

Rekonstrukce vybraných krátkožijících hadronů

Téma projektu pro Studentský fakultní grant

Školitel: Mgr. Jan Matoušek, Ph.D.
Kontakt: jan.matousek@cern.ch
V168, 1. patro, Vývojové dílny Trója

Abstrakt

Úkolem je prozkoumat několik vybraných rozpadů krátkožijících hadronů v datech experimentu COMPASS a zjistit, kolik částic daného typu jsme schopní v datech identifikovat a jak velké je pozadí od jiných procesů, abychom věděli, které kanály má smysl dále studovat.

1 Úvod

Hluboce nepružný rozptyl – deep inelastic scattering (DIS) – leptonů (elektronů či mionů) je silným nástrojem pro studium struktury nukleonu (protonu a neutronu). Experiment COMPASS studoval DIS mionů na terči z kapalného vodíku a na polarizovaných pevných terčích. Tato interakce probíhá převážně způsobem znázorněným na obrázku 1 – rozptylem mionu na kvarku s výměnou jednoho virtuálního fotonu γ^* . Z vyraženého kvarku pak vznikají zejména lehké hadrony (π , K), které si částečně uchovávají informaci o hybnosti a polarizaci vyraženého kvarku a mohou tak odhalit korelace mezi spinem nukleonu, spinem jeho kvarků (tj. jejich polarizaci) a jejich příčnou hybností, a také jak je vlastně velká hybnost kvarků v nukleonu. Částečně jejich vlastnosti závisí také na procesu tzv. fragmentace (též „hadronizace“) kvarků.

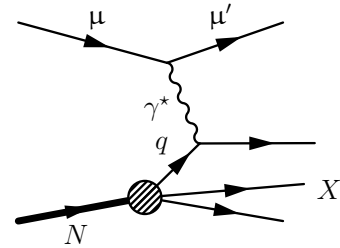
COMPASS dosud analyzoval hlavně vlastnosti neidentifikovaných nabitých hadronů nebo identifikovaných π^\pm a K [2, 3]. Některé z těchto hadronů ovšem pocházejí z rozpadů jiných hadronů, které žijí jen krátce a nestihnou často ani opustit terč, než se rozpadnou. Příkladem takových rozpadů jsou $K^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$, $\rho^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$, $\phi^0 \rightarrow K^+K^-$, $\Lambda \rightarrow \pi p$, $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda\gamma$, $\Sigma^{*+} \rightarrow \Lambda\pi^+$, $\Xi^- \rightarrow \Lambda\pi^-$ [4]. Jejich studium by mohlo přispět k porozumění fragmentaci a k rozlišení mezi vlastnostmi kvarků různých vůní (u, d, s).

Pozorování $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$, by zajímavě doplnilo existující měření na π^\pm , které stojí na dráhových detektorech, zatímco fotony se detekují v kalorimetrech a oba výsledky by tak byly do velké míry nezávislé.

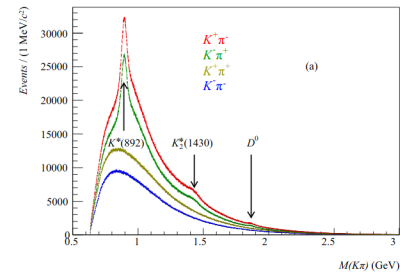
Mezony s obsahem půvabného kvarku c (charm), který v nukleonech téměř nenajdeme, jsou zase citlivé na distribuce gluonů v nukleonu. Jsou jimi jednak stavy $c\bar{c}$: $J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-$ nebo $J/\psi \rightarrow e^+e^-$, $\psi' \rightarrow J/\psi\pi^+\pi^-$ a $\chi \rightarrow J/\psi\gamma$. Jednak tzv. open-charm mezony $D^\pm \rightarrow K^0\pi^\pm$ nebo $D^\pm \rightarrow K^\mp\pi^\pm$ a $D^0 \rightarrow K^\pm\pi^\mp$, $D^0 \rightarrow K^0\pi^+\pi^-$, $D^{*\pm} \rightarrow D^0\pi^\pm$.

2 Výzkumný úkol

Úkolem je prozkoumat několik vybraných kanálů z uvedeného seznamu (případně i jiných) v datech experimentu COMPASS. Cílem je zjistit, kolik částic daného typu jsme schopní v datech identifikovat a jak velké je pozadí od jiných procesů, abychom věděli, které kanály má smysl dále studovat. Tento úkol může plnit více studentů, kteří si vyberou různé rozpady.



Obrázek 1: Feynmanův diagram hlavního příspěvku k DIS – interakce virtuálního fotonu s kvarkem z nukleonu.



Obrázek 2: Příklad: invariantní hmoty párů K π . Vidíme píky od rozpadů nestabilních částic [1].

3 Doporučení pro vypracování

Experimentální data jsou přístupná členům kolaborace pomocí nástroje Phast [5], jehož použití vyžaduje základní znalost jazyka C++. Podle úrovně schopností studenta je také možné data před-filtrovat a uložit např. ve formátu frameworku ROOT [6]. Ten je dobrým nástrojem pro následné statistické zpracování dat a lze ho používat v jazycích C++ a Python. Základní přehled o fyzice částic lze získat např. v knihách prof. Žáčka [7] a prof. Hořejšího [8].

Reference

- [1] C. Adolph *et al.* (COMPASS), “D* and D Meson Production in Muon Nucleon Interactions at 160 GeV/c,” *Eur. Phys. J. C* **72** (2012) 2253, [arXiv:1211.1575 \[hep-ex\]](#).
- [2] C. Adolph *et al.* (COMPASS), “Collins and Sivers asymmetries in muonproduction of pions and kaons off transversely polarised protons,” *Phys. Lett. B* **744** (2015) 250–259, [arXiv:1408.4405 \[hep-ex\]](#).
- [3] M. Aghasyan *et al.* (COMPASS), “Transverse-momentum-dependent Multiplicities of Charged Hadrons in Muon-Deuteron Deep Inelastic Scattering,” *Phys. Rev. D* **97** no. 3, (2018) 032006, [arXiv:1709.07374 \[hep-ex\]](#).
- [4] C. Adolph *et al.* (COMPASS), “Study of $\Sigma(1385)$ and $\Xi(1321)$ hyperon and antihyperon production in deep inelastic muon scattering,” *Eur. Phys. J. C* **73** no. 10, (2013) 2581, [arXiv:1304.0952 \[hep-ex\]](#).
- [5] “PHAST: PHysics Analysis Software Tools.” <http://ges.web.cern.ch/ges/phast/index.html>.
- [6] “ROOT data analysis framework.” <https://root.cern.ch/>.
- [7] J. Žáček, *Úvod do fyziky elementárních částic*. Karolinum, 2005.
- [8] J. Hořejší, *Tajemný mikrosvět: Stručná historie standardního modelu*. MatfyzPress, 2019.