

Oponentský posudek na disertační práci Tomáše Kadavého

Název: Effective description of resonances at low energy region

Předložená disertační práce se zabývá efektivními teoremi pole pro kvantovou chromodynamiku (QCD) v kontextu chirální poruchové teorie. QCD je teorie silných interakcí, která popisuje kvarky a gluony jako fundamentální stupně volnosti. Nicméně na nízkých energiích jsou tyto částice uvězněny v hadronech díky confinementu. Jedním z hlavních teoretických přístupů k nízkoenergetické QCD je chirální poruchová teorie (ChPT), což je efektivní teorie pro nejnižší oktet pseudoskalárních mezonů (obsahující piony a kaony). Efektivní Lagrangian pro interakce těchto nízkoenergetických stupňů volnosti je hierarchizován v počtu derivací. Vazbové konstanty členů v tomto Lagrangianu se fixují pomocí experimentem, z teoretického pohledu by měly být spočitatelné z parametrů QCD (pokud tato teorie je vyřešena na všech škálách, což je velmi složitý problém). Nad škálou nejlehčích hadronů (přibližně 700 MeV), ale stále při nízkých energiích, není tato teorie použitelná a je nutné zahrnout další částice a jejich interakce. To je úkol rezonanční chirální teorie (RChT), která popisuje interakce těchto nových stupňů volnosti (samy se sebou a pseudoskalárními mezony), což je také centrální framework této disertační práce.

Konkrétně se autor zabývá počítáním Greenových funkcí v rámci rezonanční chirální teorie. V práci jsou Greenovy funkce dobře popsány, včetně definice, vlastností a klasifikací. Těžiště práce je poté výpočet různých dvoubodových a tříbodových Greenových funkcí v RChT, jejich rozvoj při nízkých energiích a srovnání s výsledky ChPT (včetně srovnání parametrů obou teorií), a také rozvoj ve vysokých energiích, kde autor srovnává výsledky s OPE (operator product expansion) fundamentální teorie. Kromě nových výsledků autor také shrnuje již dosažené výsledky v literatuře, takže celá práce plní též funkci přehledu celé problematiky. Z fenomenologických aplikací autor zmiňuje rozpad pionu na elektron-pozitronový pár, který souvisí s tříbodovou funkcí VVP.

Práce je napsaná velmi srozumitelně, všechny pojmy a důležité výsledky z literatury jsou náležitě vysvětleny. Výsledky práce jsou založeny na dvou člancích, jeden z nich již je publikován v JHEP. Získané poznatky podstatně rozšiřují naši znalost rezonanční chirální teorie, její spojení a konzistenci jak s chirální poruchovou teorií, tak s OPE. Nad to je možnost fenomenologické aplikace některých spočtených korelátorů, jiné na použití ještě čekají.

Zeptal bych se autora na několik doplňujících otázek ohledně předložené práce.

- 1) Dají se fenomenologické Lagrangiany v RChT hierarchizovat jako rozvoj v jistém parametru (kombinací impulsu, velkého N_c či něčeho jiného)?
- 2) Jak jsou výsledky ovlivněny různými parametrizacemi rezonancí (např. pro vektorové rezonance lze použít vektorová pole či antisymetrické tenzory)?
- 3) Při počítání daného korelátoru dochází ve výsledku k zjednodušení vůči jednotlivým Feynmanovským diagramům? Přemýšlel autor o použití hmotného spinor helicity formalismu pro zapsání konečných výsledků?

Bezohledu na tyto doplňující otázky je předložená práce solidní, výsledky v ní jsou hodnotné a přispějí k našemu lepší pochopení nízkoenergetické QCD a jejího rozšíření do rezonančního sektoru. Kandidát prokázal důkladnou znalost problému a publikované články prokazují nejen jeho odbornou erudici, ale také schopnost prezentovat srozumitelně své výsledky. Proto doporučuji udělit Tomáši Kadavému po řádné obhajobě titul Ph.D.

V Praze 31.8.2022

Jaroslav Trnka