



ELEMENTAR BÓLEKSHELER FIZIKASINIŇ STANDART MODELİ

Aliasqarova Gulnaz

Annotაციyasi: *Bul teziste elementar bóleksheler fizikasiniŇ standart modeliniŇ teoriyalıq tiykarları, quramlıq bólimleri, fundamentallıq óz-ara tásirlesiwler hám zamanagóy fizika rawajındaǵı ornı kórip shıǵıladı. Sonday-aq Standart modeldiŇ jetiskenlikleri, sheklewleri hám keleshekтеgi ilmiy izleniwler baǵıtları keltirilgen.*

Gilt sózler: *elementar bólekshe, Standart model, kvark, lepton, bozon, Xiggs bozonı, elektro magnit óz-ara tásirlesiw, kúshli óz-ara tásirlesiw, kúshsiz óz-ara tásirlesiw.*

Abstract: *This thesis examines the Standard Model of particle physics, its theoretical foundations, the classification of fundamental particles, and the interactions between them. It also discusses the significance of the Higgs boson discovery for the development of the Standard Model.*

Keywords: *Standard Model, elementary particles, quarks, leptons, bosons, Higgs boson, fundamental interactions.*

KIRISIW

Elementar bólekshelerdiŇ standart modeli házirgi waqıtları tábiyattaǵı belgili bolǵan barlıq elementar bólekshelerdi hám tábiyattıŇ gravitaciya dan basqa barlıq fundamentallıq kúshlerin, atap aytqanda elektromagnit tásirlesiwdi, kúshli yadrolıq tásirlesiwdi hám ázzi yadrolıq tásirlesiwdi táriyiplew ushın eŇ jaqsı tiykar bolıp tabıladı. Materiya spini $\frac{1}{2}$ ge teŇ bolǵan fermionlar menen táriyiplenedi. Olar eki klassqa bólinedi: leptonlar hám kvarklar.

Tiykarǵı bólim

Kúshler kalibrovkalıq teoriyalardıŇ járdeminde táriyiplenedi hám spini 1 ge teŇ bóleksheler bolǵan kalibrovkalıq bozonlar tárepinen jetkerilip beriledi. Elementar bóleksheler fizikasınıŇ standart modeli spini 0 ne teŇ bolǵan bóleksheni de óziniŇ ishine aladı. Ol Xiggs bozonı bolıp tabıladı hám basqa fundamentallıq bólekshelerge (zaryadlangan leptonlarǵa, kvarklarǵa, ázzi kalibrovkalıq bozonlarǵa) massa beredi. Bóleksheler ózleriniŇ kvant sanları menen táriyiplenedi. Bul kvant sanları belgili bolǵan simmetriyalardaǵı teoriyanıŇ invariantlıǵı menen baylanıslı. 3-súwrette elementar bóleksheler fizikasınıŇ Standart modelindegi fundamentallıq bóleksheler hám olardıŇ tiykarǵı qásiyetleri berilgen (Standart modelden Supersimmetriyanı óziniŇ ishine alatuǵın, sonıŇ menen birge Ullı birigiw modelin de alatuǵın MSM modeli menen minimallıq keŇeytilgen modeldiŇ ayırmasın ańǵarıw kerek) [17]. Kóp bolmaǵan boljawlardan kelip shıqqan halda biz ulıwmalıraq lagranjiandı jaza alamız hám bunday jaǵdayda modeldiŇ 19 erkin parametrlerden (fermionlardıŇ 9 massasınan, kvarklardıŇ aralasıwınıŇ 3 múyeshinen, kvarklar ushın CP simmetriyanı buzatuǵın 1 fazadan, 3 kalibrovkalıq baylanıstan, XiggstıŇ 1 vakuumlıq kútiwinen, ázzi tásirlesiwdiŇ 1 aralasıw múyeshinen hám kúshli tásirlesiwdiŇ CP simmetriyasın



buzatugin 1 parametrden) gárezli bolatuginligin kóremiz. Olardın san mánisleriniń eksperimentlerde anıqlanıwı kerek.

Bóleksheler arasındagı óz-ara tásirlesiw kalibrovkalıq bozonlar dep atalatuğın bozonlar almasıw jolı menen júzege keledi. Elektromagnit tásirlesiwde bólekshelerdın arasında fotonlar almasıw júredi. Sáykes teoriyanı kvantlıq elektrodinamika (yamasa, qısqasha KED) dep ataydı. Kúshli tásirlesiwde segiz túrli glyuonlar almasıw processı orın aladı. Olar kvarklardın reń dep atalatuğın kúshli zaryadı menen tásirlesedi. Sonlıqtan bul teoriya kvantlıq xromodinamika degen atamağa iye boldı. Ázzi tásirlesiwde awır aralıqlıq bozonlar almasıw júzege keledi. Olardın ekewi elektrlik zaryadına iye ($W^\pm$) hám birewi elektr zaryadına iye emes (Z^0).

Model kóp sanlı baqlawlardıń nátiyjelerin júdá úlken tabıs penen túsindiredi hám onıń boljawları kollayderde ótkerilgen eksperimentlerde alınğan mağlıwmatlar menen jaqsı sáykes keledi. Bazı bir jağdaylarda teoriyalıq esaplawlarğa júdá jaqsı sáykes keletuğın júdá dál ólshewlerdi júrgiziwdıń sáti tusedi. Mısalı, elektronnıń anomallıq magnitlik dipollik momenti 10^{-8} dállikte tekserilip kórildi. Biraq, sonda da, jańa fizikanı talap etetuğın teoriyalıq mashqalalar da, baqlaw mağlıwmatları da bar. Teoriyalıq kóz-qaraslardan Xiggs bólekshesiniń massasın kóp sanlı kvantlıq dúzetiwlerge qarata ortıqlı etiw máselesi jańa fizikanıń elektrázzi energiyalardıń shkalasınan alısta emes ekenligin kórsetedi. Bul máseleniń múmkin bolğan sheshimi sıpatında supersimmetriyalıq MSM sheshimi bolıp tabılıwı múmkin. Bul sheshimde Standart modeldın hár bir bólekshesi óziniń supersimmetriyalıq serigine iye bolıwı kerek. Elementar bóleksheler fizikasınıń Standart modeli boyınsha neytrinonıń massasınıń bolmawı kerek. Házirgi kúnleri neytrinolarđın massalarınıń bar ekenligin hám neytrinolarğa massa beriwdiń bir neshe usıllarınıń bar ekenligin bilemiz. Kosmologiya da jańa fizikanıń dóretiliwin talap etedi. Sebebi elementar bóleksheler fizikasınıń Standart model qarańgı materiyanıń bólekshesi sıpatında talabangá iye emes, ol bizdi qorshağan materiya menen antimateriyanıń arasındagı bar bolğan asimmetriyanıń sebebin túsindire almaydı, bul modeldın sheklerinde kosmoslıq inflyaciyanıń eń baslanğısh dáwirin táriyiplewdiń múmkinshiligi joq.

Fermionlar. Fermionlar spini $\frac{1}{2}$ ge teń bóleksheler bolıp tabıladı. Sonlıqtan, olar Fermi-Dirak statistikasına bağınadı. Olar eki gruppaga biriktirilgen: leptonlar hám kvarklar. Leptonlar kúshli yadrolıq tásirlesiwge qatnaspaydı. Kvarklar tábiyattın barlıq fundamentallıq tásirlesiwlerine qatnasadı. Leptonlar ham kvarklar materiyanıń tiykarǵı qurılıs blokları bolıp tabıladı. Kúshli yadrolıq kúshlerdiń qásiyetleriniń ózgesheliklerine baylanıslı biziń átirapımızda erkin kvarklar joq. Erkin kvarklar ertedegi Álemdedi temperatura kvantlıq xromodinamikanıń fazalıq ótiwiniń temperaturası bolğan $T_{KXD} \sim 200$ MeV shamasınan joqarı bolğan temperaturada orın alğan eń birinshi plazmanıń quramında bolğan bolıwı itimal. Búgingi kúnde biz baylanısqa haldı baqlaymız: úsh kvarktan turatuğın barionlardı hám kvark penen antikvarktın baylanısqa halınan turatuğın mezonlardı. Barionlar menen mezonlar adronlar dep ataladı. Bul termin leptonlardan ózgesheligi kúshli tásirlesiwge



qatnasatugin bólekshelerdi belgilew ushin oylap tabilgan. Protonlar menen neytronlar en jeñil kvarklardan turatugin barionlar, al elektronlar bolsa zaryadi nolge ten bolmagan en jeñil lepton bolip tabiladi.

Leptonlardin ush awladı menen kvarklardin ush awladı bir. Olardı birinshi, ekinshi ham ushinshi awladlar dep ataydı. Har bir awladta qasiyetleri juda uqsas, biraq elektr zaryadları har qiyli bolgan eki bólekshe boladı. Birinshi awladtin agzaları jeñil bóleksheler, ekinshi awladtin bóleksheleri salmaqlıraq, al ushinshi awladtin bóleksheleri en salmaqlı bóleksheler bolip tabiladı. Biraq usınday jagdaydin neytrinolar ushin orınlanatuginligin yamasa orınlanbaytuginligin bilmeymiz. Biz awladlardin saninin nelikten tek ushew ekenligin, al tort yamasa onnan da kop emes ekenligin bilmeymiz. Biraq, salıstırmalı jeñil bolgan jaña neytrino bar salmaqlı awladlardin saninin ushten artıq bolmaytuginligin boljaytugin argumentler bar. Bul jagdaydı en birinshi payda bolgan jeñil elementlerdin mugdarın uyreniwden kelip shıgadı. Ekinshi argument kollayderlerde otkerilgen eksperimentlerdegi Z-bozonnin ıdırawın uyreniwge tiykarlangan. Z-bozon fermionga ham saykes antibólekshege ıdıraydı. Eger ıdırawdin onimi lepton-antilepton yamasa kvark-antikvark zaryadlangan jubı bolsa, onda olar detektorda koringen bolar edi. Eger ıdırawdin natiyjesinde neytrino-antineytrino payda bolatugin bolsa, onda olar detektorda korinbeydi. Biraq, "korinbeytugin" (yagniy detektor kormeytugin bólekshelerge) bólekshelerge ıdırawdin tezligin olshewge boladı. Korinbeytugin bólekshelerge ıdırawdin olshengen tezligi jeñil ush neytrino (al tort, bes yamasa onnan artıq bolmagan) ushin otkerilgen teoriyalıq boljawlarga saykes keledi. Eger tortinshi awlad bar bolganda, onda saykes neytrininin jetkilikli darejede salmaqlı bolıwı kerek (ıdırawdin kinematikalıq jaqtan qadagan etilgen bolıwı ushin $2m_\nu > M_Z$ teńsizliginin orınlanıwı kerek).

Kvarklar. Kvarklar bir biri menen elektromagnit, kushli ham azzi yadrolıq kushler arqalı tasirlesedi. Leptonlar sıyaqlı olarda ush awladqa kiredi, birinshi awlad en jeñil kvarklardan, al ushinshisi en awır kvarklardan turadı. Har bir awladta U- tipindegi elektr zaryadı $+2/3$ ke ten bolgan (joqarı kvark u, suykimli c-kvark ham haqıyqiy t-kvark) ham elektr zaryadı $-1/3$ ke ten bolgan D-tipindegi kvarklar (tomengi d-kvark, ersi s-kvark ham gozzal b-kvark) bar. Har bir kvarkta antikvark dep atalatuğın ozinin antibólekshesi bar (joqargı joqarı antikvark $\bar{u}$, suykimli $\bar{c}$ - antikvark ham haqıyqiy $\bar{t}$ - antikvark h.t.b.). Kvarklardin arasındagi kushli tasirlesiw reñli zaryadlar dep atalatuğın zaryadlar tarepinen payda etiledi: har bir kvark reñleri ush turli bolgan reñli zaryadlarga iye, olardı shartli turde qızıl, kók ham jasil dep ataydı. Uliwma jagdayda erkinlik darejelerinin ulıwmalıq sanı $2 \times 2 \times 2 \times 3 \times 3 = 72$ shamasına ten. 18 leptonlıq erkinlik darejelerin qosıp, fermionlıq erkinlik darejeleninin saninin 90 ga ten ekenligin koremiz. Leptonlar sıyaqlı, salmagı awır bolgan kvarklar jeñilirek bolgan kvarklarga ıdıray aladı.

Bozonlar. Bozonlar putin spinge iye boladı ham, sonlıqtan, olar Boze-Eynshteyn statistikasına bagınadı. Elementar bóleksheler fizikasındagi MSM de elementar



bozonlar kalibrovkalıq bozonlar bolıp tabıladı. Olar tásirlesiwlerdi alıp júredi. Spini 0 ge teń Xiggs skalyarı ayrıqsha orındı iyeleydi. Ol kvarklarǵa, zaryadlangan leptonlarǵa hám ázzi kalibrovkalıq bozonlarǵa massa beredi.

Juwmaq

Standard model elementar bóleksheler fizikası bólimindegi eń quramalı ham eksperimental tastıyqlangan teoriyalardan biri bolıp tabıladı. Ol zattıń dúzilisi ham fundamental óz-ara tásirlerdi shuqırraq túsiniwge kómeklesedi. Biraq, gravitaciya, qara dene hamde energiya sıyaqlı máseleler sheshilmegenligi sebepli, jańa fizikalıq teoriyalardı islep shıǵıw tiykarǵı ilmiy baǵıt bolıp esaplanadı.

PAYDALANILǵAN ADEBIYATLAR DIZIMI:

1. P A Zyla, R M Barnett, J Beringer, O Dahl, D A Dwyer, D E Groom, C -J Lin, K S Lugovsky, E Pianori ... Review of Particle Physics. Progress of Theoretical and Experimental Physics, Volume 2020, Issue 8, August 2020, 083C01, <https://doi.org/10.1093/ptep/ptaa104>.
2. Gaillard, Mary K.; Grannis, Paul D.; Sciulli, Frank J. (January 1999). "The Standard Model of Particle Physics". Reviews of Modern Physics. 71 (2): S96–S111. arXiv:hep-ph/9812285. Bibcode:1999RvMPS..71...96G.
3. Woithe, Julia; Wiener, Gerfried; Van der Veken, Frederik (2017). "Let's have a coffee with the Standard Model of particle physics!". Phys. Educ. 52 (3): 034001. Bibcode:2017PhyEd..52c4001W. doi:10.1088/1361-6552/aa5b25.
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_Model.
5. Роман Парпалак. История развития теоретической физики высоких энергий. https://parpalak.com/articles/science/history_of_high_energy_physics.
6. Ofer Lahav, Andrew R Liddle. The Cosmological Parameters. arXiv:2201.08666 [astro-ph.CO].
7. Maxim Yu. Khlopov. Beyond the Standard Models in Particle Physics and Cosmology. arXiv:1811.09222v1 [astro-ph.CO].