

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího posudek oponenta
 bakalářské práce diplomové práce

Autor: Kristián Farkaš

Název práce: Two loop chiral corrections to the neutral pion decay to electron- positron pair

Studijní program a obor: Fyzika, Jaderná a subjaderná fyzika

Rok odevzdání: 2019

Jméno a tituly vedoucího: RNDr. Jiří Novotný, CSc.

Pracoviště: ÚČJF MFF UK

Kontaktní e-mail: novotny@ipnp.troja.mff.cuni.cz

Odborná úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Věcné chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu přiměřený počet méně podstatné četné závažné

Výsledky:

- originální původní i převzaté netriviální kompilace citované z literatury opsané

Rozsah práce:

- veliký standardní dostatečný nedostatečný

Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Tiskové chyby:

- téměř žádné vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet četné

Celková úroveň práce:

- vynikající velmi dobrá průměrná podprůměrná nevyhovující

Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího:

V předkládané práci diplomant navazuje na nedávné výpočty radiačních korekcí pro vzácný rozpad neutrálního pionu na elektron-positronový pár. Tento rozpad byl v poslední době často diskutován v souvislosti s nesouhlasem předpovědi standardního modelu s výsledky přesných měření experimentu KTeV na úrovni 3.3 standardní odchylky. Nedávné zpřesnění radiačních korekcí umožnilo sice zredukovat tuto diskrepanci na dvě standardní odchylky, zůstává však nesoulad mezi hodnotou nízkoenergetické vazbové konstanty χ (která parametrizuje příspěvky konečných částí jednosmyčkových kontrčlenů) určené z fenomenologických modelů a hodnotou fitovanou z výše zmíněného experimentu. Experimentální určení této konstanty je citlivé na znalost dvousmyčkových chirálních korekcí, ty však byly dosud spočteny jen v aproximaci vedoucích logaritmů. Výpočet plného chirálního dvousmyčkového příspěvku k amplitudě by umožnil ověřit platnost této aproximace a případně zpřesnit určení konstanty χ z experimentálních dat. Cílem diplomové práce bylo seznámit se s touto problematikou a přispět ke kompletnímu výpočtu dvousmyčkových chirálních korekcí metodou redukce na tzv. master integrály a ty pak analyticky spočítat metodou diferenciálních rovnic.

Práce je rozdělena do úvodu, šesti kapitol, závěru a pěti technických dodatků. Úvod krátce rekapituluje teoretický a experimentální status a motivaci práce. První kapitola pak seznamuje čtenáře s teoretickým rámcem - v tomto případě s chirální poruchovou teorií, která je nízkoenergetickou efektivní teorií kvantové chromodynamiky. Druhá kapitola shrnuje základní fakta o kinematice, struktuře amplitudy a pionového formfaktoru, dále prezentuje známé výsledky ve vedoucím řádu a představuje sadu dvousmyčkových Feynmanových grafů, jejichž výpočet je vlastním cílem práce. Třetí kapitola je věnována použité metodě, definuje základní sadu skalárních integrálů, jejich redukci na master integrály (výsledné formule pro redukci jsou pak odloženy do appendixu D) a popisuje způsob jejich výpočtu užitím diferenciálních rovnic. Čtvrtá kapitola je věnována obecnému popisu dvousmyčkové renormalizace. Pátá kapitola prezentuje výpočty jednosmyčkových grafů potřebných pro subtrakci poddivergencí dvousmyčkových grafů. Šestá kapitola je věnována výpočtům master integrálů, je zde prezentován podrobný explicitní příklad takového výpočtu a uveden výsledek redukce původních grafů na master integrály. Explicitní výsledky výpočtů master integrálů jsou pro svou délku uvedeny v appendixu E. Závěr shrnuje dosažené výsledky a motivaci pro další práci. Zbýlé appendixy obsahují kompletní sadu použitých Feynmanových pravidel (A), tzv. IPB identity potřebné k redukci na master interály (B) akkrátky úvod do harmonických polylogaritmů (C).

Téma diplomové práce bylo poměrně náročné, vyžadovalo seznámit se nejenom teoretickým rámcem pro popis daného rozpadu, ale i s moderními technikami výpočtů dvousmyčkových grafů, včetně ovládnutí dostupných balíčků pro program Mathematica (FAIR pro redukci a manipulaci s master integrály a HPL pro analytické manipulace s harmonickými polylogaritmy). Použití tohoto softwaru ovšem zdaleka neznamená, že výpočet je mechanickou záležitostí, netriviálním problémem zůstává nalezení vhodné báze master integrálů tak, aby se diferenciální rovnice dekuplovaly, a také vhodných proměnných, pomocí nichž lze řešení těchto rovnic reprezentovat v termínech harmonických polylogaritmů. V neposlední řadě bylo nutné napsat v Mathematice kód pro iterativní řešení dekuplovaných diferenciálních rovnic a bylo též nutné nalézt vhodné počáteční podmínky pro zafixování integračních konstant, což je opět netriviální úkol. Všechny tyto problémy diplomant úspěšně vyřešil, přičemž je třeba ocenit jeho iniciativu, píli a pracovitost, jeho schopnost rychle se naučit nové věci a metody, aktivně je používat a orientovat se ve

složitých výpočtech. Dosažené originální výsledky jsou cenným příspěvkem, který bude dále použit ke kompletaci výpočtu chirálních korekcí, po dokončení počítáme s publikací.

Samotná práce je napsána přehledně, výsledky a výpočetní postupy jsou podrobně a srozumitelně presentovány. Nenašel jsem v ní věcné ani tiskové chyby a má i výbornou grafickou a formální úroveň. Doporučuji, aby byla uznána jako práce diplomová a hodnocena známkou výborně.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze: -

Práci

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako diplomovou/bakalářskou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

výborně velmi dobře dobře neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího:

V Praze 30. 5. 2019

J. Novotný