

Oponentský posudek na doktorskou disertační práci doktorandky

Mgr. Jany Novákové

“Monte Carlo Simulations of the Tile Calorimeter and Measurement of the $Z \rightarrow \tau\tau$ Cross Section with the ATLAS Detector“

Disertační práce se věnuje třem tématům, která spolu více či méně souvisejí: popisuje Monte Carlo simulace hadronového Tile kalorimetru, který je součástí detektoru ATLAS, jednoho z hlavních experimentů na urychlovači LHC v CERN, zejména jak se z dat stanovuje šum elektroniky a vliv doprovodných měkkých proton-protonových srážek (tzv. pile-up) a jak se tyto implementují do simulací odezvy detektoru tak, aby tato data popisovala. Dalším tématem je popis odhadu účinnosti měření elektronu v detektoru ATLAS, kde podrobněji je rozebráno stanovení účinností identifikace a izolace elektronu a triggeru založeného na hledání jednoho elektronu v detektoru. V poslední části je představen postup vedoucí k měření účinného průřezu procesu $Z \rightarrow \tau\tau$ pro tři rozpadové kanály, a to na $\tau_e\tau_\mu$ (jeden τ -lepton na elektron a neutrino, druhý na mion a neutrino), $\tau_\mu\tau_h$ (jeden na mion a neutrino, druhý na hadrony a neutrino) a $\tau_e\tau_h$ (jeden na elektron a neutrino, druhý na hadrony a neutrino), kde podrobněji je rozebrán poslední kanál. Výsledky byly získány z událostí s invariantní hmotou systému $\tau\tau$ v intervalu 66 až 116 GeV z dat nabraných v roce 2011 experimentem ATLAS a odpovídají integrální luminozitě 1.34 až 1.55 fb^{-1} .

Disertační práce má 88 stran, sestává ze 6 hlavních kapitol, z obsahu, dodatků A a B a ze seznamu literatury čítajícím 48 referencí. Práce je napsána velmi dobrou angličtinou, logika řazení faktů a vyjadřovací schopnost jsou na velmi dobré úrovni. Hlavní a důležitá fakta jsou vhodně ilustrována – až na výjimky, které jsou diskutovány níže.

V první kapitole je nastíněn význam každého ze tří diskutovaných témat a jejich volné spojení. K důvěryhodnému měření procesu $Z \rightarrow \tau\tau$, a zejména jeho rozpadového modu $\tau_e\tau_h$, je zapotřebí spolehlivá identifikace jak elektronu, tak τ -leptonu rozpadajícího se hadronově, k čemuž je zapotřebí rozumět jak elektromagnetickému, tak hadronovému kalorimetru. Ve druhé kapitole jsou nastíněny ty části detektoru ATLAS, jež jsou pro konečnou analýzu klíčové, a menu hlavních fyzikálních témat experimentu ATLAS. Třetí kapitola podává stručné vysvětlení o tom, jak Tile kalorimetr funguje a jak se do Monte Carlo simulací zavádějí poznatky získané z reálných dat o elektronickém šumu a vlivu parazitických, měkkých p-p srážkách. Cílem je zlepšit popis dat takovými simulacemi, což je částečně dokumentováno. Čtvrtá kapitola se věnuje podrobnému popisu kroků vedoucích k odhadu celkové účinnosti detekce elektronů v detektoru ATLAS, tedy zejména stanovování účinnosti výběru událostí, rekonstrukce, identifikace, triggeru a izolace. Je vysvětlena tzv. Tag & Probe metoda, jež se s výhodou používá ke stanovení účinností mnoha objektů v experimentu ATLAS. Zavádí se pojem škálovacích

faktorů, které kvantifikují rozdíl mezi účinnostmi získanými z dat a z daného vzorku simulace, a také odhad jejich systematických chyb. Pátá kapitola mapuje cestu od hrubých dat k datům opraveným o mnohé detektorové efekty, zejména při stanovování účinnosti detekce elektronu, mionu a tauonu rozpadajícího se hadronově; jsou zavedena výběrová kritéria k potlačení hlavních zdrojů pozadí, vysvětlen odhad pozadí a několika zdrojů systematických chyb konečného měření. Tím je hodnota účinného průřezu procesu $Z \rightarrow \tau\tau$ v kinematické oblasti invariantní hmoty páru $\tau\tau$ v rozmezí 66 až 116 GeV. Tento výsledek dobře souhlasí s předpověďmi poruchové QCD, do nichž jsou započteny příspěvky vyšších řádů.

Všechna tři témata jsou aktuální a práce na nich takřka nezbytná v každé, ale zejména rané, fázi běhu experimentu, jak je dobře vysvětleno v první kapitole.

Na práci vyzvedávám její čtivost, která je dána velmi malým počtem překlepů, velmi dobrou a pečlivou angličtinou, pečlivým značením a popisem obrázků, snahou vysvětlit každý symbol v rovnicích a opakováním některých faktů, které již zazněly dříve v textu.

Čtivost práce by naopak ještě více zlepšilo přidání pár obrázků dokumentujících názorně to, co se v textu někdy zdlouhavě musí opisovat, to platí pro všechny kapitoly s výsledky. Dále bych vřele doporučoval zmínit na začátku každé výsledkové kapitoly, které obrázky či výsledky pocházejí skutečně z rukou doktorandky.

Body, které mi v disertaci chyběly, kterým jsem neporozuměl, nebo které by stály snad za zamyšlení, jsou následující:

- V celé třetí kapitole, která pojednává o opravování MC simulací tak, aby lépe popisovaly data, je jediný obrázek ukazující srovnání simulací s daty, v tomto případě zahrnutí do simulace netriviální funkce šumu v závislosti na energii cely. Zároveň je naznačeno, že jemnější vlastnosti, jako např. šumové korelace mezi jednotlivými kanály, se popsat ještě nedaří. Bylo by velmi zajímavé vidět další srovnání dat a simulací, a to i pro případy ovlivněné pile-up, případně s krátkou diskusí, co a jak zlepšit, pokud popis dat není ideální.
- Ve čtvrté a páté kapitole jsem neporozuměl často užívanému spojení “scale factors are used as weights in the MC simulations”. Z disertace dle mého názoru vyplývá, že tyto škálovací faktory jsou použity pouze při stanovování korekčního faktoru C_Z v samém závěru analýzy. Pokud je však potřeba je implementovat do MC simulací již dříve, pak by bylo záhodno vidět (opět nejlépe pomocí obrázků), jak zlepšují popis dat.
- Bylo by moc dobré vidět důkaz (obrázek), že rovnice (4.5), jež se aplikuje na škálovací faktory pro účinnosti identifikace, je oprávněná. Škálovací faktory pro účinnost triggeru (obr. 4.6) a izolace (obr. 4.7) naznačují, že závislost na příčném impulsu je nezanedbatelná v každém binu pseudorapidity.

- Bylo by možné dodat detailnější informace o postupu pro měření konečného účinného průřezu, který se vysvětluje v páté kapitole? Například jak dobře jsou drženy pod kontrolou migrace při odhadu akceptance A_Z a korekčního faktoru C_Z z oblastí mimo oblasti zájmu? Práví se, že čítec prvního je totožný se jmenovatelem druhého, avšak pro každý se používá jiný generátor případů, a tedy jiné výchozí podmínky při generaci. Jakou to hraje roli? Proč se v obou případech jedná o “centrální“ hodnoty? Středuje se přes více hodnot? A na konec neměla by být oblast invariantní hmoty páru tauonů, do níž se provádí oprava-extrapolace účinného průřezu, širší než jen 66 až 116 GeV, aby takto opravený účinný průřez mohl být nazván totálním?

Závěrem bych chtěl ocenit snahu o vytříbenost a kompaktnost práce. Ačkoliv doktorandka pracovala na více tématech, vybrala výsledky jen těch, která spolu souvisejí, a zároveň z dat nových, ale již pochopených. Na druhou stranu neškodilo by uvést srovnání se staršími daty tam, kde je to vhodné.

Výsledky jsou původní, nové a vhodné k dalšímu srovnávání jak s teoretickými výpočty, tak s předpověďmi generátorů případů. Prezentované výsledky jsou již veřejné a brzy lze očekávat publikaci za kolaboraci ATLAS. Z tohoto všeho je patrné, že doktorandka je schopna samostatné a tvořivé vědecké práce. Proto doporučuji tuto práci akceptovat jako disertační a po úspěšné obhajobě udělit Mgr. Janě Novákové akademický titul *pilosophiae doctor* v oboru Fyzika, Jaderná a částicová fyzika.

Praha, 25. 06. 2012

Mgr. Marek Taševský, PhD.