

Posudek na dizertační práci ing. Ladislava Chytky

Design of radiation resistant descendant of the ALFA detector, detector AFP

Předložená práce se skládá z 9 kapitol, úvodu a závěru, přičemž hlavní příspěvek autora je podrobně uveden v kapitolách 3 až 5 a 7-9.

Téma doktorské práce

Hlavní fyzikální motivací práce je měření celkového účinného průřezu a difrakčních procesů v interakcích proton-proton v experimentu ATLAS. Výsledky měření umožní srovnání těchto procesů s teoretickými výpočty, např. v rámci kvantové chromodynamiky aplikované v tzv. tvrdé difrakci. Tematiku práce lze rozdělit na dvě oblasti: simulace detektorů používaných v experimentu na detekci výše uvedených interakcí, ALFA a AFP, a na vývoj nového subdetektoru, TOF, který je potřebný pro odstranění pozadí a pro lepší identifikace difrakčních případů.

Obsah práce

Kapitola 1 se zabývá popisem experimentu ATLAS a podrobnějším popisem detektorů ALPHA a AFP a jejich umístěním u svazkové trubice urychlovače LHC. Kapitola 2 stručně shrnuje základní fyzikální problematiku související s měřením elastického a celkového účinného průřezu a difrakčních procesů

Kapitola 3 je věnována simulaci přední oblasti detekčního komplexu ATLAS, která obsahuje různé magnety umístěné kolem svazkové trubice a detektory ALPHA a AFP. Autor se zabývá simulací pohybu protonů ve svazkové trubici od interakčního bodu až po detektor AFP. Provádí srovnání polohy protonu stanovenou

v rámci tzv. plné simulace s polohou obdrženou s použitím simulačního balíku ALFA_BeamTransport. Prezentované histogramy rozdílů souřadnic poloh dokazují velmi dobrý souhlas mezi oběma simulacemi.

V kapitole 4 se autor dizertace zabývá vlivem dvou magnetických polí aparatury ATLAS na přesnost měření detektoru ALFA. Za tímto účelem použil simulační balík programů experimentu, s jehož pomocí simuloval transport protonů do ALFA. Srovnává rozdělení souřadnic polohy protonu jestliže jsou magnetická pole nulová s rozděleními, která byla získána se standardními magnetickými poli a dochází k závěru, že tento vliv je zanedbatelný. Na druhou stranu srovnání prostorového rozlišení simulovaných případů s experimentálními daty ukázalo nesouhlas.

V šesté kapitole je popisován detekční systém TOF a to jak uspořádání čerenkovských radiátorů tak detekce v MCP fotonásobičích s následnou elektronikou, trigrovací soustavou a sběrem dat.

V kapitolách 7-9 jsou uvedeny výsledky získané při testech izolovaného detektoru TOF tak i při regulérním činnosti experimentu ATLAS, kdy TOF byl přiřazen do AFP a integrován do systému sběru dat experimentu. Kapitola 7 podrobně popisuje testování jednotlivých komponent detektoru TOF a rovněž tak celého systému na testovacích svazcích v letech 2015-2017. Hlavním cílem je stanovení časového

rozlišení TOF příspěvků jednotlivých komponent do této veličiny. Autor ukazuje velice podrobnou analýzu různých vlivů, které vedly k návrhu různých modifikací některých částí TOF. Je detailně zkoumán vliv přeslechů mezi čerenkovskými radiátory, vliv způsobený MCP-fotonásobiči. Dále byla ověřována účinnost jednotlivých kanálů TOF. Kapitola 8 se zabývá testováním MCP fotonásobiče a SiPM detektoru s pomocí laseru, které bylo prováděno ve Společné laboratoři optiky. Cílem bylo lepší stanovení příspěvku těchto komponent, než bylo dosaženo na testovacích svazcích. V kapitole 9 jsou prezentovány výsledky odezvy TOF instalovaném do AFP při regulérním provozu experimentu ATLAS. Byla stanovena účinnost TOF v závislosti na poloze detekovaného protonu v křemíkovém detekčním systému SiT a časové rozlišení jednotlivých čerenkovských radiátorů.

Zhodnocení výsledků dizertační práce

- Autor dizertace přispěl do analýzy dat, které byly obdrženy při registraci částic v detektoru ALFA. Ze simulovaných dat prokázal zanedbatelný vliv magnetických polí experimentu ATLAS na rekonstrukci drah. Tento výsledek byl z hlediska přesnosti určení kinematických proměnných drah důležitý, neboť tím dovilil omezit systematické neurčitosti jejich hodnot.
- Autor práce významně přispěl k realizaci detektoru TOF při všech fázích jeho vývoje od prvních prototypů až po jeho integraci do experimentu ATLAS. Výsledky jeho metodické práce postupně vedly ke zlepšování kvality detektoru, jehož konečné časové rozlišení stanovené při běžném provozu detektoru bylo na řádově úrovni, uvedené v návrhu detektoru TOF. Velmi oceňuji výsledky odhadu příspěvků jednotlivých částí TOF do časového rozlišení a účinnosti detekce, které měly dopad i na vývoj komponent TOF jejich výrobci.

Připomínky a dotazy

- Vzhledem k rozsahu práce je přirozené, že jsou v ní některé překlepy a formální chyby např. některá anglická souvětí jsou méně srozumitelná a nevhodně formulované.
- Ve vztahu 2.11 má být σ místo σ^2 , vztahy 2.10 a 2.11 jsou v jednotkách $\hbar=c=1$, zatímco 2.14 je nepoužívá.
- Tabulka 4.5. Bylo by vhodné uvést jednotky, v nichž je uváděno rozlišení.
- Obr. 7.20, 7.29. Střední hodnota celého sledu (train) je na úrovni 0, zatímco střední hodnoty jednotlivých radiátorů jsou negativní. Zřejmě se jedná o posun škály.
- Text pod obr. 9.6. Tvzení, že amplitudy jsou nízké je nepřesné, neboť jsou negativní. Myslí se tím zřejmě jejich absolutní hodnota.
- V kapitole 4 autor uvádí, že rozlišení v měření souřadnic se liší mezi simulací a experimentálními daty. Vzhledem k tomu, že jedním z fyzikálních výsledků je měření veličiny t , bylo by vhodné stanovit, jaký má tento efekt vliv na měření t .
- Účelem TOF detektoru je stanovit souřadnici z vrcholů interakcí. Ke zdůvodnění požadovaného časového rozdělení by bylo vhodné uvést rozdělení primárních vrcholů interakcí, která jsou jistě známá z jejich měření experimentem ATLAS, pro různý pile-up.
- Na obr. 7.31 jsou uvedeny relativní účinnosti kanálů TOF, přičemž autor uvádí, že celkové účinnosti byly menší než v r. 2016 (obr. 7.25). Mohl by autor jaká byla tato účinnost v r. 2017?
- Některé SiPM mají zisk velmi závislý na teplotě. Byl pozorován tento efekt i na testovaných SiPM?

Splnění cíle práce

Výše uvedené připomínky nijak neznehodnocují výsledky ani autorovy závěry. Je zřejmé, že přínos autora ke konečným výsledkům je značný. Podle mého názoru odvedl dobré dílo a je evidentní, že danou problematiku do hloubky zná. Za výsledky, které jsou uvedeny v dizertaci je vidět obrovský kus práce. I když LHC data registrována TOFem nedosáhla z hlediska účinnosti a rozlišení úrovně obdržené na testovacích svazcích, z důvodů uvedených v dizertaci, realizace detektoru TOF má význam nejenom pro experiment ATLAS, ale i v rámci generického vývoje detekční techniky, která může být použita i v dalších projektech

Autor prokázal samostatně a tvořivě vědecky pracovat. Autor dizertace je spoluautorem několika článků publikovaných v recenzovaných časopisech. Předkládaná dizertační práce splňuje podmínky kladené na její úroveň a proto navrhuji, aby Ing. Ladislavu Chytkovi byl po úspěšné obhajobě udělen titul Ph. D.

V Praze 18. 1. 2019

Prof. ing. Josef Žáček, DrSc.

ÚČJF MFF UK

Oponentský posudok na dizertačnú prácu Ing. Ladislava Chytky.

Predkladaná dizertačná práca Ing. Ladislava Chytky je svojim obsahom metodická práca zameraná na detektorovú fyziku s cieľom preskúmať možnosti a optimalizovať hlavne dopredný (forward) detektor AFP experimentu ATLAS. Práca, napísaná v anglickom jazyku, je pomerne rozsiahla – je napísaná na 180 stranách. Práca je založená na autorových publikáciách resp. na publikáciách s autorovou účasťou. Väčšinou sa jedná o webové e-dokumenty, ale aj o časopisy ako *Physics Letters* (1 publikácia), *Journal of Instrumentation* (2 publ.), *Jemná mechanika a optika* (2 publ.) a *Nucl. Inst. Meth A* (1 publ. Subm.). Samotná práca pozostáva z Úvodu, troch kapitol resp. deviatich sub-kapitol a Záveru. V Úvode autor dáva stručný popis jeho práce. V prvej kapitole sa autor venuje urýchľovaciemu komplexu LHC, popisu detektora ATLAS a jeho dopredným detektorom (ALFA a AFP). Druhá časť kapitoly pojednáva o zväzkovej optike, teda o transporte častíc od miesta interakcie do AFP a ALFA a ďalej sa krátko diskutujú otázky doprednej fyziky a fyziky za štandardným modelom. Druhá kapitola v troch častiach pokrýva simulácie doprednej (forward) oblasti experimentu ATLAS a týka sa rôznych aspektov detektorov ALFA a AFP. Tretia kapitola (štyri sub-časti) sa zaoberá vývojom ToF (time-of-flight) detektora pre AFP. Jedná sa hlavne o popis a výsledky testovacích experimentov (beam tests) a laboratórnych testov, kde boli preskúmané základné vlastnosti ToF detektora. Posledná časť pojednáva o inštalácii a komisioningu ToF detektora. V Závere sú zhrnuté výsledky dizertačnej práce.

Pozitíva a negatíva práce. Autor realizoval celý rad simulácií skúmajúcich rôzne aspekty dopredných detektorov a pozitívne treba hodnotiť tú skutočnosť, že autor sa zúčastnil mnohých experimentálnych testov zameraných hlavne na testovanie ToF detektora. Táto činnosť viedla poznatkom, ktoré majú zásadný význam pre detektory AFP a ALFA. Za určitý nedostatok považujem tú skutočnosť, že práca neobsahuje konkrétne fyzikálne výsledky týkajúce sa elastickeho či difrakčného rozptylu, na ktoré sú dopredné detektory zamerané.

Prípomienky k práci:

Sec.1.2.3/s.17/r.1: “ToF achieved 20 ps time resolution during beam test campaigns [P14]”
-> avšak v testoch popísaných v práci testovaný ToF takéto rozlíšenie nedosiahol...

Sec.2.2/s.23/eq.2.11 a 2.12: zdá sa, že Eq.2.10 sa premenná t používa v 2 rôznych významoch - ako Mandestamova premenná (prostredná časť eq.) aj ako čas (pravá strana eq.). Ak premenné N_{el} a N_{inel} nepredstavujú “rate”, teda počet eventov/sec, potom vzťah 2.11 nie rozmerovo v poriadku. Ako sú určené N_{el} a N_{inel} ?

/Eq.2.14: „vzťah 2.14 si žiada bližšie vysvetlenie – silná interakcie sedí v 2. (interferenčnom) a 3.člene, pritom slope B je koeficient potlačenia silných interakcií so vzrastajúcim mandelstamovským t “ – je to tak?

Sec.2.4/s.28/Fig.2.8: obrázok je prehustený - efektívne obsahuje znázornených 9 kriviek a nie 13 ako je v legende.

Sec.3.1.1/s.33/1.odst: o aproximácii magnetického poľa: „it was decided to use analytical description as the default one.“ - > (iná možnosť je tam mapa magnetického poľa) aká je systematická chyba (napr. uhla rozptylu) spojená s touto aproximáciou.

Sec.3.2/s.34/koniec 1.ods.: „The difference between ForwardSimulation and MadX was shown to be less than $0.08 \mu\text{m}$ “ -> čo to prakticky znamená - napr. pre neurčitosť priecnej hybnosti protónu?

Sec.3.2.2/s.43/3.ods.: „...the default physics list was used.“ -> Čo obsahuje default list? Aspoň referencia je potrebná.

ALFA: odhad efektu poľa centrálného detektora. (pole zapnuté resp. vypnuté) na transport častíc do jednotlivých komponent detektora ALFA.

Sec.4.2.2.1: „There are visible differences between the field on and the field off case.“ -> boli by vhodné nejaké kvalitatívne resp. kvantitatívne argumenty, že je to významné.

Sec 4.2.3.2: „In y distribution (Fig. 4.10, 4.11), there is a visible bin migration“ - ako sa to prejavuje - pomer (ratio) je blízky 1 a zdá sa, že všetko je v rámci štatistickej neurčitosti.

Sec. 4.2.3.3: „Fig. 4.12 and 4.13 show rather large difference (in x and y coordinates)— in order of tens of microns.“ - chyba mi to škála toho čo je a čo nie je veľké.

/s.55/3.ods: „The shapes of the difference distributions are coming from the placement of the fibers in ALFA detectors.“ Bolo by možné zidealizovať rozmiestnenie vlákien?

Sec.4.2.3.4/1.r: Keď hovoríte o „reconstructed t values“ máte zrejme na mysli Mandelstamovu premennú. Chcelo by to niekoľko slov o tom ako sa táto premenná rekonštruje.

Sec.4.2.3.5: Ohľadom Fig. 4,18: „...there is 1% difference on event-by-event basis.“ -chceli ste povedať, že štandardná odchýlka rozdelenie relatívneho rozdielu v t -premennej je 1%.

/s.61/1.ods.:

„Event-by-event comparison shows a rather large tails and it turns out that they are caused by very small t values.“ - nijaký „tail“ ja tam nevidím, ale je to vec názoru... kritériom je odchýlka od Gausa?

Selekcia $-t < 0.05 \text{ GeV}^2$ zahadzuje malé uhly (aké konkrétne?) nemôže to byť problém pri skúmaní el. rozptylu?

Sec. 4.2.4/s.62:

„...I generated 5 million elastic protons.“ -> „...I generated 5 million protons from elastic pp scattering.“ alebo niečo podobné.

p.64-Fig.4.22: rôzne farby sú použité v obrázkoch a v *ratio pad*. Chýba popis ordinaty (os y) a tiež ndf v legende..

/s.65/posledný ods. a p.65/ Fig.4.23: bad χ^2 – keď sa berú len štatistické fluktuácie pri vysokej štatistike je prirodzené mať veľký χ^2/ndf - vyžaduje si to zahrnúť systematicku.

s.66/2.ods./posledná veta: “ the effect of the field on the t measurement of elastic protons is 0.3%” – Prakticky to znamená, že efekt je zanedbateľný, nakoľko rekonštrukčné rozlíšenie je 3%.

s.96/koniec strany: „the double Gaussian fit describes the distribution better, the simple Gaussian fit of the central part ($\sim 1.5\text{FWHM}$) was used for the time resolution analysis later on“. Nie som si istý či je to korektné - to rozlíšenie bude zidealizované. Čo je zdrojom „delayed pulses“, ktoré odpovedajú druhému Gaussu?

Sec.7.3.3/ s.97/eq. 7.3: Čo je možné povedať o presnosti určenia časového rozlíšenia σ_i ? Zdá sa, že závislosť od napätia je dosť silná a pre rôzne σ_i je rôzna.

/posledný ods.: „lead to increase“ $\rightarrow$ „lead to an increase“

Sec.7.3.4/p.98/after Fig. 7.10: nejaký záver týkajúci sa optimalizácie vysokého napätia mi chýba....

S.104/Tab. 7.2: Naivne by som očakával, že rozlíšenie HPTDC bude približne rovnaké a nie v rámci faktora viac ako 2.

Sec.7.4.5/s. 105-posledný odstavec“ „the grease was not used in further beam tests and the final detector. Reasons were mostly technical — operation of the detectors in vacuum demands use of a grease that does not evaporate or outgasses in vacuum and is radiation tolerant at the same time. Glycerol clearly cannot be used.“

- Ak optické lepidlo sa nedalo vo vákuu použiť v čom bol význam skúmania použitia tohto lepidla v testoch?

S.106/Fig.7.16 caption> the the signal $\rightarrow$ the signal

Sec.7.4.7/s.107-8: Časové fluktuácie SiPM trigeru nevysvetľujú plne korelácie medzi časmi registrovanými 2 blokmi toho istého vlaku (train), teda čo predstavuje doplnkový zdroj týchto korelácií?

Sec.7.6.2/s.119/1. Ods.: prečo v beam-teste July 2017 bola použitá len jedna SiT rovina - čím sa nedal efektívne vyskúšať AFP ToF trigger modul?

s.128/Fig.8.5: Pravý chvost časového rozdelenia, hlavne v prípade pravého obrázku, je daný produkciou 2 a viac fotoelektrónov?

Ako závisí TTS (time transit spread) od stredného počtu fotoelektrónov, teda od amplitúdy vstupného svetelného signálu?

s.134/1. odstavec: „... the 0.5 photoelectron threshold was applied...“ $\rightarrow$ nie je to príliš vysoký prah? Značná časť svetelných signálov nízkej amplitúdy spadne do pedestalu – bolo to nejakým optimalizované? Single ph.e. spektrum by bolo dobre ukázať...

S138/Fig.8.13+ text: ...the STM TTS is slightly improving up to $V_{OV} = 2.9\text{ V}$, the TTS of the FBK detector is increasing. $\rightarrow$ veľké neurčitosti, viď Fig.8.13, neumožňujú urobiť nejaký významný záver o raste alebo poklese TTS od over-voltage.

Napriek uvedeným malým výhradám predložená dizertačná práca nesporne demonštruje, že Ing. Ladislav Chytko je odborník, ktorý sa vyzná v detektorovej problematike spojenej so štúdiom doprednej fyziky. Nesporne má veľké skúsenosti a je schopný samostatne pracovať v tejto oblasti vedy. V súvislosti s tým navrhujem, aby predložená práca bola akceptovaná ako dizertačná práca a po jej úspešnej obhajobe, aby Ing. Ladislavovi Chytkovi bola udelená vedecká hodnosť PhD.



V Bratislave, 25. 2. 2019

prof. RNDr. Stanislav Tokár, DrSc.