

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy v Praze

- posudek vedoucího posudek oponenta
 bakalářské práce diplomové práce

Autor: Tomáš Husek
Název práce: Nová fyzika v procesech při nízkých energiích
Studijní program a obor: teoretická fyzika
Rok odevzdání: 2013

Jméno a tituly vedoucího: RNDr. Karol Kampf, Ph.D.
Pracoviště: ÚČJF
Kontaktní e-mail: karol.kampf@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:

Název předkládané diplomové práce zahrnuje velice široké pole v rámci jak teoretické tak i experimentální částicové fyziky. V zadání pro vypracování byly uvedeny tři důležité body, případně úrovně, kterých se měl diplomant při vypracování držet:

1. seznámit se s existujícími měřeními, která by mohla být zajímavá pro další studium dle bodů 2-3 (například mionové $g-2$ v Brookhavenu, $\pi^0 \rightarrow e^+e^-$ ve Fermilabu, apod.)
2. prostudovat, případně doplnit, existující teoretický popis v rámci standardního modelu pro tyto procesy
3. rozšířit tento popis o nové modely a pokusit se tak vysvětlit případný rozdíl mezi experimentem a standardním modelem

Toto zadání představuje mírné zúžení širokého tématu. V průběhu řešení práce se ještě více konkretizovalo. Student se zaměřil na existující výpočty rozpadu neutrálního mezonu na dva elektrony a foton (tzv. Dalitzův rozpad) a jenom na dva elektrony. V kapitole 2 najdeme shrnutí výpočtu tzv. vedoucího řádu, včetně všech detailů (některé tyto detaily jsou rozumně přesunuty do Appendixů). Je potřebné na tomto místě zdůraznit, že vedoucí řád pro $\pi^0 \rightarrow e^+e^-$ představuje jednosmyčkové diagramy. V kapitole 3 jsou shrnuty také některé složitější výsledky vyšších řádů, konkrétně, je zde uveden výsledek nedávné diplomové práce Petra Vaška, kde byly spočteny dvousmyčkové korekce kvantové elektrodynamiky. Chybějící části k diagramům potřebným v renormalizaci (konkrétně jde o odstranění infračervených divergencí), jde o netriviální podskupinu jednosmyčkových diagramů pro brzdné záření (tzv. bremsstrahlung), jsou studovány v kapitole 4. Ukázalo se, že chybějící příspěvek je malý, nicméně je důležité zdůraznit, že bez samotného výpočtu nešlo dopředu říct, jestli tyto příspěvky jsou nebo nejsou důležité, tedy jestli mají viditelný efekt. Tyto výpočty a korekce se týkají kvantové elektrodynamiky. Korekce, kde pion vystupuje jako virtuální částice ve smyčkách nebyly nikdy provedeny. Jde o složitý problém, kde ve smyčkách vystupují dvě nezávislé hmotové škály (hmota elektronu a hmota pionu). Bez samotného výpočtu, opět nemůžeme říct, jestli budou příspěvky důležité nebo ne. Bylo proto důležité najít argument, který by podpořil druhou možnost, tj. že se dají zanedbat. Tento směr je studován v kapitole 5. Je zde využita vlastnost renormalizační grupy, konkrétně tzv. Weinbergova konzistenční relace, která fixuje faktor vedoucích logaritmů. Výpočet v diplomové práci ukázal, že tyto logaritmy jsou malé a proto, budeme-li předpokládat, že velikost těchto logaritmů určuje přibližně řád všech ostatních pionových příspěvků, můžeme všechny podobné příspěvky zanedbat.

Potom co jsou všechny standardní příspěvky pod kontrolou, lze přistoupit k porovnání s experimentem. Je zde ovšem nutné zdůraznit, že se jedná o nízké energie a to znamená popis hadronů je možný jenom pomocí efektivního přístupu (dá se použít například Chirální poruchová teorie, případně Rezonanční poruchová teorie, apod.). To vnáší do hry nejednoznačnost ve formě neznámé konstanty. Jak je popsáno i v diplomové práci, na tomto místě jsou dvě možnosti. Použijeme odhad této konstanty pomocí jiných metod a celkový výsledek porovnáme s experimentem – případný rozdíl je potom možné přisoudit nové fyzice. Nebo obráceně, výsledek experimentu pro tento proces použijeme jako vstup a naopak nastavíme konstantu tak aby došlo k souladu. Získaná konstanta může sloužit dál jak k teoretickým, tak fenomenologickým studiím (například je důležitá pro light-by-light rozptyl v tzv. mionovém $g-2$). V diplomové práci jsou rozebrány obě možnosti. Nová fyzika, která může mít měřitelný efekt na nízkých energiích je například temná hmota, jak se lze přesvědčit jednoduchým výpočtem z kapitoly 6.

Závěrem bych rád zdůraznil, že nová fyzika pro nízké energie není realizovaná přímočaře. Spíše jde o složitější pohled na různé aspekty a veličiny které se dají v této souvislosti studovat a měřit. Dalo by se to přirovnat k obrazu, který je složen z mnoha vrstev a naší snahou je získat co nejostřejší obraz.

Myslím, že diplomant Tomáš Husek splnil zadání kladené pro tuto diplomovou práci a proto ji doporučuji uznat. Pracoval samostatně, efektivně a výsledky, které získal plánujeme také brzy přepsat do časopisecké verze.

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: Praha, 15/5/2013