

Oponentský posudek k disertační práci

Jana Kašpara

Elastic scattering at the LHC

Vypracoval Mgr. Alexander Kupčo, Ph.D.

Disertační práce Jana Kašpara se zabývá elastickým rozptylem protonů na urychlovači LHC v ženevské laboratoři CERN. V první části se věnuje fenomenologii popisu pružného rozptylu. Nejprve přehledně shrnuje současné nejrozšířenější modely hadronové amplitudy. Největší důraz je pak kladen na interferenci této hadronové složky s Coulombovskou amplitudou odpovídající elektro-magnetické interakci. Rozebírá klady a zápory jednotlivých přístupů a diskutuje relevantnost předpokladů, které stály za odpovídajícím modelem. Cennou částí je autorův kód Elegend, do kterého tyto modely naprogramoval a který umožnil numerické porovnání těchto různých přístupů pro LHC energie. Autor použil tento kód ke studiu rozdílů mezi modely a jejich relevantnost pro měření na LHC. Ukázal, že přesnější postupy mohou být fenomenologicky podstatné pro pozdější fáze experimentu TOTEM, kdy se plánuje měření na velmi malé úhly, pro které je relevantní právě interference mezi Coulombovskou a hadronovou amplitudou.

Druhá kapitola je věnovaná stručnému popisu experimentu TOTEM v jehož rámci Jan Kašpar prováděl měření elastického rozptylu presentovaného v této práci. Součástí je i popis optiky urychlovače LHC. V experimentu TOTEM se Jan Kašpar podílel především na vývoji rekonstrukčních algoritmů pro dráhy protonů a následnou kalibraci pozice jednotlivých detektorů. Těmto tématům jsou věnovány třetí a čtvrtá kapitola a tvoří hlavní experimentální část. Obě problematiky jsou zpracovány velmi pečlivě. Po experimentální stránce si cením hlavně toho, že je vždy použito několik pokud možno nezávislých metod. Například určení pozice detektorů bylo provedeno několika nezávislými metodami, včetně testů na svazcích a in-situ za použití elastických případů. Velká pozornost je věnována klasifikaci jednotlivých módů posunutí a citlivostí pro jednotlivé metody. Několik tzv. slabých módů, jako například celkové posunutí detektoru v transversální rovině, nebylo možné pomocí standardních metod provést a musely být zafixovány až pomocí měření elastických případů.

Poslední kapitola je pak věnována měření účinného průřezu pružného rozptylu v závislosti na úhlu rozptylu. Jedná se o první měření publikované experimentem TOTEM. Jan Kašpar se v této kapitole zaměřuje především na svůj příspěvek k tomuto měření, který se týkal korekce na akceptanci detektoru a korekci na vliv rozlišení detektoru. V závěru jsou pak výsledná data porovnána s předpověďmi pro různé modely hadronové amplitudy, tak jak byly diskutovány v první části. Zjišťuje, že ani jeden z modelů nepopisuje data dostatečně přesně.

Tematickým zaměřením je disertační práce velmi aktuální. Jedná se o zpracování prvních výsledků měření při těžišťové energii 7TeV. O fyzikální důležitosti proměření elastického rozptylu protonů na velkých energiích svědčí i to, že byl pro tyto účely na LHC postaven dedikovaný experiment. Pro ostatní experimenty na LHC je nejdůležitější hodnota celkového účinného průřezu proton-proton srážky, která je na základě optického teorému odvozená právě z měření pružného rozptylu a která je pro tyto experimenty důležitá pro absolutní normalizaci měřených účinných průřezů, tj. pro určení nabrané luminozity.

Podle mého soudu je práce zpracována na velmi vysoké úrovni a to jak po stránce odborné, tak i jazykové a grafické. Je psána velmi dobrou angličtinou s opravdu minimem překlepů. Velmi chválím grafickou úpravu textu, i méně podstatné grafy jsou velmi pěkně zpracovány. Zde je jedna z mála mých výtek. Tento vysoký standard nebyl udržen při presentaci celkového výsledku měření účinného průřezu, Fig. 5.14. Vzhledem k tomu, že se jedná o hlavní výsledek, ke kterému celá práce směřovala, byl by si jistě zasloužil víc pozornosti. Data jsou zde presentována jen jako nevzhledná zalomená čára, a co je horší, úplně chybí informace o statistické a systematické chybě měření.

Odborná stránka práce je také výborná. Především kladně hodnotím spojení fenomenologické a experimentální části, bývá vzácností, že jsou obě na tak dobré úrovni. O jejich úrovni svědčí mimo jiné dvě publikované práce v rámci fenomenologické části a dva vnitřní dokumenty experimentu TOTEM týkající se rekonstrukce drah a vlivu rozmazání svazku na výsledné měření. Z tohoto hlediska mi přijde nejslabší poslední část týkající se finálního měření účinného průřezu pružného rozptylu. Autor píše, že se zaměřuje na svůj vlastní příspěvek a to především na opravu dat vzhledem k akceptanci a vzhledem ke konečnému rozlišení detektoru. Ale i v těchto částech mi některé věci chybí. Určitě by bylo zajímavé vidět měření rozlišení detektoru v úhlu přímo z dat. Autor zmiňuje pouze výsledek. Pro proceduru opravy dat by však bylo zajímavé vidět i samotné rozdělení a především to, jak dobře je aproximováno normálním rozdělením, které bylo nakonec v této proceduře provedeno. Samotná presentace výsledků v závěrečné kapitole mi přijde slabá. Chybí mi především tabulka s výsledným naměřeným účinným průřezem spolu se statistickými a systematickými chybami. Ty nejsou zobrazeny ani ve výsledném obrázku 5.14. Nelze tak zjistit, jak moc jsou opravy a jejich systematické chyby, kterými se autor zabýval, relevantní pro celkový výsledek. Také to znemožňuje posoudit, jak moc jsou pozorované rozdíly mezi daty a fenomenologickými modely relevantní.

Na autora práce mám následující otázky pramenící pravděpodobně spíš z mého nepochopení textu. Proč se chyba v rovnici (3.31) škáluje s inverzní odmocninou počtu zásahů, když v předchozím odstavci je uvedeno, že přesnost měření polohy prakticky na počtu zásahů nezávisí? Jak se nakládalo s rozmytím svazku v podélném směru podél osy svazku? Pro proměření polohy detektorů bylo použito relativně málo dat, kdy byly ve svazku jak horizontální tak i vertikální římské hrnce. Nešlo použít i ostatní data, alespoň pro určení částečné kalibrace polohy? Jak přesně se z naměřeného zkreslení magnetického pole, tj. parametrů a a b v rovnici (4.90) doladila mapa magnetického pole LHC? Co přesně určilo škálu proměnné t ? Jinými slovy, když magnety, jejich poloha a síla magnetického pole nebyla přesně známá, což vedlo k pootočení drah, nemůže se taky změnit úhel, čili jejich vzdálenost od osy svazku? Co fixuje onen přechod od měřeného úhlu rozptylu k tomu skutečnému? Když se naměřila daná hodnota t , jak velkou chybu lze očekávat díky nedokonalé znalosti magnetického pole LHC?

Celkově hodnotím práci Jana Kašpara velmi kladně. Množství odvedené práce je obrovské a výsledky jsou přínosné jak pro fenomenologii protonu tak i pro samotný experiment TOTEM, kde autor podstatně přispěl k prvním publikacím této kolaborace. Autor prokázal předpoklady pro samostatnou vědeckou práci, což dokumentují již výše zmíněné publikace. Doporučuji tak jeho práci k obhajobě.