

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> posudek vedoucího | <input checked="" type="checkbox"/> posudek oponenta |
| <input type="checkbox"/> bakalářské práce | <input checked="" type="checkbox"/> diplomové práce |

Autor/ka: Bc. Martin Povišer
Název práce: Rozpady eta na tři piony
Studijní program a obor: Teoretická fyzika
Rok odevzdání: 2023

Jméno a tituly vedoucího/opponenta: Mgr. Marián Kolesár, Ph.D.
Pracoviště: Ústav částicové a jaderné fyziky
Kontaktní e-mail: kolesar@ipnp.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:

Rozpad eta mezonu na tři piony je důležitý a široce studovaný proces, vypovídající o dynamice silných interakcí na nízkých energiích. Z prvních principů je možné amplitudu odvodit pomocí chirální poruchové teorie (ChPT), což je nízkoenergetická limita kvantové chromodynamiky, konstruovaná jako efektivní teorie silných interakcí. Volnými parametry jsou nízkoenergetické vazbové konstanty, jejichž počet však s každým řádem prudce roste. Amplitudu procesu je také možné popsat modelově nezávisle, pomocí reprezentace založené na disperzních relacích, které obsahují subtrakční konstanty jakožto volné parametry. Tento přístup je iterativní, kde dokáže analytickou strukturu amplitudy ve vyšším řádu odvodit ze vstupu v řádu nižším, například z ChPT. Oba přístupy se tedy mohou vhodně doplňovat.

Předkládaná práce měla dle zadání tři základní úkoly, přičemž prvním z nich bylo seznámit se s oběma zmíněnými přístupy. Druhým úkolem bylo reprodukovat známé analytické výsledky pro disperzní amplitudu rozpadu $\eta \rightarrow 3\pi$ na dvousmyčkové úrovni pomocí automatizovaného kódu, který by usnadnil práci s velice obsáhlými formullemi a dokázal generovat výstupy pro různé formy parametrizace vstupů. Třetím úkolem pak bylo použít výstup programu pro numerický fit experimentálních dat.

První tři kapitoly zasvěcují čtenáře do problematiky chirální poruchové teorie, rozpadu η na tři piony a disperzního přístupu. Tyhle kapitoly považuji za celkově zdařilé, ale trochu na škodu je jejich stručnost, zejména co se týče diskuze samotného procesu. Kapitola o rozpadu má pouhé tři stránky a fakticky jenom shrnuje kinematiku procesu a cituje dva základní experimenty. Vzhledem na množství teoretických i experimentálních publikací na toto téma (včetně příspěvků vedoucího i oponenta práce) by si tato část zasloužila mnohem hlubší rešerši. Kapitoly o ChPT a disperzním přístupu používají jako ukázkový příklad $\pi\pi$ rozptyl, což není na škodu, ale aplikaci těchto metod na studovaný rozpad $\eta \rightarrow 3\pi$ by dle mého názoru mělo být věnováno víc než půl stránky na konci kapitoly tři.

Bohužel se tyto kapitoly nevyhnuli i určitým faktickým nedostatkům. Ukázkový výpočet jednosmyčkové amplitudy $\pi\pi$ rozptylu v ChPT opomíná důležitý typ smyčkových příspěvků, tzv. tadpoly, které vedou na chirální logaritmy. Ty se bez jakéhokoliv komentáře objevují až ve finálním výsledku, předpokládám konzultovaným s literaturou. Taktéž se nerozlišuje mezi konstantami SU(2) a SU(3) ChPT (F, B vs F_0, B_0), kde se správné konstanty opět objevují až ve finálním výsledku. Drobným nedostatkem je taky absence kovariantních derivací v Lagrangiánu ChPT, a to přes to, že text zdůrazňuje důležitost kalibrační invariance.

Kapitola čtyři prezentuje samotný výsledek práce, což je přiložený kód v jazyku Python (knihovna SymPy) generující disperzní amplitudu na dvousmyčkové úrovni v analytickém tvaru ze vstupních amplitud nejnižšího řádu. Tato část má však pouhé čtyři strany, a tak není vůbec snadné pochopit, co vlastně kód dělá, co přesně je implementované a jak se to má používat. Vzhledem k tomu, že jde o jádro práce bych očekával podrobnou a systematickou diskuzi všech implementovaných funkcí. Ukázkou použití v dodatku nepovažuji za zcela adekvátní náhradu.

Můžu však potvrdit, že přiložený kód je plně funkční a poměrně obsáhlý. Jeho jádrem jsou tabulky výsledků pro disperzní integrály, pomocí kterých „počítá“ výslednou dvousmyčkovou amplitudu ve dvou iteracích. Vstupné amplitudy je možné parametrizovat libovolně, dvě běžně používané parametrizace pro amplitudu $\pi\pi$ rozptylu jsou už předdefinované. V předkládané formě program dokáže napočítat procesy se čtyřmi částicemi, z nichž jedna může být mezon eta, zbytek jsou piony. Pro piony kód generuje všechny izospinové kanály potřebné pro různé mezistavy. Jsou implementovány i funkce pro zobrazení mezivýsledků, ku příkladu jednotlivých parciálních vln.

Kód celkově považuji za velice užitečnou pomůcku pro následnou analýzu daného procesu $\eta \rightarrow 3\pi$, nebo i $\pi\pi$ rozptylu. I když nepočítá fyzikálně nové výsledky, umožňuje použití těchto výsledků pro další aplikace. Jako vysoce zajímavou bych viděl možnost doplnění kódu i o kaonové procesy s implementací různých hmot pro nabitě a neutrální piony.

Použitelnost výsledků programu k fitování experimentálních dat má ilustrovat obrázek v závěru práce. Jde však jenom o jednoduchý fit na jednosmyčkové úrovni a je zřejmé, že na plnou přípravu kódu na numerický fit už v práci nedošlo, a tedy ani na využití kompletních výsledků na analýzu experimentálních dat.

Formální stránka práce je pěkná, angličtina je na dobré úrovni. I když je možné najít několik formálních chyb, jejich počet nepřesahuje přiměřený počet. Celkový rozsah práce je však relativně krátký. S přihlédnutím k zmiňovaným nedostatkům doporučuji práci uznat jako práci diplomovou a hodnotit stupněm velmi dobře.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

- 1) V ukázkovém příkladu použití kódu v dodatku chybí důležitý vstup pro polynomiální část amplitudy na jednosmyčkové úrovni. Prosím potvrďte, že jej lze jednoduše přidat.
- 2) Jak složité by bylo zobecnit kód na použití pro kaonové procesy a různé hodnoty pionových hmot?

Práci

- doporučuji
 - nedoporučuji
- uznat jako diplomovou/bakalářskou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

- výborně velmi dobře dobře neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/oponenta:

Praha, 27.1 2023

M. Kolesár