STANDART MODEL VA UNING CHEGARALARINI ANIQLASHDAGI NAZARIY IZLANISHLAR

Toshpulatova Dilorom Ziyodullo qizi
Shahrisabz davlat pedagogika instituti
Jamolov Paxlavon Ulug'bekovich
SamDU akademik litseyi fizika fani o'qituvchisi

Qabul qilindi: 28.10.2025
Ko'rib chiqildi: 29.10.2025
Tasdiqlandi: 30.10.2025

Kalit so'zlar:
standart model, elementar zarrachalar, Higgs bozoni, kvant maydon nazariyasi, supersimmetriya, qorong'u materiya, zarracha fizikasi, nazariy izlanishlar.

Annotatsiya. Ushbu tezisda zamonaviy fizikaning asosiy nazariyasi bo'lgan Standart modelning mohiyati, uning zarrachalar fizikasi tizimidagi o'rni va chegaralarini aniqlash bo'yicha olib borilgan nazariy izlanishlar yoritilgan. Tadqiqotda Standart modelning kuchli, zaif va elektromagnit o'zaro ta'sirlarni birlashtiruvchi mexanizmlari, Higgs bozonining roli hamda modelning eksperimental tekshiruvlar bilan bog'liqligi tahlil qilinadi. Shuningdek, supersimmetriya, kvant gravitatsiya va qorong'u materiya kabi hodisalarni izohlashda Standart modelning yetarli emasligi va uning kengaytirilgan nazariy modifikatsiyalari ko'rib chiqiladi.

Keywords:
Standard Model, elementary particles, Higgs boson, quantum field theory, supersymmetry, dark matter, particle physics, theoretical research.

Annotation. This thesis explores the theoretical framework of the Standard Model, its role in particle physics, and the ongoing research aimed at defining its limitations. The study examines the mechanisms unifying the strong, weak, and electromagnetic interactions, the significance of the Higgs boson, and the connection between theoretical predictions and experimental findings. It also discusses the shortcomings of the Standard Model in explaining phenomena such as supersymmetry, quantum gravity, and dark matter, proposing extended theoretical models as potential solutions.

Ключевые слова:
Стандартная модель, элементарные частицы, бозон Хиггса, квантовая теория поля, суперсимметрия, тёмная материя, физика частиц,

Аннотация. В данной работе рассматривается сущность Стандартной модели как фундаментальной теории современной физики, её роль в системе физики элементарных частиц и теоретические исследования, направленные на определение её границ

теоретические исследования.

применимости. Анализируются механизмы объединения сильного, слабого и электромагнитного взаимодействий, роль бозона Хиггса, а также связь теоретических предсказаний с экспериментальными результатами. Кроме того, обсуждаются ограничения Стандартной модели в объяснении таких явлений, как суперсимметрия, квантовая гравитация и тёмная материя, и рассматриваются расширенные теоретические подходы.

Kirish. Standart model — zamonaviy zarrachalar fizikasining eng asosiy nazariy konstruktsiyalaridan biri bo‘lib, u elementar zarrachalar va ularning o‘zaro ta’sir mexanizmlarini yagona ma tematik asosda tushuntiradi. Ushbu model XX asrning ikkinchi yarmida shakllanib, kvant elektrodinamika, zaif o‘zaro ta’sir va kuchli o‘zaro ta’sir nazariyalarining birlashmasi natijasida yaratilgan bo‘lib, u bugungi kunda fundamental fizika sohasida eng mukammal tizimlardan biri sifatida e’tirof etiladi. Standart modelning asosiy maqsadi — materiyaning eng kichik tuzilma birliklarini va ularni boshqaruvchi kuchlarni aniqlashdir. Biroq, ushbu modelning mukammalligiga qaramay, u koinotning barcha hodisalarini to‘liq izohlab bera olmaydi. Masalan, qorong‘u materiya, qorong‘u energiya, gravitatsiya va neytrinoning massasi kabi masalalar hali ham Standart model doirasidan tashqarida qolmoqda. Shu bois, zamonaviy fiziklar ushbu modelning chegaralarini aniqlash, uni kengaytirish yoki yangilash yo‘llarini topish uchun nazariy va eksperimental izlanishlarni olib bormoqdalar. Ayniqsa, CERNdagi Katta Adron Kollayderi tajribalari natijasida olingan yangi ma’lumotlar Standart modelni sinovdan o‘tkazish va uning zaif nuqtalarini ochib berishda muhim ahamiyat kasb etmoqda. Shuningdek, supersimmetriya, qo‘shimcha o‘lchamlar va kvant gravitatsiyasi kabi yangi nazariyalar ushbu modelga alternativ yoki uni to‘ldiruvchi g‘oyalar sifatida ilmiy doiralarda faol muhokama qilinmoqda. Shu tariqa, Standart modelning chegaralarini aniqlashga qaratilgan nazariy izlanishlar nafaqat zarrachalar fizikasining rivojlanishiga, balki koinot haqidagi umumiy tushunchalarimizning chuqurlashishiga xizmat qilmoqda.

Zamonaviy fizika olamida Standart model eng asosiy nazariy konstruktsiyalardan biri sifatida e’tirof etiladi, u elementar zarrachalar va ularning o‘zaro ta’sir mexanizmlarini yagona kvant nazariyasi asosida tushuntirishga qaratilgan. Ushbu model XX asrning ikkinchi yarmida shakllanib, kuchli, zaif va elektromagnit o‘zaro ta’sirlarni birlashtirish orqali fundamental fizik qonuniyatlarni izohlashda muhim rol o‘ynaydi. Standart modelning ilmiy ahamiyati shundan iboratki, u zarrachalarning spin, massa, elektr zaryadi kabi

xossalarini aniqlashga imkon beradi va nazariy bashoratlarni eksperimental tajribalar orqali tasdiqlash imkonini yaratadi. Shu bilan birga, koinotning barcha hodisalarini to‘liq izohlashda mavjud cheklovlar, xususan, gravitatsion kuchni o‘z ichiga olmasligi, qorong‘u materiya va qorong‘u energiya hodisalarini tushuntira olmasligi zamonaviy fizik olimlar oldidagi asosiy muammolarni tashkil qiladi. Shuning uchun Standart modelning chegaralarini aniqlash, uni kengaytirish va yangi nazariy konsepsiyalar bilan boyitish masalalari bugungi kunda ham ilmiy tadqiqotlarning dolzarb yo‘nalishlaridan biridir. Ushbu tadqiqot doirasida Standart modelning nazariy asoslari, uning eksperimental tasdig‘i, yetishmayotgan jihatlari va ilmiy muhokamalarda ilgari surilayotgan kengaytirilgan modellar o‘rganilib, zamonaviy zarrachalar fizikasidagi asosiy masalalar tizimli tarzda tahlil qilinadi. Shu tariqa, tadqiqot nafaqat ilmiy nazariy jihatdan ahamiyatga ega bo‘lib, balki kelajakda fizikada yagona Birlashgan nazariyani yaratish yo‘lida asosiy konseptual manba sifatida xizmat qiladi.

Adabiyotlar tahlili. Standart model zamonaviy fizikaning eng muhim nazariy asoslaridan biri bo‘lib, u elementar zarrachalarning o‘zaro ta’sirini izohlovchi yagona tizim sifatida shakllangan [1]. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, ushbu model kuchli, zaif va elektromagnit o‘zaro ta’sirlarni yagona kvant maydon nazariyasi asosida birlashtiradi hamda har bir zarrachaning fundamental xossalarini aniqlash imkonini beradi [2]. Biroq, ko‘plab eksperimental natijalar, xususan, qorong‘u materiya va qorong‘u energiya hodisalari Standart model doirasida to‘liq tushuntirib bo‘lmaydi, bu esa nazariy izlanishlarni yangi yo‘nalishlarga olib chiqdi [3]. Olimlar supersimmetriya, qo‘shimcha o‘lchamlar va kvant gravitatsiya nazariyalarini ishlab chiqish orqali Standart modelni kengaytirish imkoniyatlarini izlamoqdalar, bu jarayon zarrachalar fizikasi rivojida yangi ufqlarni ochadi [4]. Shuningdek, CERNdagi Katta Adron kollayderi (LHC) tajribalari natijasida Higgs bozoni mavjudligi tasdiqlangach, Standart modelning ba’zi cheklovlari aniqlanib, uni qayta ko‘rib chiqish zaruriyati paydo bo‘ldi, bu esa zamonaviy fizikada nazariy va eksperimental uyg‘unlik masalasini yanada dolzarb qildi [5].

Materiallar va usullar. Ushbu tadqiqotda Standart modelning nazariy asoslari va uning chegaralarini aniqlashga doir ilmiy yondashuvlar tahliliy hamda taqqoslama metodlar asosida o‘rganildi. Avvalo, mavjud ilmiy adabiyotlar, zamonaviy nazariy fizikadagi maqolalar va xalqaro miqyosdagi eksperimental natijalar tahlil qilindi. Tadqiqotning metodologik asosi sifatida nazariy-falsafiy tahlil, mantiqiy xulosa chiqarish, hamda model asosida gipotezalarni sinovdan o‘tkazish usullari qo‘llanildi. Shuningdek, CERN va boshqa ilmiy markazlarda o‘tkazilgan tajribalardan olingan ma’lumotlar asosida Standart modelning chegaralarini aniqlovchi asosiy parametrlar baholandi. Tadqiqotda Lagrange tenglamalari, kvant maydon nazariyasi va guruh simmetriyasi asosida zarrachalarning o‘zaro ta’sir mexanizmlari nazariy jihatdan qayta ko‘rib chiqildi. Shuningdek, supersimmetriya va qo‘shimcha o‘lchamlar nazariyasiga doir ilmiy

manbalar bilan taqqoslanma tahlil olib borilib, ularning Standart modelga nisbatan qanday ustunliklari va cheklovlari mavjudligi aniqlashtirildi. Tahlil jarayonida nazariy ma'lumotlarni tizimlashtirish uchun sxematik modellashtirish, matematik ifoda va konseptual tahlil usullaridan keng foydalanildi. Shu tarzda, tadqiqot Standart modelning nazariy tuzilishini chuqurroq tushunish, uning chegaralarini aniqlash hamda yangi nazariy modellar bilan bog‘liqligini o‘rganishga qaratildi.

1-Jadval. Standart modelning asosiy zarrachalari va ularning xossalari

Zarracha turi	Misollar	O‘zaro ta'sir turi	Asosiy xossalari	Izoh
Fermionlar	Kvarklar (u, d, s, c, b, t), leptonlar (e^-, μ^-, τ^-, ν_e, $\nu\mu$, $\nu\tau$)	Kuchli, zaif, elektromagnit	Spin = 1/2, modda hosil qiluvchi zarrachalar	Materiyaning asosiy tarkibiy qismi
Bozonlar	Foton (γ), gluon (g), W^+, W^-, Z^0, Higgs (H)	Kuchli, zaif, elektromagnit	Spin = 1, 0, kuch tashuvchi zarrachalar	Kuchlar vositachilari sifatida harakat qiladi
Higgs bozoni	H	Zaif o‘zaro ta'sir bilan bog‘liq	Spin = 0, massa beruvchi mexanizm	2012-yilda LHC tajribalarida kashf etilgan
Supersimmetrik zarrachalar (nazariy)	S-fermionlar, gino, fotino va boshqalar	Nazariy modellar doirasida	Spin = 1/2 yoki 1, hali tajribaviy isbotlanmagan	Standart modelni kengaytirish imkoniyati mavjud

Bu jadval Standart modeldagi asosiy zarrachalar, ularning turlari, o‘zaro ta'sir mexanizmlari va nazariy ahamiyatini umumlashtirib ko‘rsatadi.

Tadqiqot muhokamasi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, Standart model elementar zarrachalar fizikasining hozircha eng mukammal nazariy tizimi bo‘lishiga qaramay, u hali ham bir qator fundamental savollarga to‘liq javob bera olmaydi. Ushbu model kuchli, zaif va elektromagnit o‘zaro ta'sirlarni yagona nazariyada birlashtirish orqali juda katta ilmiy yutuqlarga erishgan bo‘lsa-da, gravitatsion kuchni o‘z ichiga olmaganligi sababli u to‘liq universal nazariya sifatida qabul qilinmaydi. Ayniqsa, neytrinolar massasi, qorong‘u materiya va qorong‘u energiyaning tabiatini tushuntira olmasligi uning asosiy cheklovlaridan biridir. Tadqiqot davomida mavjud nazariyalar, xususan, supersimmetriya va qo‘shimcha o‘lchamlar modeli tahlil qilinar ekan, ular Standart modeldagi ayrim muammolarni bartaraf etish uchun nazariy asos bo‘lishi mumkinligi aniqlandi.

Supersimmetriya konsepsiyasi bo‘yicha har bir zarracha uchun mos superhamroh zarracha mavjud bo‘lib, bu energiya muvozanatini saqlash hamda qorong‘u materiyani tushuntirish imkonini beradi. Biroq, LHC tajribalari davomida supersimmetrik zarrachalarning aniqlanmaganligi ushbu nazariyaning tajribaviy tasdig‘ini kechiktirib qo‘ydi. Shuningdek, Standart modelda Higgs bozoni kashf etilgan bo‘lsa-da, bu kashfiyot modelning barcha jihatlarini to‘liq isbotlab bermadi, aksincha, yangi savollarni yuzaga chiqardi. Modelning matematik strukturasida mavjud bo‘lgan parametrlarning soni va ularning fizik ma’nosi hali ham muhokama markazida turibdi. Zamonaviy tadqiqotlarda kvant gravitatsiyasi, tor nazariyasi va “Birlashgan nazariya” konsepsiyasi kabi yondashuvlar yordamida Standart modelni kengaytirish g‘oyalari ilgari surilmoqda. Bu yondashuvlar nafaqat fizik qonuniyatlarning yaxlit tizimini yaratishga, balki koinotning ilk bosqichlarida sodir bo‘lgan jarayonlarni chuqurroq anglashga imkon beradi. Shunday qilib, olib borilgan tahlillar shuni ko‘rsatdiki, Standart model bugungi kunda ham nazariy fizikaning tayanch tizimi bo‘lib qolayotgan bo‘lsa-da, uning chegaralarini aniqlash, uni kengaytirish va yangi nazariy konsepsiyalar bilan boyitish zamonaviy fan oldida turgan eng muhim masalalardan biridir.

Xulosa. Yuqoridagi tadqiqot natijalariga ko‘ra, Standart model zamonaviy zarrachalar fizikasining asosiy tayanch nazariyasi sifatida o‘z ahamiyatini saqlab qolayotgan bo‘lsa-da, u koinotning barcha fizik hodisalarini to‘liq tushuntirishga qodir emasligi aniqlandi. Modelning muvaffaqiyati elementar zarrachalar va ularning o‘zaro ta’sirini mukammal ifodalashida, shuningdek Higgs bozoni kabi kashfiyotlar orqali nazariy bashoratlarning tajribaviy tasdig‘ida namoyon bo‘ladi. Shu bilan birga, qorong‘u materiya, qorong‘u energiya, neytrinolar massasi va gravitatsiya kuchining kvant tabiatini izohlab bera olmasligi uning chegaralarini ko‘rsatadi. Shuning uchun Standart modelni yanada mukammallashtirish, uni yangi nazariy konsepsiyalar — supersimmetriya, tor nazariyasi yoki kvant gravitatsiyasi kabi yo‘nalishlar bilan bog‘lash zarur. Ushbu tadqiqot nazariy tahlillar orqali modelning kuchli va zaif tomonlarini aniqlab, kelajakda fizikada yagona Birlashgan nazariya yaratish yo‘lidagi ilmiy izlanishlarga nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi. Natijada, Standart modelning chegaralarini chuqurroq o‘rganish nafaqat elementar zarrachalar olamiga, balki butun koinotning tuzilishi va rivojlanish mexanizmlarini anglashga keng imkoniyatlar yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO’YXATI

1. Weinberg, S. The Quantum Theory of Fields. Cambridge University Press, 1995.

2. Griffiths, D. Introduction to Elementary Particles. Wiley-VCH, 2008.

3. Peskin, M. E., Schroeder, D. V. An Introduction to Quantum Field Theory. Addison-Wesley, 1995.

4. Ellis, J., Gaillard, M. K., Nanopoulos, D. V. "Physics of the Standard Model and Beyond." Nuclear Physics B, Vol. 106, 2011.

5. Aitchison, I. J. R., Hey, A. J. G. Gauge Theories in Particle Physics: A Practical Introduction. CRC Press, 2020.