

# Apie Fermionų Masių, Laukų ir Maišymosi Matricų Pernormavimą ant Masės Apvalko ties 1-kilpa

## On the On-Shell Renormalization of Fermion Masses, Fields, and Mixing Matrices at 1-loop

Simonas Draukšas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vilniaus Universitetas, Teorinės Fizikos ir Astronomijos Institutas, Saulėtekio al. 9, LT-10222 Vilnius  
simonas.drauskas@ff.stud.vu.lt

Dalelių fizikos modeliuose be dalelių maišymosi pernormavimas yra gerai suprastas ir pristatomas jau kvantinio lauko teorijos vadovėliuose. Kita vertus, modeliuose, kuriuose yra dalelių maišymasis (pavyzdžiui, Standartiniame Modelyje), pernormavimo procesas nebėra akivaizdus, kadangi reikia rasti tinkamas pernormavimo sąlygas nebediagonaliesiems parametrui, nėra aišku, kaip pernormuoti atsiradusias maišymosi matricas. Taip pat viską apsunkina priklausomybė nuo kalibruotės, kuri, netinkamai pernormavus modelį, gali pasirodyti ir fizikiniuose stebimuosiuose [1]. Papildomai, dažnai naudojamos fermionų propagatorių ant masės apvalko nesimaišymo sąlygos nėra suderinamos su Lagranžiano ermitiškumu dėl nestabilių dalelių pernormavimo konstantose atsirandančių absorbtivių dalių [2]. Šiuo metu literatūroje sutinkamos pernormavimo schemas neišsprendžia visų paminėtų problemų vienu metu, pavyzdžiui, fizikiniai parametrai nuo kalibruotės nepriklauso, bet propagatorius lieka nediagonalus [3]; propagatorius diagonalus, tačiau atsiranda bėdų dėl Lagranžiano ermitiškumo ir nėra akivaizdus maišymosi matricos pernormavimas [2].

Pranešime bus pristatyta nauja pernormavimo schema [4], kuri išsprendžia ar išvengia didelės dalies aukščiau paminėtų problemų. Naujoje schemoje apibrėžiami nediagonalūs masės atsvaros nariai bei nediagonalios lauko atsvaros narių anti-ermitinės dalys, kai tuo tarpu diagonalūs atsvaros nariai bei lauko atsvaros narių ermitinės dalys išlieka nepakitusios lyginant su įprastu pernormavimu ant masės apvalko. Verta pastebėti, jog atsvaros nariai apibrėžiami nesinaudojant jokio konkretaus modelio ypatybėmis, bet remiantis Dirako struktūra ir iš jos kylančiomis masių struktūromis. Lauko atsvaros narių anti-ermitinės dalys apibrėžiamos atitinkamose išraiškose paėmus masių kvadratų skirtumų koeficientus. Naudojantis Nielsen tapatybėmis parodoma, jog ties 1-kilpa šie koeficientai talpina visą priklausomybę nuo kalibruotės, o remiantis Passarino-Veltman funkcijomis randama, jog šie koeficientai yra UV-baigtiniai. Apibrėžus lauko atsvaros narius, nesunkiai randami ir nediagonalūs masės atsvaros nariai, kurie nepriklauso nuo kalibruotės ir talpina atitinkamas UV divergencijas (begalybes). Didelis šios schemos patogumas yra tas, jog atsvaros nariai išreiškiami fermionų savi-energijos skaliejinėmis funkcijomis.

Turint masės bei lauko atsvaros narių apibrėžimus taip pat galima aptarti ir maišymosi matricų pernormavimą ties 1-kilpa. Kaip pavyzdį naudosime kvarkų maišymosi matricą Standartiniame Modelyje.

Kvarkų maišymosi matricos atsvaros narių įprasta apibrėžti per anti-ermitinę lauko pernormavimo dalį, kad būtų užtikrintas *Wud* sąveikos UV-bagtinumas, tačiau atsiranda fizikinių dydžių priklausomybė nuo kalibruotės. Mūsų schemoje nėra reikalinga pernormuoti kvarkų maišymosi matricos, kadangi anti-ermitinė lauko pernormavimo dalis bei Standartinio Modelio *Wud* sąveikos viršūnė yra UV-baigtiniai. *Wud* sąveikos viršūnės kalibruotės savybės taip pat nėra pakeičiamos, kadangi nėra maišymosi matricos atsvaros nario.

*Reikšminiai žodžiai: pernormavimas, fermionai, maišymosi matrica, kalibruotė, masės apvalkas*

### Literatūra

- [1] P. Gambino, P. Grassi, F. Madricardo, *Fermion Mixing Renormalization and Gauge Invariance*, Phys. Lett. B **454** (1998)
- [2] D. Espriu, J. Manzano, P. Talavera, *Flavour Mixing, Gauge Invariance and Wave-function Renormalisation*, Phys. Rev. D **66** (2002)
- [3] B. Kniehl, A. Sirlin, *Simple On-Shell Renormalization Framework for the Cabibbo-Kobayashi-Maskawa Matrix*, Phys. Rev. D **74** (2006)
- [4] S. Draukšas, *On the On-Shell Renormalization of Fermion Masses, Fields, and Mixing Matrices at 1-loop*, arXiv:2107.09361