

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR
VAZIRLIGI

MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI O'ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI

FIZIKA FAKULTETI

F-2203 guruh talabasi

Xasanova Muattarning

Atom fizikasi fanidan

MUSTAQIL ISHI

Mavzu: Kvant gravitatsiyasi

Tayyorladi: Xasanova Muattar

Qabul qildi: Xoshimjonov. X.

TOSHKENT – 2024

Mavzu: Kvant gravitatsiyasi

Reja:

1. Kvant gravitatsiyasi konsepsiyasi.
2. Nazariyaning istiqbollari va amalga oshirilayotgan tadqiqotlar.
3. Nazariyani yaratishdagi to'siqlar.

Kvant gravitatsiyasi nazariyasini ishlab chiqish masalasi zamonaviy fizika fani qarshisida turgan dolzarb masalalardan biridir. “Barcha narsa nazariyasi” yoki “umumiy nazariya” deb nom olishi rejalashtirilgan, lekin hozirgacha hech qanday tayinli ko'rinishga keltirishning iloji bo'lmayotgan xayoliy mukammal nazariya. Bunda olimlar Eynshteynning zamon va makonning egrilanishi haqidagi umumiy nisbiylik nazariyasi bilan, subatom zarrachalar va jarayonlarni bayon qiluvchi kvant gravitatsiyasini umulashtirishni maqsad qilgan. Muvaffaqiyatli chiqqan nazariya Ulkan portlashdan keyin dastlabki lahzalarda nima sodir bo'lganligini, yoki galaktika markazdagi qora tuynuk ichkarisida nimalar ro'y berayotganini aniqlash imkonini bergan bo'lar edi. Lekin, bunday mukammal nazariyani yaratish oson emas.

Kvant gravitatsiya - bu orzu, nazariy ehtiyoj va ilmiy maqsad. Bu haligacha to'liq shaklda mavjud bo'lmagan nazariya bo'lib, u hozirda yuzlab nazariy va matematik fiziklarning birgalikdagi sa'y-harakatlarini o'z ichiga olgan tadqiqot sohasidir. Bu hali topilmagan nazariya gravitatsiyaviy o'zaro ta'sirning yanada kengroq va to'liq tavsifi bo'lishini va'da qiladi, bu ta'rif Eynshteynning umumiy nisbiylik nazariyasidan tashqariga chiqadi, bu esa masofa va energiyaning barcha miqyoslarida amal qilishi mumkin; ayni paytda makon, vaqt va materiyaning tabiatini yangi va chuqurroq tushunishni va'da qiladi. Shunday qilib, kvant gravitatsiya bo'yicha tadqiqotlar qat'iy matematika va kuchli taxminlar, aniq modellar va umumiy sxemalar, asosiy savollar va texnik masalalar, shuningdek, yaqinda taxminiy fenomenologik ssenariylarning qiziqarli va hayajonli aralashmasidir.

Kvant gravitatsiyasi nazariyasi umumiy nisbiylik nazariyasi va subatom zarralari kvant fizikasini o'zaro bog'lashga bo'lgan urinishdir. Kvant gravitatsiyasiga oid aksar g'oyalar zamon va makon uyg'unligining koinot bo'ylab ulkan masofalarni bosib o'tayotgan zarrachalarga nisbatan ta'siri sifatida namoyon bo'luvchi diskret

strukturasi haqidagi taxminlarga asoslanadi. Agar gravitatsiya haqiqatan ham kvant xossasiga ega bo'lsa, unda ushbu xossani tasdig'i sifatida gravitatsiyaning kvant birligi – graviton mavjud bo'lishi kerak. Lekin, tabiatda ma'lum fundamental o'zaro ta'sirlar ichida gravitatsiya eng kuchsizi bo'lib, shu sababli ham gravitonni aniqlash va topish juda qiyin. Fiziklar gravitatsiyani tashuvchi zarrachani graviton deb ataganlar. Nazariy fizika gravitonning xossalarini ham aniqlab bo'lgan. Unga ko'ra graviton elektr zaryadga ega bo'lmagan, ya'ni neytral zarrachadir. Boz ustiga graviton massaga ham ega emas. Massaga ega bo'lmaganligi uchun u yorug'lik tezligida harakatlanishi mumkin. Graviton barqaror zarracha bo'lib, u elementar zarra, ya'ni qismga bo'linmaydi.

2. Nazariyaning istiqbollari va amalga oshirilayotgan tadqiqotlar.

So'nggi o'ttiz yillikda biz kvant gravitatsiyasi sohasining hayratlanarli o'sishi, unda faol ishlayotgan odamlar soni va tadqiqotlar jarayonining jadallashuvining guvohi bo'ldik. Buning sababi shundaki, muammoga ba'zi yondashuvlar hal qiluvchi texnik muammolarni hal qilishda, kontseptual muammolarni hal qilish yo'llarini taklif qilishda va yangi jismoniy tushunchalar va stsenariylarni taqdim etishda muvaffaqiyat qozona boshladi. Yaqqol misol - tortishishning kvant nazariyasiga asosiy nomzodlardan biri bo'lgan simlar nazariyasidagi tadqiqotlar portlashi va boshqalar. Yana biri uyurmaviy kvant gravitatsiyasining rivojlanishi, bu yondashuv kvant gravitatsiyasiga kanonik yondashuvning ko'plab uzoq vaqtdan beri mavjud muammolarini hal qilishdagi muvaffaqiyatlari tufayli yaqinda katta e'tiborni tortdi. Keyinchalik nazariy fizikaning boshqa sohalaridan sohaga yangi texnikalar keltirildi, masalan. Panjara o'lchovi nazariyasi va kvant gravitatsiya tadqiqotida ko'proq yo'nalishlarning, jumladan, diskret yondashuvlarning paydo bo'lishiga yoki o'sishiga bir necha jihatdan ta'sir ko'rsatdi. Shu bilan birga, kvant tortishish kuchi yangi matematikani, shuningdek fazoviy vaqt va materiya haqida fikrlashning muqobil usullarini ishlab chiqish uchun juda unumdor zamin va kuchli turtki bo'ldi, bu esa o'z navbatida kvant tortishish kuchining boshqa istiqbolli yo'llarini o'rganishga turtki bo'ldi.

Kvant gravitatsiyasi nazariyasi haqidagi urinishlarga Abey Ashtekar (hind fizigi) ning umumiy nisbiylik nazariyasini qayta ta'riflagani va uning matematik ifoda tilini kvant matematik ifoda tiliga o'tkazganligi turtki bo'lgan.

Quyida kvant gravitatsiyasi yaratilishi jarayonidagi tadqiqot mavzulari va natijalariga misollar mavjud:

1. Supersimmetriya va Supergravitatsiya:

G'oya: Supersimmetriya standart modelning zarralari bilan ularning super sheriklarini birlashtirishga harakat qiladi. Supergravitatsiya esa gravitatsiyani supersimmetriya doirasida umumlashtirishga urinib ko'radi.

Tadqiqotlar: Olimlar supersimmetriya va supergravitatsiyaning turli modellari ustida ishlashmoqda, ularda gravitatsiya kvant darajasida tavsiflanadi. Ammo, bu modellar eksperimental tasdiqlashni talab qiladi. Bu nazariyalar ko'p o'lchovli bo'shliqlarni taxmin qiladi va hali ham matematik jihatdan juda murakkabdir.

2. String Teorisi (Torli Nazariya) va M-nazariyasi:

Torli nazariya (String theory) – fizikaning fundamental zarralar va gravitatsiyani birlashtirishga urinuvchi nazariyasidir. U standart modelning nuqta kabi zarralar tasavvurini rad etib, ularni juda kichik, tebranuvchi torlar deb qaraydi. Ushbu torlarning turli tebranish rejimlari turli zarralarni, shu jumladan gravitonni (gravitatsiyani vositachiligida o'tkazuvchi gipotetik zarra) ifodalaydi.

Asosiy fikrlar:

Fundamental ob'ektlar torlar: Torli nazariyaning asosiy farqi shundaki, u nuqta zarralari o'rniga bir o'lchovli ob'ektlar – torlarni fundamental deb qaraydi. Bu torlar Plankning uzunligiga yaqin bo'lgan o'lchamda (taxminan 10^{-35} metr) bo'ladi.

Tebranish rejimlari va zarralar: Torning turli tebranish rejimlari turli zarralar massasi va zaryadini belgilaydi. Bu degani, bizning ko'rgan barcha zarralar, leptonlardan kvarklargacha, torlarning turli xil tebranish usullaridan kelib chiqadi.

Gravitonning mavjudligi: Torli nazariyaning eng muhim jihatlaridan biri – gravitonning tabiiy ravishda chiqib ketishidir. Bu nazariyaning gravitatsiyani standart modelning boshqa kuchlari bilan birlashtirish potentsialiga ega ekanligini ko'rsatadi. Qo'shimcha o'lchamlar: Torli nazariya to'g'ri ishlashi uchun qo'shimcha o'lchamlar

(bizning 3 fazoviy va 1 vaqt o'lchovlarimizdan tashqari) mavjud bo'lishi kerak. Bu qo'shimcha o'lchamlar biz uchun ko'rinmaydigan darajada ixchamlashgan bo'lishi mumkin.

Turli versiyalar: Torli nazariyaning bir nechta versiyalari mavjud, ularning eng mashhurlari: I turdagi torli nazariya, II turdagi torli nazariya va heterotik torli nazariya. Ushbu nazariyalar bir-biridan matematik jihatdan farq qiladi va turli xil xossalarga ega.

M-nazariya: Ushbu nazariyalarni birlashtirishga urinuvchi kengroq nazariya M-nazariya deb ataladi. M-nazariyaning to'liq shakli hali ham noma'lum, lekin u 11 o'lchovli bo'shliqni o'z ichiga oladi.

Qiyinchiliklar va muammolar:

Eksperimental tasdiqlashning qiyinligi: Torlar juda kichik bo'lgani uchun ularni to'g'ridan-to'g'ri kuzatish hozirgi texnologiyalar bilan imkonsiz.

Matematik murakkablik: Torli nazariya juda murakkab matematik apparatni talab qiladi va uning matematik asoslari hali ham to'liq tushunilmagan.

Ko'p sonli variantlar: Torli nazariyaning ko'p sonli variantlari va uning parametrlarini aniqlashda qiyinchiliklar mavjud, bu esa nazariyaning bashorat qiluvchanligini kamaytiradi.

Hozirgi holat:

Torli nazariya fizikaning eng istiqbolli nazariyalaridan biri bo'lib qolmoqda, lekin hali ham to'liq tushunilmagan va eksperimental tasdiqlashni talab qiladi. Uning matematik tuzilishi murakkab bo'lsa-da, gravitatsiya va standart modelni birlashtirishga urinish sifatida u o'zining ahamiyatini saqlab qolmoqda. Tadqiqotlar davom etmoqda va kelajakdagi rivojlanishlar ushbu nazariyaning to'g'riligini tasdiqlashi yoki rad etishi mumkin.

3. Loop Kvant Gravitatsiyasi (Halqa Kvant Gravitatsiyasi):

Loop kvant gravitatsiyasi (Loop Quantum Gravity, LQG) – umumiy nisbiylik va kvant mexanikasini birlashtirishga urinuvchi kvant gravitatsiyasi nazariyalaridan biridir. U boshqa yondashuvlardan, masalan, torli nazariyadan, o'zining asosiy farqlariga ega. LQG bo'shliq va vaqtning o'zi diskret (uzluksiz emas) tuzilishga ega degan g'oyaga asoslanadi.

Asosiy fikrlar:

Bo'shliq-vaqtning diskretligi: LQGning markaziy g'oyasi shundaki, bo'shliq va vaqt uzluksiz emas, balki juda kichik, diskret "tugallar" (loops) yoki "donalar"dan tashkil topgan. Bu "Plankning uzunligi" deb ataluvchi miqyosda (taxminan 10^{-35} metr) sodir bo'ladi.

Spin tarmoqlari: Nazariya matematik apparati "spin tarmoqlari" deb ataluvchi tuzilmalardan foydalanadi. Spin tarmoqlari – bu bo'shliq-vaqtning grafik tasviri bo'lib, ularning tugunlari (nodes) va qirralari (edges) ma'lum kvant xossalriga ega. Bu grafiklarning topologiyasi o'zgarishi mumkin, bu esa bo'shliq-vaqtning dinamik xususiyatlarini aks ettiradi.

Bo'shliq-vaqtning paydo bo'lishi: LQGda bo'shliq va vaqt asosiy fundamental ob'ektlar emas, balki katta miqyosda paydo bo'luvchi xususiyatlardir. Ya'ni, kichik miqyoslarda bo'shliq va vaqt tushunchalari o'z ahamiyatini yo'qotadi va spin tarmoqlarining dinamikasi bilan almashtiriladi.

Geometriyaning kvantlash: LQGda geometriya kvantlanadi. Bu degani, masofa, maydon va hajm kabi geometrik kattaliklar diskret qiymatlarni qabul qiladi.

Gravitonning mavjudligi: LQG gravitonning mavjudligini bashorat qiladi, ammo bu boshqa nazariyalarda bo'lgani kabi asosiy fundamental zarra emas.

Afzalliklari:

Umumiy nisbiylik bilan mosligi: LQG umumiy nisbiylik bilan mos keladigan va uning chegaraviy holatini o'z ichiga oladi.

Matematik ravshanlik: LQG matematik jihatdan ancha aniqroq va boshqa kvant gravitatsiya nazariyalariga nisbatan aniqroq bashoratlarni beradi.

Kamchiliklari:

Eksperimental tasdiqlashning qiyinligi: LQGda bashoratlarni tekshirish juda qiyin, chunki ular faqat juda katta energiyalar va zichliklarda namoyon bo'ladi.

To'liq nazariyaning yetishmasligi: LQG hali ham to'liq rivojlangan nazariya emas va ba'zi jihatlari hali ham tadqiqot ostida.

Standart model bilan integratsiyaning qiyinligi: LQgni standart modelning boshqa zarralari va kuchlari bilan qanday integratsiya qilish kerakligi ochiq savoldir.

Hozirgi holat:

LQG hali ham rivojlanayotgan nazariyadir va uning to'g'riligini tasdiqlash uchun yanada ko'p tadqiqotlar kerak. Ammo, u umumiy nisbiylik va kvant mexanikasini birlashtirishga urinish sifatida o'zining ahamiyatini saqlab qolmoqda va qora tuynuklar va Katta portlash kabi fundamental muammolarni hal qilishga yordam berishi mumkin. Uning matematik aniqligi va umumiy nisbiylik bilan mosligi uni kvant gravitatsiyasi sohasida muhim nazariya sifatida tan olishga imkon beradi

4. Causal Set Teorisi (Sababiy To'plamlar Nazariyasi):

Sababiy to'plamlar nazariyasi (Causal Set Theory) – umumiy nisbiylik va kvant mexanikasini birlashtirishga urinuvchi kvant gravitatsiyasi nazariyalaridan biridir. U bo'shliq-vaqtning diskret tuzilishiga asoslanadi, lekin Loop Kvant Gravitatsiyasidan farqli ravishda, u bo'shliq-vaqtni hodisalar to'plami sifatida tasvirlaydi va ular orasidagi sababiy munosabatlarga e'tibor qaratadi.

Asosiy fikrlar:

Bo'shliq-vaqt diskret hodisalar to'plami: Bu nazariyada bo'shliq-vaqt uzluksiz emas, balki chekli sonli diskret hodisalar to'plamidan iborat deb faraz qilinadi. Bu hodisalar "sababiy munosabatlar" orqali bir-biriga bog'langan. Ya'ni, bir hodisa ikkinchi hodisaning sababi bo'lishi mumkin.

Sababiy tuzilma: Hodisalar o'rtasidagi sababiy munosabatlar nazariyaning asosiy tuzilmasini belgilaydi. Bu munosabatlar "sababiy to'plam"ni hosil qiladi, ya'ni hodisalar to'plami va ular o'rtasidagi sababiy munosabatlarning matematik tasviri. Bu munosabatlar yorug'lik konuslari bilan belgilanadi.

Plankning miqyosi: Diskret hodisalar o'rtasidagi masofalar taxminan Plankning uzunligiga teng deb taxmin qilinadi. Bu nazariyaning kvant gravitatsiyasi bilan bog'liq ekanligini ko'rsatadi.

Dinamika va evolyutsiya: Nazariyaning dinamikasi sababiy to'plamlar va ularning o'zgarishlariga asoslangan. To'plamning evolyutsiyasi yangi hodisalar qo'shilishi va mavjud munosabatlarning o'zgarishi bilan ifodalanadi.

Umumiy nisbiylik bilan bog'liqlik: Katta miqyoslarda, sababiy to'plamlar nazariyasi umumiy nisbiylik bilan mos keladigan bashoratlarni beradi. Bu nazariyaning klassik fizikaga chegaraviy o'tishini ta'minlaydi.

Afzalliklari:

Matematik jihatdan aniq: Nazariya boshqa kvant gravitatsiya nazariyalariga qaraganda matematik jihatdan ancha aniqroq va rivojlangan.

Singulyarlik muammosini hal qilishga urinish: Sababiy to'plamlar nazariyasi qora tuynuklar va Katta portlash singari singulyarlik muammolarini hal qilishga potentsial yordam beradi.

Bo'shliq-vaqtning paydo bo'lishi: Nazariya bo'shliq-vaqtning asosiy fundamental ob'ekt emas, balki paydo bo'luvchi xususiyat ekanligini ta'kidlaydi.

Kamchiliklari:

Eksperimental tasdiqlashning qiyinligi: Nazariyaning bashoratlarini hozirgi texnologiyalar bilan tekshirish juda qiyin.

To'liq nazariyaning yetishmasligi: Nazariya hali ham to'liq rivojlanmagan va ko'plab ochiq savollarga ega.

Boshqa kuchlar bilan integratsiyasi: Nazariyani standart modelning boshqa kuchlari bilan birlashtirish hali ham katta muammo hisoblanadi.

Hozirgi holat:

Sababiy to'plamlar nazariyasi kvant gravitatsiyasi sohasidagi nisbatan yangi va kam rivojlangan nazariya hisoblanadi. Uning afzalliklari – matematik aniqligi va singulyarlik muammolarini yumshatishga urinishi. Lekin, eksperimental tasdiqlashning qiyinligi va to'liq nazariyaning yetishmasligi uning rivojlanishiga to'sqinlik qiladi. Hozirgi vaqtda nazariya asosan nazariy jihatdan rivojlanmoqda va kelajakda uning eksperimental tekshirishlari imkoniyati o'rganilmoqda.

1. Nazariyani yaratishdagi to'siqlar.

Biz hali ham kvant gravitatsiyasi nazariyasini yaratishdan uzoqmiz va hozirda ko'rib chiqilayotgan har qanday yondashuv, uning kuchli va muvaffaqiyatlari qanday bo'lishidan qat'i nazar, juda to'liq yoki yaxshi tushunilmaganligini aytish adolatli.

Vaziyatni chigallashtiruvchi eng asosiy omillardan biri – nisbiylik nazariyasida va kvant nazariyasida vaqt va fazoning boshqacha-boshqacha talqin qilinishi, ya'ni, umuman farqli kattalik va jarayonlar sifatida qaralishi. Xususan, kvant nazariyasida vaqt va fazo zarrachalarning o'zaro ta'siri yuz beradigan o'zgarmas joy yoki fon sifatida qaralsa, nisbiylik nazariyasida esa o'z nomi bilan vaqt va fazo tushunchalari nisbiy, ya'ni o'zgarishi mumkin bo'lgan tushunchalardir. Gravitatsiya nazariyasini kvant nazariyasi bilan bog'lashning bundan ham mushkul jihati shundan iboratki, kvant gravitatsiyasi nazariyasini tekshirib ko'rish uchun, oddiy laboratoriya sharoitida hosil qilish imkonsiz bo'lgan energiya va masofalar talab etiladi. Shunga qaramay, optimistik ruhdagi ayrim fiziklar ushbu nazariyalarni birlashtirishni iddao qiluvchi birmuncha jur'atli takliflarni o'rtaga tashlamoqda.

Boshqa tomondan, har xil yondashuvlarning har biri Kvant tortishish muammosi bo'yicha muhim natijalar va tushunchalarga erishdi. Bundan tashqari, bir yondashuvda hal etilmagan texnik yoki kontseptual muammolar boshqasida muvaffaqiyatli hal qilindi va ko'pincha bir yondashuvning muvaffaqiyati shunga o'xshash qiyinchiliklar boshqasida qanday hal qilinganligini ko'rib chiqish natijasida aniq bo'ladi. Bizning umumiy maqsadimizga erishish, kvant tortishishning to'liq nazariyasini shakllantirish va fazo va vaqtning asosiy mohiyatini ochish uchun biz (hech bo'lmaganda ba'zilar) bu yondashuvlarni turli tomonlari sifatida ko'rib chiqishimiz mumkin. bir xil nazariya yoki ulardan bir nechtasining fazilatlarini birlashtirgan yanada to'liqroq va umumiy yondashuvni ishlab chiqish. Ushbu yondashuvlarning birortasiga qanchalik kuchli ishonch bo'lmasin va bu so'nggi natijalar nuqtai nazaridan qanchalik asosli bo'lmasin, faqat tarixiy asoslarga ko'ra, hozirgi paytda qo'llanilayotgan yondashuvlarning hech biri kelajakda bir xilda tushunilmasligini kutish kerak. biz hozirgi kabi, davom etishning to'g'ri yo'li ekanligi isbotlangan bo'lsa ham. Shuning uchun, boshqalar tomonidan taqdim etilgan tushunchalar yordamida yangi g'oyalar va ularning har biri bo'yicha turli nuqtai nazarni izlash foydalidir. Tadqiqotning hech bir sohasida “dogmatik yondashuv” Kvant tortishish kuchiga qaraganda unchalik samarali emas, deb o'ylayman, bu erda fundamental va murakkab tabiat mavjud. Muammoning ko'p qirralari va uzoq tarixi,

tabiatning keskin (lekin vaqtinchalik) cheklangan yo'l-yo'riqlari bilan birgalikda juda ochiq fikrli munosabatni va o'z strategiyalarini juda tanqidiy va doimiy ravishda qayta baholashni taklif qiladi. Shuning uchun men kvant tortishish kuchiga turli xil yondashuvlar bo'yicha keng va yaxshi ma'lumotga ega istiqbolni rivojlantirish uchun zarur vosita ekanligiga ishonaman. bu sohada muvaffaqiyatli. Hozirgi tadqiqot chegaralarida ishlaydigan eng yaxshi kvant tortishish amaliyotchilarining hissalaridan foydalanadigan ushbu jamoaviy to'plam talabalar uchun ham, faol tadqiqotchilar uchun ham yaxshi boshlanish nuqtasi va zamonaviy qo'llab-quvvatlash ma'lumotnomasi bo'lishi kerak. bu ajoyib sohada, chet elda shunday istiqbolni rivojlantirish uchun. U stol ustidagi ko'plab g'oyalarning umumiy ko'rinishini, Gravitatsiyaning kvant nazariyasini qurishga bir nechta joriy yondashuvlarga kirishni va ularning asosiy yutuqlari, shuningdek, ko'plab hal qiluvchi masalalarning qisqacha sharhini taqdim etadi. Bu, shuningdek, ushbu mavzu bo'yicha va Kvant tortishish tadqiqotchilari o'z izlanishlarida kuzatib boradigan turli yo'llar bo'yicha qiyosiy nuqtai nazarni taklif qilish uchun qiladi.

Xulosa o'rnida aytish mumkinki, gravitatsiyaning kvant nazariyasi yaratilishi fanda ulkan burilish hosil qladi. U orqali ulkan portlash nazariyasi va qora tuynuk ichkarisidagi hodisalarni o'rganish imkonini beradi. Ammo, hozirgi davr imkoniyatlari ushbu mukammal nazariyani yaratishga imkon bera olmaydi. Shunday bo'lsa-da, o'zining optimistik qarashlari bilan nazariya ustida tadqiqotlar amalga oshorayotgan olimlar talaygina. Balki, ularning urinishlari besamar ketar, ammo olib borilayotgan barcha tadqiqotlar zamonaviy fizika fanida oldinga siljishlarni hosil qilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Brayan Klegg “Kvant nazariyasi uchun 3 daqiqadan”.
2. Daniele Oriti “Approaches to Quantum Gravity”.

Internet resurslari:

1. <https://uz.eferrit.com/kvantning-tortishish-kuchi-nima/>
2. <https://www.orbita.uz> (Tutqich bermas graviton)
3. <https://qomus.info/oz/encyclopedia/g/graviton/>