

Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího posudek oponenta
 bakalářské práce diplomové práce

Autor/ka: Bc. Matěj Hudec
Název práce: Aspects of renormalization of spontaneously broken gauge theories
Studijní program a obor: Fyzika – teoretická fyzika
Rok odevzdání: 2016

Jméno a tituly vedoucího/opponenta: Ing. Michal Malinský, Ph.D.
Pracoviště: Ústav částicové a jaderné fyziky MFF UK
Kontaktní e-mail: malinsky@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/oponenta:

Nedávný objev Higgsova bosonu lze bezesporu považovat za jeden z nejdůležitějších počinů v historii fyziky elementárních částic, který v jistém smyslu završil bezmála půlstoletí snahy o formulaci a následnou experimentální verifikaci tzv. Standardního modelu částicových interakcí.

Z hlediska teorie tkví jeho význam především v tom, že odpovídající nové kvantové pole představuje klíč k pochopení způsobu generování hmotností všech známých subatomárních částic v rámci jejich jednotného popisu v kontextu tzv. kalibračních teorií pole. Navzdory tomu je ovšem dodnes hypotéza existence skalárního pole s hmotností v okolí elektroslabé škály považována za problematickou, a to z toho důvodu, že odpovídající tzv. dvoubodové Greenovy funkce, tj. objekty, jejichž pólová struktura určuje spektrum dané teorie, vycházejí za obvyklých okolností kvadraticky závislé na tzv. cut-offu dané teorie, jenž lze interpretovat jako škálu případné nové fyziky. To by ovšem znamenalo, že hmotnosti (elementárních) skalárních částic by měly spíše než v elektroslabém oboru ležet v okolí Planckovy škály, tj. o 16 řádů výše! V této souvislosti připomeňme, že ostatní pole ve Standardním modelu (tj. fermiony a vektorové bosony) tímto neduhem netrpí, poněvadž jejich hmoty jsou přirozeně „chráněny“ před těmito efekty prostřednictvím odpovídajících chirálních a kalibračních symetrií SM. Přirozeným „řešením“ tohoto tzv. „problému hierarchie“ je pak zejména hypotéza složenosti všech skalárů, popřípadě existence „nové fyziky“ na škále řádu TeV, jež by měla zajistit automatickou „regularizaci“ uvedených patologií.

Často se ovšem zapomíná na to, že pojem Higgsova bosonu má hlubší obsah než pojem „obyčejné“ elementární skalární částice; hlavní rozdíl pak spočívá v tom, že se jedná o excitaci, která má kvantová čísla vakua, a tudíž je jako asymptotický stav definována pouze v případě, kdy je správně fixována referenční hladina odpovídajícího Higgsova pole (tj. podmínkou nulovosti jeho jednobodové Greenovy funkce). Tato jemnost je ovšem klíčová pro kvalitativní chování odpovídající poruchové řady popisující jeho hmotnost na kvantové úrovni – zdánlivá kvadratická závislost na cut-off škále může být totiž interpretována jako přímý důsledek případného zanedbání této nuance.

V předkládané práci jsou diskutovány hlavně technické aspekty výpočtu hmotnosti Higgsova bosonu v kontextu několika jednoduchých modelů kvantové teorie pole, kdy je možno poměrně jednoduše demonstrovat vyrušení kvadratických divergencí dvoubodových Greenových funkcí v přítomnosti korekcí renormalizujících vakuovou střední hodnotu Higgsova pole (též kvadraticky divergujících), a to i na analytické úrovni. Ze strany studenta to kromě využití „kanonických“ postupů (včetně zevrubné analýzy tzv. Coleman-Weinbergova efektivního potenciálu) zahrnovalo též nutnost primární formulace zjednodušeného modelu vhodného ke konkrétnímu studiu, což zejména ve případě analýzy efektů těžkých polí se spinem 1 předpokládalo určitou míru tvůrčího přístupu (zejména ve smyslu volby konkrétního rozšíření elementárního abelovského Higgsova modelu). V této souvislosti bych též rád zmínil chytré využití rozšířené symetrie relevantního Lagrangiánu, jímž tato práce vychází za rámec ortodoxního přístupu obvyklého při studiu „realističtějších“ (tj. též komplikovanějších) modelů.

Po technické stránce lze sice odevzdané práci vytknout několik faktických nepřesností (vesměs banálních) a místy též jistou míru terminologické neobratnosti (která ovšem, dle mého názoru, pouze dokresluje nejednoznačnost současného vnímání a přístupu zainteresované části fyzikální komunity ke studovanému problému), její celková technická i jazyková úroveň je ovšem velmi dobrá. Z těchto důvodů ji rozhodně doporučuji uznat jako diplomovou a ohodnotit ji stupněm „výborně“.

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze: Nemám.

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 1.9.2016

