

Kalev Tarkpea (KT) kirjavahetus Laur Järvega (LJ) Higgsi bosoni seisumassi teemal

KT: Füüsikalise maailmapildi seminaris potsatas eile (28.09.2017) minu "anonüümsete küsimuste kasti" järgmine: „Higgsi boson määrab kehade inertsuse ning tal on Standardmudeli tabeli järgi olemas seisumass. Mis juhtuks siis, kui Higgsi bosoni seisumass oleks null? Kas see üldse võiks olla võimalik? Kui jah, siis kuidas me tunnetaksime sel juhul kehade inertsust?“.

Küsimus läheb selgesti üle piiri, kuni milleni Kalev-poiss kui eksperimentaalfüüsik oskab tudengile "lambist vastata". Palun aita, hea gravitatsiooniteoreetik. Mida ütled selle asja kohta?

LJ: Higgsi boson oleks massita, kui standardmudelis Higgsi potentsiaalis oleks Higgsi vaakumi keskväärtus null. Siit järelduks, et kõik interaktsioone vahendavad bosonid (sealhulgas W- ja Z-bosonid) ja ka enamik fermionidest (elektron, kvargid jne) oleksid seisumassita. Seisumassita osakesed liiguvad valguse kiirusega (absoluutkiirusega $c = 299792458 \text{ m/s}$), samamoodi nagu näiteks foton. Sel juhul jäävad endiselt kehtima energia ja impulsi jäävuse seadused aga Newtoni II seaduse valem $F = ma$ ei kehtiks ja kehade inertsust selle valemi tähenduses ei oleks olemas. On aga küsitav, kuivõrd stabiilseid kehasid on sedasi võimalik moodustada.

Eks täpsemalt tulevad seisumassita osakesed füüsikatudengite haridusteel jutuks erirelatiivsusteoorias ja Higgsi mehhanism klassikalises väljateoorias.

KT: Minu jaoks on see jutt peaaegu arusaadav. Palun selgita vaid, mis dimensiooniga füüsikaline suurus on "Higgsi vaakumi keskväärtus".

LJ: "Higgsi vaakumi keskväärtus" on Higgsi välja väärtus selle potentsiaali miinimumis. Loomulikes ühikutes ($c = \hbar = 1$) on Higgsi väli massi dimensiooniga M. Potentsiaali väärtus miinimumis on dimensiooniga mass neljandas astmes ehk M^4 . Loomulikes ühikutes pikkus ja aeg on pöördvõrdelise massi dimensiooniga $M=1/L=1/T$, seega $[\text{massi tihedus}] = M \times 1/L^3 = M^4$ ja $[\text{energia tihedus}] = M \times 1/L \times 1/T^2 = M^4$. Loomulikelt ühikutelt tagasi minna SI ühikutesse on natuke keerulisem.

KT: Kas võib siis väita, et **kõik** osakesed peaksid sel juhul olema seisumassita ning inertse massi mõiste kaotaks üldse mõtte?

LJ: Jah, kõik osakesed oleksid sel juhul seisumassita ning liiguksid valguse kiirusel c . Kui inertsi all mõista keha "vastupanu" oma kiiruse suuruse muutmisele, siis kiirus on nagunii c ja inertsi mõistel puudub mõte. Kui inertsi all mõista keha "vastupanu" oma liikumisoleku sellisele muutusele, mis hõlmab ka liikumise suunda, siis osakeste liikumise suunad saavad pörgetel muutuda vastavalt energia ja impulsi jäävusele, nii et selles mõttes võib tinglikult ka inertsist rääkida.

KT: Nõustun, et "...on (väga) küsitav, kuivõrd stabiilseid kehasid on sedasi (üldse) võimalik moodustada..". Mina küll ei kujuta ette maailma, milles keha del puuduks inertsuse omadus.

LJ: Hetkel pole elementaarosakeste standardmudelis täpselt selge mehhanism, mille vahendusel neutriinod saavad seisumassi. Tõenäoliselt on ka see seotud Higgsiga ja neutriinod oleksid Higgsi bosoni seisumassi puudumisel samuti massita. Aga kui see nii ei ole, siis oleksid neutriinod ainsad seisumassiga osakesed.

KT: Tegelikult pole ju isegi kindlalt teada, kas üldse saavad, sest neid neutriinode seisumasse pole ju seni õnnestunud mõõta. Teadmine, et neutriinode seisumassid peaksid nullist erinevama, seisab minu teada püsti puhtteoreetilistel kaalutlustel, mis omakorda pärinevad kosmoloogiast ning seega põhinevad vaatlusliku astronoomia faktidel. Kui neutriinode seisumassid ei võrdu nulliga, siis on nad väiksemad kui $0.12 \text{ eV}/c^2$, ütleb Wikipedia. Võrdluseks: elektroni seisumass on $511 \text{ keV}/c^2$. Erinevus on pikalt rohkem kui miljon korda. Ütleksin, et kui neutriinode seisumassid ikkagi nullist erinevad, siis niivõrd vähe, et neutriino kiiruse erinevus absoluutkiirusest on tühine. Eksperimentaalfüüsikule harjumuspärasest sõnastuses on neutriino seisumass samamoodi „praktiliselt null“ nagu seda on näiteks ülijuhi eritakistus.