

Návrh tématu studentské práce pro studijní program Jaderné inženýrství

Typ studentské práce:	Disertační práce
Požadovaný jazyk:	Angličtina
Navrhovatel/Školitel:	Ing. Kamil Augsten, Ph.D.
Pracoviště školitele:	KDAIZ FJFI
Školitel specialista:	-
Název práce ČJ:	Studium exkluzivní mionové produkce mezonů na experimentu COMPASS
Název práce AJ:	Analysis of exclusive meson muoproduction at the COMPASS experiment

Rámcový popis tématu (co bude náplní): Student provede analýzu exkluzivní mionové produkce mezonů na experimentu COMPASS. Experiment COMPASS se nachází v laboratoři CERN a využívá speciální svazky různých částic vycházející protonového svazku z urychlovače SPS. V případě dat nasbíraných v letech 2016 a 2017, které budou předmětem analýzy, se jedná o mionový svazek, μ^- a μ^+ , polarizovaný na 80 % (resp. -80 %). Ten je na experimentu přiveden k vodíkovému terči, na kterém sledujeme dva procesy DVCS (hluboce virtuální Comptonův rozptyl) a HEMP (vysoce exkluzivní produkce mezonů) – oba tyto procesy nám skrze měření účinného průřezu a elementů matice hustoty spinu (spin density matrix elements - SDMEs) umožňují přístup k zobecněným partonovým distribucím (GPDs) – funkcím, které nám umožňují popsat 3D strukturu partonů, což je důležité pro pochopení struktury hmoty a popsaní veškerých interakcí při vysokých energiích. Pro teoretické fyziky zabývající se GPDs je takový výsledek velice žádoucí pro další výpočty. Při analýze připadá v úvahu několik mezonů, aktuálně je třeba provést analýzu účinného průřezu π^0 mezonu z dat 2017 (z dat 2016 již byl výsledek úspěšně publikován) a SDMEs (případně také účinného průřezu) omega mezonu na datech 2016/17, kde dosud nebyl změřen. Jedná se o unikátní kinematickou oblast, kterou jiný experiment nemůže prozkoumat.

Stav problematiky (na pracovišti, v ČR, ve světě, ...): Součástí práce studenta bude i průzkum stavu problematiky a komplexní přehled předchozích měření účinného průřezu a SDMEs. Na experimentu COMPASS se měří proces DVCS a z HEMP se zaměřujeme na mezony π^0 , ϕ , ρ^0 atd. SDMEs v produkci omega mezonů byly změřeny na experimentech HERMES a CLAS, ale v tomto případě se jedná o elektronovou produkci a jinou kinematickou oblast. COMPASS již toto měření publikoval na datech z roku 2012 – což byl pilotní run k datům 2016/17, která mají mít 10x vyšší statistiku a větší akceptanci.

Metodika řešení: Řešení spočívá ve správném pochopení naměřených dat, jejich rekonstrukce a simulací MC. V první řadě se definuje selekce, která zaručí exkluzivitu produkovaných mezonů a zároveň dostatečné kinematické rozpětí při zachování rozumné frakce pozadí. S pomocí simulací MC – využijí se generátory HEPGEN a LEPTO – student ověří na kinematických veličinách selekci a rekonstrukci dat. Dále odhadne poměr signálu a pozadí ve zvolené selekci dat. Z naměřených dat lze určitě účinný průřez a z úhlového rozdělení interakce a produkce lze určit SDMEs. Dalším krokem bude určení systematických chyb. K analýze se využívá software PHAST, Physics Analysis Software Tools, vyvinutý na experimentu COMPASS, spolu s frameworkem ROOT využívaným pro analýzu ve fyzice vysokých energií.

Proveditelnost (přístrojové vybavení, infrastruktura): Předchozí měření ukazují, že analýza exkluzivní produkce mezonů a určení SDMEs je možné a velice užitečné pro odvození/omezení GPDs. Z data 2016/17 byl dosud pro tento účel analyzován jen částečný vzorek pro mezon π^0 a další zatím nikoliv – tento výsledek ale ukázal, že tato data lze použít a získat unikátní výsledek, pokud jde o kinematickou oblast a výslednou statistická odchylku měření. ČVUT v Praze (resp. FJFI) je členská instituce experimentu COMPASS, a tedy má přístup k datům a veškeré potřebné infrastrukturu.

Pokyny pro vypracování:

- 1) Popište současný stav teorie GPDs a měření k ní přispívající – procesů DVCS a HEMP. Důsledně popište předchozí měření exkluzivní produkce mezonů.
- 2) Popište experiment COMPASS
- 3) Provedte analýzu exkluzivní mionové produkci mezonů na datech z let 2016/2017 nabraných experimentem COMPASS.
- 4) Provedte analýzu účinného průřezu a/nebo SDMEs v těchto datech.
- 5) Diskutujte vliv těchto měření na teorii GPDs.

Literatura:

[1] ALEXEEV, G. D., M. G. ALEXEEV, A. AMOROSO, et al. Spin density matrix elements in exclusive Ω meson muoproduction. *The European Physical Journal C* [online]. 2021, **81**(2) [cit. 2024-11-22]. ISSN 1434-6044. Dostupné z: doi:10.1140/epjc/s10052-020-08740-y

[2] G. D. ALEXEEV, M. ALEXEEV, C. ALICE, et al. Measurement of the hard exclusive π^0 muoproduction cross section at COMPASS. *Physics Letters B* [online]. 2025, 2025-09-04, **870**, 139832-139832 [cit. 2025-11-12]. ISSN 0370-2693. Dostupné z: doi:10.1016/j.physletb.2025.139832

[3] GOLOSKOKOV, S. V. a P. KROLL. The pion pole in hard exclusive vector-meson leptoproduction. *The European Physical Journal A* [online]. 2014, **50**(9) [cit. 2024-11-22]. ISSN 1434-6001. Dostupné z: doi:10.1140/epja/i2014-14146-2

[4] COMPASS Collaboration. COMPASS-II Proposal, CERN-SPSC-2010-014 SPSC-P340.

Předpokládá se, že student bude samostatně a iniciativně vyhledávat další literaturu potřebnou k rozvíjení tématu.