

Sąryšiai tarp laukų bazių pernormavimo procedūroje

Relations between basis sets of fields in the renormalization procedure

Simonas Draukšas¹

¹Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, Saulėtekio al. 3, LT-10222 Vilnius
simonas.drauksas@ff.vu.lt

Daugeliu atvejų pernormavimo procedūra yra gerai suprasta ir pristatoma kone visuose moderniuose kvantinio lauko teorijos vadovėliuose. Tačiau egzistuoja ir kontekstų, kuriuose dar nėra vieningo sutarimo dėl pernormavimo pritaikymo. Vienas iš tokių kontekstų yra modeliai, kuriuose dalelės gali tarpusavyje maišytis, tad kyla klausimas dėl maišymosi kampų ar matricų pernormavimo. Šis klausimas nėra vienareikšmiškai atsakytas bei yra siūloma galybė skirtingų pernormavimo metodų. Tokia situacija išties nėra tenkinanti, kadangi net Standartiniame dalelių fizikos Modelyje maišosi kvarkai, o jų maišymasis parametrizuojamas Cabbibo-Kobayashi-Maskawa matrica. Taip pat žinoma, kad maišosi ir neutrinai. Prie viso to maišymasis praktiškai neišvengiamas ir modeliuose, kuriuose išplečiamas Standartinio Modelio skaliarinis sektorius, todėl svarbu išspręsti maišymosi matricų pernormavimo klausimą.

Kalbant kiek plačiau, galima išskirti dvi kryptis orientuotas į priklausomybę nuo pasirinktos laukų bazės arba į nepriklausomybę. Didžioji dauguma siūlomų pernormavimo būdų, kai yra pernormuojamos maišymosi matricos, patenka būtent į pirmąją kryptį. Kita vertus, medžio lygmens analizėse labiau yra paplitę į nepriklausomybę nuo bazės orientuoti metodai. Pavyzdžiui, stengiamasi rasti ir suformuoti bazės invariantus, kuriais natūraliai gali būti išreikšti matuojami dydžiai [1]. Tad ne tik egzistuoja daugybė pernormavimo metodų, bet taip pat yra ir įtampa tarp idėjų taikomų medžio lygmenyje lyginant su idėjomis taikomomis pataisų skaičiavimui bei pernormavimui.

Savo darbe [2] nagrinėjome maišymosi matricų pernormavimą būtent priklausomybės nuo bazės kontekste. Iš esmės, pačios maišymosi matricos yra nuo bazės priklausomi dydžiai, todėl visada galima pasirinkti bazę, kurioje jos visai nepasirodo, todėl automatiškai nereikalingas ir jų pernormavimas. Pernormavus visą teoriją galima pasirinkti patogią bazę, kurioje maišymosi bazės pasirodo, tačiau atsvaros nariai joms ir toliau nereikalingi. Tai galima suprasti keletu būdų. Iš vienos pusės, maišymosi matricos įprastai suprantamos kaip tokios, kurios parenką bazę, kurioje masės matricos yra diagonalios. Toks apibrėžimas maišymosi matricas paverčia išvestiniais ir nuo bazės priklausomais dydžiais. Iš kitos pusės, nėra sudėtinga rasti, jog yra išsigimimas tarp lauko pernormavimo (antisimetrinės dalies) ir maišymosi matricos atsvaros nario, tad maišymosi matricos pernormavimas tampa visiškai nebereikalingu.

Svarbu pastebėti, kad kyla ne tik conceptualios problemos, tačiau ir praktinės. Pavyzdžiui, maišymosi matricos atsvaros nario išsigimimas su nefizikiniu lauko

pernormavimu nurodo, jog maišymosi matricos atsvaros nariai natūraliai yra susiję su priklausomybe nuo kalibruotės, nors būtent nepriklausomybė nuo kalibruotės yra vienas iš reikalavimų [3] maišymosi matricų pernormavimui. Panašiai galima parodyti, jog išsigimusių masių riboje maišymosi matricų atsvaros nariai yra natūraliai diverguoja ir to išvengti yra sudėtinga.

Pagrindinė mūsų darbo išvada ta, jog trivialūs maišymosi matricų nariai atitinka kryptį orientuotą į nepriklausomybę nuo bazės, trivialiai tenkina visus reikalavimus keliamus maišymosi matricų pernormavimui, bei apeina praktines problemas, todėl naujos pernormavimo schemas turėtų būti apibrėžiamos atsižvelgiant į šį trivialumą. Ankstesniame darbe [4] jau esame apibrėžę tokią schemą fermionams.

Reikšminiai žodžiai: bazė, maišymosi matricos, pernormavimas

Literatūra

- [1] Howard E. Haber and Deva O'Neil, Phys. Rev. D **74**, 015018 (2006)
- [2] Draukšas, S., arXiv:2307.01642 (2023)
- [3] Denner, A., Dittmaier, S. and Lang, JN., *J. High Energ. Phys.* **2018**, 104 (2018)
- [4] Draukšas, S., *Eur. Phys. J. Plus* **138**, 671 (2023)