

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího posudek oponenta
 bakalářské práce diplomové práce

Autor/ka: 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/opponenta: Mgr. Marián Kolesár, PhD.

Pracoviště: ÚČJF MFF UK

Kontaktní e-mail: kolesar@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/opponenta:

Řídký rozpad neutrálního pionu na pár elektron-pozitron vzbudil po zveřejnění výsledků experimentu KTeV ve Fermilabu před asi jednou dekadou zájem částicových fyziků. Dostupná teoretická předpověď totiž naznačovala diskrepanci ve výši 3.3σ . Po započtení radiačních korekcí na úrovni dvou smyček se tento nesoulad zmírnil, ale zcela nezmizel. Jde ho chápat i jako rozpor v určení efektivní vazbové konstanty χ na úrovni asi 2σ z různých zdrojů – z modelu vycházejícím z dominance vektorových mezonů v limitě velkého počtu barev a z diskutovaného rozpadu neutrálního pionu.

Pro zpřesnění teoretické předpovědi by však bylo dobré započítat nejen radiační, ale taky chirální korekce, které plynou z efektivního popisu silných interakcí na nízkých energiích. A to si právě klade za úlohu předkládaná práce. Je dobré si uvědomit, že jde o značně netriviální výpočet na úrovni dvou smyček. Teoretickým rámcem je chirální poruchová teorie, konstruovaná jako efektivní teorie silných interakcí na nízkých energiích, spolu s implementací interakce elektromagnetické.

Práce začíná teoretickým úvodem do problematiky, což vnímám pozitivně. Některé pasáže jsou zpracovány podrobněji než jiné, narazil jsem však i na několik, aspoň dle mého názoru, zkratkovitých nepřesností. Následuje obecná diskuse daného procesu, zavedení příslušných formfaktorů a rekapitulace výsledku ve vedoucím řádu.

Těžištěm práce je pak samotný výpočet dvousmyčkových korekcí řádu $O(p^4e^4)$ – odvození příspěvků do jednotlivých Feynmanovských diagramů, následná redukce jednotlivých smyček do master integrálů a výpočet těchto integrálů pomocí metody diferenciálních rovnic. I když bylo použití softwarových balíků asi velkou pomocí, výsledky budí respekt a zabírají mnoho stran dodatků.

Další část diskutuje renormalizaci smyčkových divergencí. Tady mám určité výhrady – kontrčleny jsou zaváděny ad hoc a chybí jakákoliv zmínka o Lagrangiónech daných řádu, který by generovali potřebné členy z prvních principů. V moderní kvantové teorii je tvar interakčního Lagrangianu daný požadavky symetrie a obecná konstrukce pak garantuje i renormalizovatelnost dané teorie. Speciálně v efektivních teoriích jsou pak příspěvky vyšších řádu značně netriviální a obsahují velké množství efektivních vazbových konstant. Je jasné, že poctivé odvození těchto příspěvků by asi už bylo značně za rámcem diplomové práce, ale v samotné práci o tom není žádná zmínka či citace a i v závěru se tváří, že byly započteny všechny relevantní příspěvky. Není pak zřejmé, jak by postupovala slibovaná numerická analýza.

Mírné výhrady mám i k jazykové stránce práce. Angličtina je slušná, ale určitě by prospěla lepší gramatická a stylistická korektura. Čitelnost je trochu snížena širokou absencí členů, nemalý je výskyt nesouladu čísla u větých členů a nesprávného užití předložek při vazbách. Narazil jsem i na několik překlepů.

Celkově mám dojem, že práce si klade možná až příliš náročný cíl. To však nelze považovat za negativum. Není vůbec překvapivé, že chybí spočtení všech kontrčlenů či numerická analýza. Samotné odvození dvousmyčkových chirálních korekcí je více než dostatečným výsledkem pro diplomovou práci, na výsledcích lze stavět dál a to co zamrzí jsou ve finále jenom drobnosti. Navrhuji tak po uspokojivém zodpovězení dotazů práci uznat a hodnotit stupněm výborně.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

- 1) V 1.3.1 píšete, že neexistuje oktet baryonů se zápornou paritou, z čeho by mělo plynout spontánní narušení chirální symetrie. Je tomu skutečně tak? Uměl byste zformulovat argument pro spontánní narušení precizněji?
- 2) V práci mi chybí diskuse k Lagrangianům řádu $O(p^4e^2)$ a $O(p^4e^4)$, které by generovali kontrčleny k dvousmyčkovým diagramům z prvních principů. Místo toho zavádíte ad hoc konstanty K (sekce 1.5, kapitola 5). Mohl byste tuto diskuzi stručně doplnit?
- 3) V závěru píšete, že doufáte v numerické výsledky v průběhu několika příštích měsíců. Jak plánujete odhadnout příspěvek diskutovaných kontrčlenů?

Práci

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako diplomovou/bakalářskou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

výborně velmi dobře dobře neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/oponenta:

Praha, 10.6.2019

M.Kolesár