

Netiesioginiai parametrai, kai $m_W \neq m_Z \cos \theta$, medžio lygmeny

Oblique corrections when $m_W \neq m_Z \cos \theta$, at tree level

Simonas Draukšas¹, Vytautas Dūdėnas¹, Luis Lavoura²

¹ Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, Saulėtekio al. 3, Vilnius

² Vilniaus universitetas, Teorinės fizikos ir astronomijos institutas, A. Goštauto g. 12, 01108 Vilnius
vytautas.dudenas@tfai.vu.lt

Standartinis Modelis yra kol kas sėkmingiausias dalelių fizikos modelis, tenkinantis daugybę eksperimentinių testų. Šie testai yra surinkti apžvalgiuose „dalelių duomenų grupės“ straipsniuose [1]. Esminė standartinio modelio savybė yra elektrosilpnio sektoriaus parametrų surišimai, išplaukiantys iš Higgs'o mechanizmo. Šio sektoriaus stebimieji yra ypač tiksliai matuojami, ieškant bet kokių nuokrypių nuo Standartinio Modelio prognozių. Jeigu atsirastų kokių reikšmingesnių nukrypimų šiuose stebimuosiuose parametruose, tokiuose, kaip Z bozono skilimo plotis, W bozono masė, efektyvusis Weinberg'o kampas ir t.t., tai automatiškai reikštų, kad tam parametrui įtakos turi kažkokia neatrasta fizika už standartinio modelio ribų.

Iki šiol, visi elektrosilpnio sektoriaus testai duodavo trivialų atsakymą (jokių naujos fizikos ženklų), bet 2022 metų naujai atlikta CDF kolaboracijos analizė paskelbė W bozono masę esant net 7 standartiniams nuokrypiams besiskiriančią nuo Standartinio modelio prognozės [2]. Šis rezultatas iki šiol yra kontroversiškas ir jį žiūrima atsargiai (pvz.: 2022 metų dalelių duomenų grupės apžvalga [1] jo neįtraukia į bendrą pasaulinį vidurkį). Nepaisant to, jeigu jis pasirodytų teisingas, šis rezultatas aiškiai nurodo į fiziką už Standartinio modelio ribų ir yra verta aptarti kokia ta fizika galėtų būti.

Patogus būdas parametrizuoti fiziką už Standartinio modelio ribų yra Peskin ir Takeuchi įvesti „netiesioginiai“ parametrai S, T ir U [3], parametrizuojantys galimą naujų sunkių dalelių įtaką, vėliau papildyti dar trimis X, W ir V [4], kurie parametrizuoja efektus, kuriuos gali sukelti nežinomos lengvos dalelės. Pagrindinė šios parametrizacijos nauda yra tai, kad daugiau nei 20 elektrosilpnio sektoriaus stebimų parametrų galimų nuokrypių nuo Standartinio modelio verčių yra aprašomi tiesinėmis lygtimis, priklausančiomis nuo 3 arba 6 parametrų (priklausomai nuo to, ar priimama prielaida, kad yra tik sunkių dalelių įtaka, ar ir lengvų). Vadinasi, patikrinti, ar modelis už standartinio modelio ribų tenkina išmatuotus elektrosilpnio sektoriaus parametrus, užtenka paskaičiuoti šiuos netiesioginius parametrus.

Šis patogumas yra galimas kelių prielaidų sąskaita. Pirma prielaida, yra ta, kad už Standartinio modelio ribų fizika turi turėti tas pačias kalibruotines simetrijas, t.y. ji neturi jokių naujų, mums nežinomų sąveikų. Antra prielaida remiasi į, vadinamą, „apsauginę simetriją“, kuri, nuliniame perturbacinės eilutės artinyje (medžio lygmenyje), lemia sąryšį:

$$m_W = m_Z \cos \theta, \quad (1)$$

kur m_W , m_Z ir θ yra W bozono masė, Z bozono masė ir Weinberg'o kampas. Antroji prielaida, jeigu pasitvirtins CDF kolaboracijos rezultatas, nebeatrodo taip įtikinamai, ir yra verta peržiūrėjimo, tačiau ją panaikinus, netiesioginių parametrų formalizmas, išvestas [3], nebegalioja.

Peržiūrint lygties (1) galiojimą, mes galime sugrupuoti 3 atskirus atvejus galimai parametrizacijai [5] :

1. SM prognozės yra lyginamos su kažkokio kito modelio prognoze, kuriame galioja (1) lygtis;
2. kai yra lyginamos prognozės dviejų modelių, kur abiemis negalioja (1) lygtis;
3. SM prognozės yra lyginamos su kito modelio prognoze, kuriam negalioja (1) lygtis.

Pirmasis atvejis yra gerai žinomas ir aprašytas [3], o kiti du atvejai iki šiol nebuvo tirti. Pasirodo, kad antruoju atveju galima išvesti analogiškas lygtis kaip ir pirmuoju atveju ir naudoti netiesioginius parametrus, panaudojant išmatuotą m_W vertę kaip įvesties parametras, o ne kaip prognozę. Šį atvejį mes ir pristatome [5]. Trečiasis atvejis vis dar lieka neišspręstas.

Reikšminiai žodžiai: Netiesioginiai parametrai, Standartinio Modelio patikrinimai, Elektrosilpnasis sektorius, apsauginė simetrija

Literatūros sąrašas

- [1] Particle Data Group, “Review of Particle Physics,” *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, vol. 2022, p. 083C01, Aug. 2022.
- [2] CDF Collaboration†‡, “High-precision measurement of the W boson mass with the CDF II detector,” *Science*, vol. 376, pp. 170–176, Apr. 2022.
- [3] M. E. Peskin and T. Takeuchi, “Estimation of Oblique Electroweak Corrections,” *Physical Review D*, vol. 46, pp. 381–409, July 1992.
- [4] C. Burgess, S. Godfrey, H. König, D. London, and I. Maksymyk, “A Global Fit to Extended Oblique Parameters,” *Physics Letters B*, vol. 326, pp. 276–281, May 1994.
- [5] S. Draukšas, V. Dūdėnas, and L. Lavoura, “Oblique corrections when $m_W \neq m_Z \cos \theta_W$ at tree level,” 5 2023.