

TÄNAPÄEVA KÕRGENERGIAFÜÜSIKA PÕHIPROBLEEMID CERN'is

Akadeemik *Endel Lippmaa*, Eesti Teaduste Akadeemia, 15. mai 2007

Eksperimentaalne kõrgenergiafüüsika algas meil veerand sajandit tagasi neutriino massi mõõtmisega reaktsioonis ${}^3\text{T}_2 \rightarrow ({}^3\text{He}{}^3\text{T})^+ + e^- + \nu_e$, kus triitiumi üks neutron (udd) muutus nõrga interaktsiooni toimetel prootoniks (uud) ning W^- bosoni kaudu üheks elektroniks ja üheks elektron(anti?)neutriinoks. ${}^3\text{He}^+$ ja ${}^3\text{T}^+$ masside vahe mõõtmine toimus ioonsüklotronresonantsi abil täpsusega 4×10^{-10} , mis on erakordne number massispektromeetria jaoks. Katse tõestas neutriino väikese massi olemasolu. Nulliseid neutriinomasse ennustav standardmudel (SM) osutus seega ebatäpseks.

Informatsiooniks: leptonid e , ν_e ja kvargid u (up), d (down) moodustavad kõige madalama energiaga fundamentaalsete osakeste perekonna aura (flavor), keskklassi aura defineerivad muon μ ja tema neutriino ν_μ , kvarkidest aga c (charm) ja s (strange) ning kõige jõukama kihi auras annavad tooni tauon τ koos oma neutriinoga ν_τ ning kõige raskemad kvargid b (bottom, varem beauty) ning t (top, varem truth). Kõigile osakestele vastavad ka antiosakesed ning antiprooton on $\bar{u}\bar{u}\bar{d}$ ja antielektron on positron. Mesonid, nagu näiteks B_s , ostsilleerivad kahe maailma vahel ($b\bar{s} \leftrightarrow \bar{b}s$) ning kvarke siduvad 8 gluonit kannavad oma superpositsioonides kõik üht kvargivärvi (r, g, b) ning üht antikvargi antivärvi (c, m, y). Leptoneid seovad aga bosonid (γ, W^-, W^+, Z^0) ning hüpoteetilise Higgsi skaalarvälja bosonid (H). Lisaks veel hüpoteetilised supersümmeetrilised osakesed nagu skvark \tilde{q} , selektron \tilde{e} jne. Peale selle olematud osakesed nagu zeron, zeta... Senituntud osakestest koosnevat ainet on aga Universumis vaid 5%. Kõik muu on tundmatu aine ja tundmatu energia. Meie teadmiste piirkond on praegu 0,2 eV kuni $>2 \times 177 \text{ GeV}$ ($t \bar{t}$). Nii all- kui ülalpool asub paljude oletustega kaunistatud teadmatus. Mõningaks teejuhiks on siiski astrofüüsika. WMAP3, CMB, LSS ja SNe uusimad andmed näitavad, et neutriinolaadseid osakesi on siiski mitte 3, vaid $N_\nu = 5 \pm 1$. Seega on osakesteperekondi rohkem.

Kõige olulisemaks ülesandeks on seetõttu mitte veel mõnede osakeste juurdeotsimine, vaid uute või oletatud interaktsioonide uurimine, leidmine ja mõistmine. Eelkõige puudutab see P. Higgsi skaalarvälja(sid), supersümmeetriat, tumedat ainet ning vaakuumi struktuuri ja omaenergiat koos gravitatsiooni ja inflatsiooniga. Tuleb arvestada, et seni on iga uue interaktsiooni avastamine ja kasutuselevõtt toonud kaasa täieliku muutuse inimtsivilisatsioonis (elektromagnetism \rightarrow elekter ja side-arvutusrehnika, nõrk interaktsioon \rightarrow radioaktiivsus, tugev interaktsioon \rightarrow tuumaenergia).

Olles keset teadmatust on ainsaks kindlaks juhiseks kvantmehaanika, mis kunagi ei eksi ja millest ei ole leitud mingeid erandeid. Kahjuks mõte ei saa vahetult kontakteeruda lainefunktsioonidega, mis tuleb seetõttu tõlkida inimesele kui termodünaamilisele ansamblile arusaadavasse vormi. Õnneks on kvantmehaanika ühtviisi hästi defineeritav läbi orbitaalide kvantimise, määramatusseose ja nullenergia (ZPE – zero point energy) või sidusolekute. Eranditult kõigi interaktsioonide jaoks kehtiv kvantmehaaniline määramatusseos nõuab ka absoluutse nulli juures reaalse positiivse ja negatiivse laenatud energia olemasolu. Erinevate interaktsioonide ZPE numbrilised väärtused on aga väga erinevad. Mingi ZPE nivoo ületamine väliskeskkonna poolt avab selle interaktsiooni virtuaalsetele osakestele ukse kvantmaailmast meie termodünaamiliste ansamblite maailma. See kõik avaldub ZPE mehhanismi poolt põhjustatud Casimiri efekti abil kõikjal Bose kondensaatidest majoneesivalmistamise,

rakubioloogia, Marconi Maggie detektori, kvantkeemia, tahke keha füüsika, ülijuhtivuse, kõrge energia füüsika, Higgsi skaalarvälja(de), kosmiliste ussiaukude ja heterootilise M-teooria kaudu kirjeldatud braanideni. Tuleb arvestada, et tegelikult spontaanselt ergastub vaid esimene kvanttase ja vaid ühe kvandiga. Kõrgem ergastus tuleb juba keskkonna ansamblitelt hankida. Edasi kujuneb protsess termodünaamiliseks ja vaakumi energiasaldusele 10^{94} GeV/cm³ (Rolf Landua, CERN 2003) vastaks ka sama suurusjärku vaakumi temperatuur – mida see ka tähendaks. Isegi Big Bang on kirjeldamatult külm sellega võrreldes.

Umbes aasta pärast alustab tööd Euroopa Osakestefüüsika Laboratooriumi CERN hiiglaslik 27 km ümbermõõduga ülijuhtiv prootonkiirendaja LHC (Large Hadron Collider) Šveitsis, mis võtab enda alla sama suure territooriumi kui Genfi linn ja tarbib ka samaväärselt elektrit. LHC kiirendab prootonid 15 000 000 000 000 eV ehk 15 TeV energiani, kusjuures 100 triljonist prootonist koosnevad parved pörkuvad omavahel iga 25 nsec tagant tekitades umbes miljard p,p põrget sekundis, millest igaüks põhjustab omakorda umbes tuhande laetud osakese tekke. Nii laekub umbes 5 petabaiti (5 PByte) eelfiltreeritud informatsiooni aastas, millest sorteeritakse välja huvipakkuv osa. Sisuliselt tähendab see tundmatute interaktsioonide korral väga keeruliste ja paljusid jugasid sisaldavate pörkepiltide ja difraktsiooni analüüsimist 1 pilt igas nanosekundis ehk miljard omavahel ülekattuvat pilti sekundis. Ma pean seda tööd lootusetuks ka siis, kui arvutite taga istuks kogu inimkond. Muidugi, juhul kui otsitakse ainult mingit täpselt tuntud osakest, on protseduur automatiseeritav ja arvutifarmide abil teostatv. Kuid jällegi, juba alates 1984. aastast korduvalt ekslikult leitud Higgsi bosoni leidumispirkonnaks annab Prof. John Ellis CERN Courier 2007.a. mainumbris 100 kuni 1000 GeV/c², mis ongi LHC kogu reaalne tööpiirkond prootoni siseehituse hõreduse tõttu, kus tegelik p,p difraktsioon või põrge ei saavuta isegi 10% oma teoreetilisest maksimumist 15 TeV. J. Ellis seega “Higgsi osakest” täpselt defineerida ei söanda.

On aeg muuta paradigmat. Eesti asus LHC ehitamise ametlikuks osaliseks 19. dets. 1991. CERN’i 93. Sessioonil “Preparing for the LHC Experimental Programme”, kus me nõustusime finantseerima ainult magnetringi ehitust ja mitte planeeritavaid vanamoodsaid LEP’i stiilis detektoreid. Kuna üksainus prootonipaar genereerib uue füüsika, siis tuleb neid ka üksikud individuaalselt käsitleda. Digitaalne ansamblioloogika triljonite prootonitega tuleb asendada kiire kvantloogikaga, mis automaatselt ja ilma digitaalse töötluseta sorteerib välja need väga üksikud huvipakkuvad pörked, milliseid ei ole palju rohkem kui üks triljoni kohta. Selleks on vaja 200 kuni 850 m pikkust detektorit, mille verteks asub CMS- või ATLAS-detektori südames, kuid mille kaugelasuvad “Rooma potid” võimaldavad kolme asja:

- prootonite nelimomentide automaatne sorteerimine juba difrakteerunud prootonipaaride trajektoorie täpse jälgimise abil (proton tracking),
- olulist tsentraalset massikadu näitavate prootonite automaatne ajaline korreleerimine (proton timing),
- mõõta ja analüüsida trajektoori ja ajalise korrelatsiooni järgi valitud prootonite sidusolekuid omavahel ja nendest tekkinud sekundaarsete osakestega (proton entanglement).

Enamiku sellest tööst saab teha väga kiire (õieti kohati ajavaba) kvantloogika abil. Need ettepanekud on vormistatud 1992/1993 TOTEM ja 1997 FELIX kollaboratsiooniettepanekutena, millest TOTEM on praegu ametlik iseseisev projekt nagu ATLAS või CMS. TOTEM’i TDR näeb ette täiesti sõltumatu omaette töö võimaluse, kuid koostöök CMS’iga on olemas ka CERN/LHCC 2006-093/G-124, CMS Note-2007/002, TOTEM Note 06-5, “Prospects for Diffractive and Forward Physics at the LHC”, 21 December 2006.