

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího       posudek oponenta  
 bakalářské práce       diplomové práce

Autor/ka: Václav Miřátský  
Název práce: Wittenova smyčka v jednoduchých rozšířeních Standardního modelu  
částicových interakcí  
Studijní program a obor: Fyzika, Teoretická Fyzika  
Rok odevzdání: 2020

Jméno a tituly oponenta: Mgr. Adam Smetana, Ph.D.  
Pracoviště: Ústav technické a experimentální fyziky, ČVUT v Praze  
Kontaktní e-mail: adam.smetana@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/opponenta:

Předložená diplomová má velmi jasně definovaný cíl prozkoumat životaschopnost a prediktivitu Pati—Salamovské třídy modelů, které jsou založeny na rozšíření kalibrační symetrie Standardního modelu elementárních částic. V práci je studován tzv. Wittenův mechanismus pro radiační generování majoranovských hmotnostní parametry pro pravotočivá neutrina. Na tyto majoranovské hmotnostní parametry je kladen požadavek jejich použitelnosti v seesaw mechanismu prvního druhu pro generování dostatečně malých hmotností aktivních neutrin. Tyto jsou pak dány do souvislosti s hmotnostní škálou Velkého sjednocení a s předpověďmi pro rozpad protonu narušující zachování baryonového a leptonového čísla. Závěrem práce, který je původním výsledkem autora, je skutečnost, že studovaná třída modelů je životaschopná, avšak za cenu zvýšeného počtu experimentálně neurčených parametrů, což snižuje prediktivitu těchto modelů.

Graficky je práce na úrovni odpovídající vědeckým textům vzhledem k použití programu LaTeX. Jazykově je práce na vynikající úrovni s minimem gramatických chyb či překlepů. Práci by nicméně slušela volba anglického jazyka. Obsahem je práce uceleným dílem s velmi dobrou první částí, ve které autor uvádí čtenáře do kontextu své vědecké práce. V následujících částech autor jasně motivuje a popisuje své výpočty a diskutuje dosažené výsledky. V závěrečné části autor výstižně shrnuje dosažené výsledky a jejich důsledky. K práci jsou připojeny tři dodatky s hodnotnými informacemi a parciálními výpočty. Práce má standardní rozsah. Srozumitelností je práce obstojná s velmi dobrou strukturou a logickou návazností svých částí. Místy je popis matematických postupů a logických provázaností poněkud zdlouhavý. Z textu je patrné, že si autor velmi dobře osvojil danou problematiku a dosáhl solidního pochopení a přehledu v oblasti teoretické částicové fyziky a budování rozšíření modelů elementárních částic. Autor prokázal svou schopnost používat koncepty a principy poruchové kvantové teorie pole, a to i na vícesmyčkové úrovni.

Celková úroveň práce je velmi vysoká a nepodařilo se mi najít žádné závažné chyby či nepravdivá tvrzení. Naopak autor prokázal schopnost bezchybných matematických úvah a výpočtů na jedné straně a schopnost používat řádové odhady a zjednodušení na základě fyzikálního vhledu na straně druhé.

Proto předloženou diplomovou práci **doporučuji** k její obhajobě a po jejím úspěšném průběhu ji navrhuji ohodnotit známkou **výborně**.

## Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

1. *Str. 12 „Zvolením unitární kalibrace z teorie odstraníme veškeré nefyzikální stupně volnosti, ale pouze za cenu přítomnosti nekonečně mnoha skalárních vertexů.“*  
S tímto tvrzením si dovoluji nesouhlasit. Ve Standardním modelu přechodem do unitární kalibrace získáme konečný počet členů. Mohl by autor okomentovat, co má tímto na mysli?
2. *Str. 27 „... je tedy šance, že takový smyčkový příspěvek k majoranovské hmotě bude velmi velký a to i přesto, že na stromové úrovni majoranovskou hmotnost nemáme.“*  
Chtěl bych poprosit autora o obecnou diskusi tohoto klíčového aspektu. Naivně totiž lze očekávat, že veličina generovaná dokonce dvousmyčkovou radiační korekcí bude výrazně menší, než přítomná vakuová střední hodnota. Zpravidla se potlačující faktor dá odhadnout

jako  $(4\pi^2)^{-2} * g^n$ , kde  $g$  jsou všechny různé vazbové konstanty (kalibrační i yukawovské) vystupující v daném diagramu. Například za celkem rozumného předpokladu  $g \sim 0.1$  dostaneme pro diagramy na obrázku 3.1, kde  $n=5$ , faktor potlačení  $10^{-8}$ . Zde by autor během obhajoby mohl stručně porovnat modely studované ve své práci s modely založenými na tzv. Radiative seesaw mechanism, pro něž pionýrským článkem je [E. Ma, Phys. Rev. D 73, 077301 (2006)].

3. Při pohledu na rovnici (4.55) si čtenář může všimnout, že uvedené tři hmotnosti nejsou lineárně nezávislé. Tedy, že jedna z nich lze vyjádřit jakýmsi „sumačním pravidlem“ pomocí ostatních dvou. Mohl by autor okomentovat, zda to má nějakou hlubší signifikanci?
4. Celé práci by slušela přítomnost obecné diskuse osudu leptonového čísla, tedy podskupiny symetrií  $U(1)_L$ . Jaká pole nesou leptonové číslo, jaké vakuové střední hodnoty narušují leptonové číslo a na jaké škále? Tím nechci říct, že by tyto informace v práci nebyly obsaženy, avšak jde o tak důležitý aspekt jakéhokoli modelu generování neutrinových hmotností, že zpravidla stojí za to čtenáři vyjít vstříc a zahrnout do textu takovou diskusi explicitně. Mohl by autor zařadit takovouto stručnou diskusi do prezentace při obhajobě?

### Práci

doporučuji

nedoporučuji

uznat jako diplomovou.

### Navrhuji hodnocení stupněm:

výborně  velmi dobře  dobře  neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/opponenta:

V Praze dne 3. 10. 2020

