

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy v Praze

- posudek vedoucího posudek oponenta
 bakalářské práce diplomové práce

Autor/ka: Lukáš Gráf
Název práce: Quantum Aspects of Grand Unified Theories
Studijní program a obor: Fyzika - teoretická fyzika
Rok odevzdání: 2014

Jméno a tituly vedoucího/opponenta: Mgr. Adam Smetana, Ph.D.
Pracoviště: Ústav technické a experimentální fyziky,
České vysoké učení technické v Praze,
Horská 3a/22, 128 00 Praha 2
Kontaktní e-mail: adam.smetana@utef.cvut.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/oponenta:

Jedním z významných směrů moderní teoretické částicové fyziky je snaha o rozšíření Standardního modelu o sjednocení tří známých kalibračních interakcí do jedné. Tyto pokusy o takzvané Velké sjednocení s sebou nesou netriviální a specifické předpovědi. Tou nejzásadnější je nestabilita baryonové hmoty, konkrétně existence rozpadu protonu. Přestože předpovězené poločasy rozpadu protonu se pohybují v řádu 10^{34-35} let, současnými či plánovanými experimenty jsme schopni existenci tohoto jevu testovat. Vybudování realistického modelu Velkého sjednocení se však s přibývajícimi experimentálními poznatky stává čím dál obtížnějším. Zejména je zapotřebí vyhovět faktu, že neutrino mají nenulovou hmotnost. Také je třeba vzít v úvahu to, co naznačují výsledky urychlovače LHC, že příroda si, alespoň na dohlédnutelných energetických škálách, nevybrala být supersymetrickou. Namísto toho se Standardní model jeví být kvalitním popisem až do extrémně vysokých energetických škál. Zejména z těchto důvodů je studium nesupersymetrických SO(10) modelů Velkého sjednocení velmi rozumnou a aktuální volbou pro téma předložené práce Lukáše Gráfa.

Jinak nadějně realistické verze nesupersymetrických SO(10) modelů Velkého sjednocení se však po dlouhou dobu zdály být vyloučené z důvodu přítomnosti tachyonových skalárních stavů na stromové úrovni. Teprve nedávno v rámci nejjednoduššího modelu označeného jako $45 \oplus 16$ bylo ukázáno, že již jednosmyčkové kvantové korekce napravují znaménko kvadrátů skalárních hmot a odstraňují tak zmíněný tachyonový problém. Výpočet jednosmyčkových kvantových korekcí byl v literatuře prezentován za použití metody efektivního potenciálu. Hlavní částí předložené diplomové práce je přepočítání těchto jednosmyčkových kvantových korekcí v modelu $45 \oplus 16$ přímou metodou Feynmanových diagramů. Konečným cílem tohoto úkolu je použití přímé metody na životaschopnější model $45 \oplus 126$, pro který je metoda efektivního potenciálu neschůdná. Výpočet jednoho typu kvantové korekce v modelu $45 \oplus 126$ dosud nebyl v literatuře prezentován a představuje druhou významnou součást předložené práce.

Lukáš Gráf ve své poměrně rozsáhlé práci dokládá, že si během krátké doby magisterského studia osvojil vyspělé techniky moderní teoretické částicové fyziky založené na teorii kvantových polí a teorii Lieových grup a že získal základní přehled o problematice. Nejprve stručně představuje vývoj modelů Velkého sjednocení. Dále se autor věnuje definici studovaných modelů. Poměrně obsírně uvádí všeobecně známé aspekty grupy SO(10), rozebírá její reprezentace, možné způsoby spontánního narušení symetrie SO(10) a příslušná hmotová spektra skalárních stavů. Pro potřeby výpočtu kvantových korekcí autor do práce zařadil učebnicovou kapitolu o metodě efektivního potenciálu a také školitelův výpočet kvantových korekcí za použití přímé metody Feynmanových diagramů v ukázkovém abelovském Higgsově modelu. V rámci modelu $45 \oplus 16$ metodou efektivního potenciálu autor zopakoval výpočet již dříve publikovaný školitelem. Přímou diagramatickou metodou pak výsledky výpočtu zreprodukoval, což představuje autorův přínos do studované problematiky. Na závěr autor uvádí již zmíněný vlastní původní výsledek v rámci modelu $45 \oplus 126$.

Předložené práci je třeba vytknout několik nedostatků. Zatímco jazykové úrovni byla zjevně věnována dostatečná péče, nelze to říct o správnosti zápisu rovnic. Zejména rovnicím, které nejsou původní a stačilo je tak opsat z existující literatury, autor očividně nevěnoval potřebnou pozornost a dopustil se několika do očí bijících chyb, které tak zbytečně snižují celkovou kvalitu práce. Zde je však třeba zmínit, že autorovy vlastní a tedy pro samotnou práci stěžejní výsledky jsou uvedeny bez zjevných chyb. Dále by práci prospěla promyšlenější struktura, logičtější řazení kapitol a jasnější diskuse výsledků. To vše by přispělo k čitelnosti a srozumitelnosti textu a ke zdůraznění

stěžejních výsledků práce. U stávající verze textu mi byl nezbytným pomocníkem při získávání orientace v tématu původní školitelův publikovaný článek. Dále, na několika místech by bylo vhodnější prezentovat daný výpočet prostřednictvím vzorečků a nikoliv slovním popisem.

Předloženou práci Lukáš Gráf dokládá svou způsobilost k vědecké činnosti, svou schopnost zorientovat se v dané problematice, svou výpočetní zdatnost a své odhodlání přispívat novými poznatky k odhalování fyzikálních zákonitostí. Z těchto důvodů doporučuji tuto práci uznat jako diplomovou a ohodnotit ji stupněm „výborně“.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

Jak jsem zmínil v posudku výše, v práci jsem postrádal jasnější diskusi dosažených výsledků. Proto vznáším následující dvě otázky:

- 1) Stěžejním výsledkem práce jsou jednosmyčkové podmínky na parametry modelu pro stabilitu vakua. Ty jsou uvedené v kapitole 3.1.8 ve formě nerovností pro parametr a_2 . Pro dva zajímavé scénáře spontánního narušení z nich plyne, že parametr a_2 není omezen shora, přestože ze vztahů pro hmoty skalárů uvedených v kapitole 3.1.6.3 plyne jeho horní kladná hranice. Proč autor tuto horní hranici neuvedl? Omezuje se snad autor pouze na záporné hodnoty parametru a_2 ? Pokud ano, proč?
- 2) Závěrem k výpočtu korekcí v modelu 45 \oplus 126 autor uvádí, že korekce závisící na τ jsou dostačující k odstranění tachyonového problému. Je odněkud zřejmé, že korekce závisící na β nejsou tak záporné, aby způsobily opětovnou tachyonovost skalárních stavů?

Nakonec bych rád položil spíše diskusi podněcující otázku:

- 3) Mohl by autor stručně okomentovat, proč se ve své práci zabývá nesupersymetrickými modely Velkého sjednocení na úkor populárnějších modelů supersymetrických?

Práci

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako diplomovou/bakalářskou.

Navrhuji hodnocení stupněm:

výborně velmi dobře dobře neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/oponenta:

V Praze dne 4. září 2014

Mgr. Adam Smetana, Ph.D.

