

Posudek oponenta na disertační práci

Strana 1/3

Nadpis: Study of jet properties in Au+Au collisions at RHIC

Autor: Ing. Robert Líčeník

V Praze dne 21. 7. 2024

Disertační práce zpracovává velmi aktuální a užitečné téma měření jetů a studia jejich vlastností ve srážkách jader Au+Au v experimentu STAR na urychlovači RHIC. Toto měření je důležité i kvůli porovnání výsledků s analogickými výsledky ze srážek jader na urychlovači LHC. Text obsahuje kromě úvodu a shrnutí ještě osm kapitol, jenž představují samotný projekt disertační práce, ale rovněž i práci na servisním úkolu (service task) a popis dalších projektů, kterých se autor podstatně účastnil. Doplněn je pak čtyřmi dodatky a otištěné jsou i tři příspěvky do sborníků z konferencí, na kterých se Robert Líčeník zásadně podílel.

Kapitoly 1-4 představují teoretický úvod k tématu práce. První z nich je nadepsána „Standardní model“ a věnuje se silným interakcím jakožto jeho části Standardního modelu, relevantní pro tuto práci. Mohla by padnout otázka, zda je pro disertaci na toto téma nutné sepsat tři strany vysloveně historického úvodu o částicové fyzice, ale chyba to není. V druhé kapitole jsou představeny základní pojmy z fyziky srážek těžkých iontů. Přehled je vcelku obecný, až na výběr pozorovaných jevů v podkapitolách 2.4.1-2.4.4: anizotropní tok, produkce podivnosti, kvarkonia a přímá produkce fotonů. Není úplně zdůvodněno, proč byly vybrány právě tyto jevy, když nemají zvláštnější vztah k produkci jetů. Kapitola 3 je důležitá, protože podává úvod do fyziky jetů, na které je tato práce zaměřena. Obsah je adekvátní, v následujícím textu mi chybělo jenom lepší vysvětlení, co je to „groomed radius“ (upravený poloměr?) a jak se určuje experimentálně. Experiment STAR a urychlovač RHIC, ze kterých pocházejí data v této disertaci, jsou představeny v Kapitole 4.

Vlastní disertační projekt je představen v kapitolách 5 a 6. Kapitola 5 je nejobsáhlejší, protože podrobně pojednává o analýze, kterou autor provedl. Analýza je podrobně vysvětlena. Mám doplňující otázky, které uvádím níže. V šesté kapitole jsou pak představeny výsledky.

Sedmá a osmá kapitola jsou důležitým doplňkem k hlavnímu tématu, protože podávají zprávu o servisním úkolu, který autor pro kolaboraci STAR odvedl a o jiných projektech, na kterých v rámci své pracovní skupiny významným způsobem spolupracoval. V dodatcích jsou představeny některé technické detaily a na závěr celé tištěné práce jsou zařazeny faksimile tří

článků autora, které vyšly jako příspěvky ve sbornících z konferencí.

Práce je napsaná anglicky, jazyk i grafická stránka jsou kultivované.

Určitým problémem analýzy a výsledků je, že nejsou přijaté kolaborací k publikování. To je zřejmě způsobeno systematickými nejistotami a ovlivněním (bias) kvůli použití HT2 triggeru.

Mám připomínky k několika detailům ve formulování textu:

- Na začátku kapitoly 2.3 je tvrzení, že při srážce dvou jader se předpokládá, že jednotlivé binární nukleon-nukleonové srážky jsou na sobě nezávislé. To ale obecně není pravda. S počtem binárních srážek se očekává škálování tvrdých procesů, například jetů analyzovaných v této práci. Obecně však pro produkci většiny hadronů neplatí, že by škálovala s počtem binárních srážek.
- Obrázek 2.3 je v komunitě natolik rozšířený, že se asi málem považuje za kánonický, a málokdo přemýšlí o jeho informativní hodnotě. Proto jeho použití nehodnotím jako velkou chybu, ale vyzývám k přemýšlení, co s takovým obrázkem chceme ilustrovat. Obrázek je totiž značně matoucí, když ho rozebereme do detailů: co například představují ilustrace deformovaných anizotropií reliktního záření v kombinaci s deformovanými stopami v detektoru? Podobných otázek by bylo více. Méně problematickým příkladem převzatého obrázku, kde nejsou všechny detaily vysvětleny je Obr. 2.9.
- V kapitole 2.5 je „smooth crossover“ v závorce vysvětlen jako „mixed phase transition“, což není jasně definovaný pojem a je spíš nepřesné.
- Hranaté závorky s indexem "+" v rovnici (3.3) nejsou definované. Rovnice (3.4) je nedefinuje.
- Údaj o ztrátě energie za rovnicí (3.10), který je 10 GeV/fm: je matoucí, že vztah (3.10) určuje celkovou ztrátu energie, ale výsledek je přepočítaný na 1 fm. Dále je tvrzení, jako kdybychom z výsledku mohli vyvodit, že tato ztráta energie je mnohem větší než v chladné jaderné hmotě. Tu však tady neznáme, takže takovou implikaci v textu nemůžeme dělat.
- V popisu algoritmu SIScone na str. 51 nevíme, co je to overlap parameter a transverse momentum threshold.
- Klíčovým pojmem v kapitole 5.3 je plocha jetu (jet area), ale její přesná definice chybí.

Dále mám na autora tyto otázky, které prosím prodiskutovat u obhajoby:

- Jak vysoko v p_t jetů by bylo možné jít v analýze, kdyby se omezila jen na kalorimetrické měření a nebrali by se stopy v TPC?
- Z energie měřené ve věžích BEMC se odčítává celá energie z příslušných drah, přičemž správnější by bylo odečíst jenom její část (která však není známa). Jaký vliv má tato volba na celkovou energii zrekonstruovaného jetu a její systematickou nejistotu?
- Odkud pochází ostrý pík pro $R_{\text{corr}} = 1$ na obrázku 5.7?
- Jak je definovaná a počítaná plocha jetu?
- Co by bylo potřeba udělat, aby se snížila nejistota ovlivnění měření vyplývající z implementace HT2 triggeru?
- Co chybí k tomu, aby prezentované výsledky mohli být kolaborací schválené pro publikaci? Tato otázka je klíčová, jelikož práce doposud nebyla kolaborací schválená.

Tato práce ukazuje, že disertant dokáže vědecky pracovat. Doporučuji proto přijmout ji k obhajobě a v případě uspokojivého vysvětlení všech otázek, zejména důvodu dosavadního nepřijetí výsledků kolaborací, přiznat Robertu Líčeníkovi titul Ph.D.

prof. Dr. Boris Tomášik