anglicko-český slovník pojmů z částicové fyziky. Ne vždy se však zcela podařilo tohoto slovníku držet. Takovými příklady může být, že studentka v práci různě zaměňuje pojmenování pro účinný průřez, kdy někdy ho nazývá příčným průřezem a jindy jen průřezem. Matoucí je používat pro multiplicitu i slovo násobnost a střídat tato pojmenování nebo momentové rozložení místo hybnostního rozložení v sekci 3.2.1. Špatně přeložen je i popis u obrázku 2.2, kdy studentka říká „Poměry průřezu produkce D0 mezonu na jednotku rychlosti...“, kdy kromě již zmíněného účinného průřezu chybně přeložila i rapiditu na rychlost.

Práce obsahuje jen malé množství překlepů. V práci je občas nekonzistentní využívání kurzívy. Zvykem bývá psát indexy u příčné hybnosti i energie srážky bez kurzívy a v textu jsou obě možnosti. Popisek u obrázku 3.2 je chybně, jelikož obsahuje první větu z předchozího obrázku. Podobné opakování vět je i v posledním odstavci kapitoly 2.2.1, kdy první věta se nachází už v předchozím odstavci.

Vytknul bych, že v úvodní sekci by mohlo být zadefinováno více pojmů, které se v práci vyskytují. Například je zcela přeskočena definice centrality nebo multiplicity. Na začátku sekce 1.5 jsou používány veličiny  $Q$  a  $\Lambda_{\text{QCD}}$  aniž by bylo řečeno, co znamenají. V sekci 2.2.2 by bylo nutné říct, co za veličinu je  $f$ , jelikož to není obvyklá znalost a bez této definice je diskuse daného výsledku dosti matoucí.

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**výborné**

Studentka vybírala relevantní zdroj a většina důležitých údajů je vhodně ocitována. Formát citací je v pořádku. Vytknul bych volbu zdrojů pro fyzikální vlastnosti částic, jako například na straně 25, kdy bývá zvykem volit jako zdroj Review of Particle Physics od Particle Data Group. Tato skupina shromažďuje výsledky z různých experimentů a vytváří pravidelně průměrnou hodnotu například hmotnosti D mezonu a je lepší ji využít než například pouze jeden článek s jednou metodou z jednoho experimentu. Další výhradu mám ke zdroji [15], který místo na publikaci odkazuje na konferenci o stejném názvu.

**Další komentáře a hodnocení**

Studentka se seznámila s fungováním experimentální analýzy na experimentu ALICE a provedla část analýzy, což může přesahovat rámec obvyklé úrovně kandidátů o bakalářský titul.

V rešeršní části se studentka dopustila různých nepřesností a bylo by dobré ukázat více výsledků. Například v sekci o pozorovatelných veličinách QGP – obvykle se uvádí ještě jaderný modifikační faktor, obohacení produkce podivných částic v jádro-jaderných srážkách, nebo rozdíl poměrů baryonů a mezonů.

V sekci o aktuálních měřeních D mezonů bych rovněž očekával malé rozšíření. V práci jsou tři výsledky pro měření z experimentu ALICE ze srážek protonů. Nabízí se ukázat výsledky z měření srážek těžkých iontů, když byly zmíněny v předchozí kapitole a případně ukázat výsledky z jiných experimentů/urychlovačů.

### III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Předložená práce splňuje požadavky kladené na bakalářskou práci. Práce je na dobré úrovni s drobnými formálními nedostatky a s několika faktickými chybami v rešeršní části, která je i pojata kompaktně. Pozitivně hodnotím, že kandidátka provedla vlastní analýzu na simulovaných datech, seznámila se s fungováním detektoru ALICE a experimentální prací. Výstupem práce je upravený fungující software, který může být dále použit například při analýze dat ze srážek. Navrhuji, aby byl po úspěšné obhajobě Karle Žertové udělen titul Bc.

Rád bych se zeptal na tyto doplňující otázky:

V distribuci příčně hybnosti drah částic na obrázku 5.1 je v oblasti nízké hybnosti ( $<0,2$  GeV/c) plato, jedná se o záměr nebo softwarovou chybu?

V distribuci invariantní hmoty mezonu  $D_0$  na obrázcích 5.3 a 5.4 se zdá, že lineární fit nekopíruje pozadí příliš dobře, zkoušela jste i jinou funkci než lineární? Obdobně bych se zeptal pro signál, kdy je centrální bod píku zcela mimo fit.

Jsou ukázané výsledky z měření detektoru ALICE (Kapitola 2) ve shodě s měřeními z ostatních experimentů?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 23.8.2023

Podpis: 