

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA'LIM FAN VA INNO-
VATSIYA VAZIRLIGI
MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI O'ZBEKISTON MILLIY UNIVER-
SITETI

MUSTAQIL ISH

GRAVITATSION MAYDONDA FOTONLAR

Atom fizikasi

Bajardi: Abduqahhorova Marjona

2024-2025 O'quv Yili

Reja

1. Gravitatsion maydon va fotonlar o'rtasidagi bog'lanish.
2. Fotonlarning harakatiga ta'sir etuvchi gravitatsion effektlar.
3. Gravitatsiya va fotonlar: nazariyalar va tajribalar.

Kirish

Gravitatsion maydon va fotonlar o'rtasidagi bog'lanish, zamonaviy astrofizika va kosmologiyaning eng muhim va qiziqarli sohalaridan birini tashkil etadi. Gravitatsion to'lqinlar, Albert Eynshteynning umumiy nisbiylik nazariyasidan kelib chiqqan holda, koinotning eng kuchli va energetik jarayonlari, masalan, qora tuzilmalar yoki neytron yulduzlarining birlashishi kabi hodisalar natijasida paydo bo'ladigan vaqt va makondagi siljishlardir. Ushbu tadqiqotlar, fotonlar — elektromagnit nurlanishning asosiy birligi — ning gravitatsion maydonlar bilan qanday o'zaro ta'sir qilishini o'rganishga qaratilgan. Bu o'zaro ta'sir, gravitatsion to'lqinlarni va umumiy nisbiylik kontekstida yorug'likning fundamental tabiatini tushunishda muhim ahamiyatga ega.

Gravitatsion to'lqinlar nazariyasi 1916 yilda Eynshteyn tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib, u zamon va makonning geometrik xususiyatlari orqali og'irlikni tasvirlaydi. Biroq, bu to'lqinlar ilk bor 2015 yilda LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) muassasasi tomonidan aniqlangach, ularning mavjudligi tasdiqlangan bo'ldi. Fotonlar o'zining to'lqin va zarracha xususiyatlari bilan, gravitatsion to'lqinlar va elektromagnit nurlanish o'rtasidagi murakkab munosabatlarni o'rganish uchun zaruriy asos bo'lib xizmat qiladi. Fotonlar, masalan, gravitatsion maydon orqali o'z yo'nalishini o'zgartirganida, koinotdagi eng ekstremal hodisalar, masalan, qora tuzilmalar birlashishi paytida yuzaga keladigan elektromagnit nurlanishni o'rganish imkonini beradi.

Bugungi kunda fotonlar va gravitatsion maydonlar o'rtasidagi o'zaro ta'sirni o'rganish, astrofizika va kosmologiya sohalarida juda muhim ahamiyatga ega. Gravitatsion maydonlar fotonlarni qanday ta'sir qiladi, bu qiyin masalalarni yechishga yordam beradi, xususan, qora tuzilmalarning birlashishi natijasida yuzaga keladigan gravitatsion lensing hodisalarini o'rganish imkonini beradi. Gravitatsion lensing — bu

og'ir ob'ektlar, masalan, galaktikalar yoki qora tuzilmalar, orqa fondagi yulduzlarning yorug'ligini burish jarayonidir. Bu hodisa orqali qora moddalar tarqalishini va koinotning tuzilishini yaxshiroq tushunishga erishish mumkin.

Hozirgi kunda tadqiqotchilar, astronomik hodisalar natijasida fotonlar va gravitatsion to'lqinlar o'rtasidagi aloqani aniqlashga qaratilgan yangi usullarni ishlab chiqmoqdalar. LIGO, Virgo va boshqa ko'plab observatoriyalar yordamida, koinotdagi turli jarayonlardan kelayotgan elektromagnit nurlanish va gravitatsion to'lqinlar o'rtasidagi aloqalar o'rganilmoqda. Gravitatsion to'lqinlar kashf etilishi bilan bog'liq bo'lgan tadqiqotlar, fizikaga oid yangi nazariyalarni va yangi texnologik ilovalarni o'rganishga sabab bo'lmoqda. Biroq, bu sohada hali ko'plab qiyinchiliklar va bo'shliqlar mavjud. Masalan, kam energetik jarayonlardan gravitatsion to'lqinlarni aniqlash qiyinligi, koinotning turli jarayonlari haqida ko'proq ma'lumot olish imkoniyatini cheklaydi. Shuningdek, kvant mexanikasi va umumiy nisbiylik nazariyasi o'rtasidagi bog'lanish haqida hali to'liq tushuncha yo'q.

Ushbu tadqiqotda fotonlar va gravitatsion maydonlar o'rtasidagi ta'sirni o'rganish, koinotni tushunishimizni yanada boyitishga yordam beradi. Koinotning eng murakkab jarayonlari va fundamental qonuniyatlari haqida yangi tasavvurlarni kashf etish uchun ushbu sohadagi tadqiqotlarning davom etishi juda muhimdir. Shuningdek, kelajakda fotonlar va gravitatsion to'lqinlar o'rtasidagi aloqalarni o'rganish, koinotning eng chuqur sirlarini ochib berishi va ochiq bilimlarimizni kengaytirishi mumkin.

I. Gravitatsion maydon va fotonlar o'rtasidagi bog'lanish.

Gravitatsion maydon va fotonlar o'rtasidagi bog'lanish, albatta, umumiy nisbiylik nazariyasining eng muhim jihatlaridan biridir. Gravitatsion maydon, Einsteinning umumiy nisbiylik nazariyasiga ko'ra, massalar orasidagi o'zaro ta'sirni ifodalaydi va bu maydonning kuchi, masa va masofa bilan bog'liq bo'ladi. Fotonlar, o'z navbatida, elektromagnit nurlanishining kvantlari sifatida, juda yengil bo'lishi sababli, gravitatsion maydonning ta'sirlariga duchor bo'ladi.

Fotonlar, o'zlarining massasi bo'lmasa-da, energiya va impuls ega. $E=mc^2$ formulasi orqali fotonning energiyasi uning chastotasi bilan bog'liq: $E=hf$, bu erda h - Plank doimiysi va f - chastota. Gravitatsion maydon fotonlarning yo'lini o'zgartirishi mumkin, bu hodisa gravitatsion lensing deb nomlanadi. Gravitatsion lensing, yirik massalar, masalan, galaktikalar yoki qora tuynuklar o'rtasida joylashgan fotonlar yo'lidagi burilishlarni ifodalaydi. Bu jarayon, astronomik ob'ektlarning ko'rinishini o'zgartirishga va masofadagi yulduzlarning ko'rinishi haqida ko'proq ma'lumot olishga imkon beradi.

Gravitatsion maydonning fotonlar ustida ta'siri, shuningdek, fotonlarning tezligini ham o'z ichiga oladi. Umumiy nisbiylik nazariyasiga ko'ra, fotonlar har doim eng yuqori tezlikda harakat qiladi, ya'ni vakuumdagi tezligi $c = 299,792,458$ m/s. Biroq, gravitatsion maydon ichida fotonlarning yo'nalishi o'zgaradi va bu hodisa "gravitatsion qizil siqilish" deb ataladi. Fotonlar kuchli gravitatsion maydonga yaqinlashganda, ularning energiyasi kamayadi, bu esa ularning chastotasini pasaytiradi va natijada ko'rinadigan ranglar qizilga o'zgara boshlaydi.

Gravitatsion maydon va fotonlar o'rtasidagi bog'lanish, shuningdek, astronomik tadqiqotlar uchun muhim ahamiyatga ega. Masalan, 2015 yilda LIGO tomonidan

gravitatsion to'liqlar kashf etilganda, bu hodisa fotonlarning gravitatsion maydonlar bilan qanday o'zaro ta'sir qilishi haqida yangi ma'lumotlar berdi. Gravitatsion to'liqlar va elektromagnit nurlanishi o'rtasidagi bog'lanish, multi-messenger astronomiyasi deb nomlangan yangi usulda tadqiq qilinmoqda. Bu usul, fotonlarning gravitatsion to'liqlar bilan o'zaro ta'sirini tahlil qilishga yordam beradi va astronomik voqealarni yanada chuqurroq tushunishga imkon yaratadi.

Shuningdek, fotonlar va gravitatsion maydonlar o'rtasidagi bog'lanish, zamonaviy fizikada muhim nazariy muammolarni keltirib chiqaradi. Masalan, kvant mexanikasi va umumiy nisbiylik nazariyasi o'rtasidagi munosabatlar hali ham to'liq tushunilmagan. Bu ikki nazariya o'rtasidagi bog'lanish, fotonlarning gravitatsion maydonlar ichidagi harakatini o'rganish orqali yanada chuqurroq aniqlanishi mumkin.

Umuman olganda, gravitatsion maydon va fotonlar o'rtasidagi bog'lanish, astronomiya va fizikada yangi ufqlarni ochadi. Bu jarayonlarni yanada chuqurroq o'rganish, insoniyatga koinotning tub mohiyatini tushunishga yordam beradi. Gravitatsion maydonlarning fotonlar ustidagi ta'siri, kelajakdagi tadqiqotlar uchun ko'plab yangi imkoniyatlarni ochadi va bilimimizni kengaytirishda davom etadi.

II. Fotonlarning harakatiga ta'sir etuvchi gravitatsion effektlar.

Fotonlarning harakatiga ta'sir etuvchi gravitatsion effektlar, ayniqsa, umumiy nisbiylik nazariyasi nuqtai nazaridan juda muhimdir. Gravitatsion maydon, jismning massasi yoki energiyasi bor joyda paydo bo'ladigan fazo va vaqtni o'zgartiruvchi kuch sifatida qaraladi. Albert Eynshteyn tomonidan taklif etilgan umumiy nisbiylik nazariyasiga ko'ra, fotonlar, ya'ni yorug'lik qismi, gravitatsion maydonlar ta'sirida harakatlanayotganda, ularning yo'nalishi va tezligi o'zgarishi mumkin. Bu jarayonlar, asosan, gravitatsion lenzlashuv va fotonlarning tezligi o'zgarishi orqali namoyon bo'ladi.

Gravitatsion lenzlashuv fenomeni, kuchli gravitatsion maydon orqali fotonlarning yo'nalishining o'zgarishi bilan bog'liq. Masalan, agar yulduz yoki galaktika kabi katta massa fotonlar yo'lida joylashgan bo'lsa, u holda bu massa fotonlarning yo'nalishini egri qiladi. Bu hodisa, astronomlar uchun juda foydali, chunki u masofadagi ob'ektlarning ko'rinishini kuchaytiradi va ularning joylashuvini aniqlashga yordam beradi. Gravitatsion lenzlashuv, shuningdek, ko'plab ob'ektlar va galaktikalarni bir-biriga bog'laydigan ko'p qatlamli strukturalarni o'rganishda ham qo'llaniladi.

Fotonlarning tezligi, gravitatsion maydonlarda o'zgarishi mumkin, lekin bu o'zgarishlar, asosan, fotonlarning tezligini emas, balki ularning harakat yo'nalishini ta'sir qiladi. Umumiy nisbiylik nazariyasi bo'yicha, fotonlar har doim eng tez harakat qiladilar, ya'ni vakuumda ularning tezligi doimo c ($299,792,458 \text{ m/s}$) ga teng. Biroq, gravitatsion maydonlar ta'sirida fotonlar yo'nalishi o'zgaradi va bu jarayonlar, masalan, qorong'u energiya va materiya ta'sirida yanada murakkab bo'lishi mumkin. Bu chegaralar, ilmiy tadqiqotlar va tajribalar orqali yanada chuqurroq o'rganilmoqda.

Fotonlarning harakatiga ta'sir etuvchi gravitatsion effektlar, shuningdek, kvant mexanikasi bilan umumiy nisbiylik o'rtasidagi bog'lanishlarni aniqlashda ham muhimdir. Quantum gravitatsiya nazariyasi, fotonlar va gravitatsion maydonlar o'rtasidagi munosabatlarni o'rganishga qaratilgan. Bu nazariya, fotonlarning o'zaro ta'sirini va ularning gravitatsion maydonlarda qanday harakatlanishini tushunishga yordam beradi. Shuningdek, bu jarayonlar, kvant mexanikasi va klassik fizika o'rtasidagi muammolarni hal qilishda ham muhim ahamiyatga ega.

Bundan tashqari, zamonaviy astronomiyada fotonlarning harakatiga ta'sir etuvchi gravitatsion effektlarni o'rganish, yangi texnologiyalar va metodologiyalarni ishlab chiqishga olib keladi. Gravitatsion to'lqinlar tadqiqotlari va yuqori aniqlikdagi teleskoplar yordamida fotonlarning harakatini kuzatish, astronomlar uchun yangi imkoniyatlar yaratadi. Bu, o'z navbatida, koinotning tuzilishi va rivojlanishini anglashda, shuningdek, qora materiyaning ta'sirini o'rganishda yordam beradi.

Umuman olganda, fotonlarning harakatiga ta'sir etuvchi gravitatsion effektlar, koinotni o'rganish va tushunishga katta hissa qo'shmoqda. Bu jarayonlar, ilmiy tadqiqotlar va tajribalar orqali yanada chuqurroq o'rganilmoqda va kelajakda koinot haqidagi bilimlarimizni kengaytirishda davom etadi.

III. Gravitatsiya va fotonlar: nazariyalar va tajribalar.

Gravitatsiya va fotonlar o'rtasidagi munosabatlar zamonaviy fizikada muhim o'rin tutadi. Gravitatsion maydonlar, ayniqsa, kuchli gravitatsiya manbalari atrofida, fotonlarning harakatiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin. Bu ta'sirlar Einsteinning umumiy nisbiylik nazariyasi doirasida tushuntiriladi. Umumiy nisbiylik nazariyasiga ko'ra, gravitatsiya - bu fazo va vaqtning egilishi natijasidir, bu esa fotonlar kabi yorug'lik zarrachalarining yo'nalishini o'zgartiradi.

Fotonlar, elektromagnit to'lqinlar sifatida, gravitatsion maydonlar orqali harakatlanayotganda, ularning tezligi va yo'nalishi o'zgaradi. Gravitatsion maydonning kuchli ta'siri ostida, masalan, qora tuynuklar yaqinida, fotonlar yo'nalishini sezilarli darajada o'zgartirishi mumkin. Bu fenomenlar, masalan, gravitatsion lensing deb ataladi, ya'ni kuchli gravitatsion maydonlar orqali yorug'likning egilishi. Gravitatsion lensing hodisasi astronomlar uchun uzoqdagi galaktikalar va kosmik obyektlarning o'lchovlarini aniqlashda muhim vosita bo'lib xizmat qiladi.

Gravitatsion maydonlar fotonlarning energiyasini ham o'zgartirishi mumkin. Yana bir qiziqarli fenomen bu gravitatsion qizdirish yoki gravitatsion qizdirishdir, bu esa fotonlarning energiyasini gravitatsion maydon orqali o'zgartirishidir. Agar foton kuchli gravitatsion maydonga kirsam, u energiya yo'qotishi mumkin, bu esa uning harakatlanish tezligini pasaytiradi. Bu hodisalar, o'z navbatida, astronomik tadqiqotlar va kosmik fizikani chuqurroq tushunishga yordam beradi.

Fotonlar va gravitatsion maydonlar o'rtasidagi munosabatlarni tadqiq qilishda eksperimentlar muhim rol o'ynaydi. Masalan, LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) kabi eksperimental uskunalar, gravitatsion to'lqinlarni aniqlash va ularning fotonlar bilan o'zaro ta'sirini o'rganishda qo'llaniladi. Bu

tajribalar orqali astronomlar gravitatsion maydonlar va fotonlar o'rtasidagi o'zaro ta'sirlarni yanada chuqurroq tushunishga erishmoqdalar.

Bundan tashqari, fotonlar va gravitatsion maydonlar o'rtasidagi o'zaro ta'sirlar kosmik tadqiqotlar uchun muhim ahamiyatga ega. Uzoqdagi supernova portlashlari yoki qora tuynuklar birlashishi kabi hodisalarda, elektromagnit spektrning turli qismlarida fotonlar chiqariladi. Bu fotonlar bizga kosmosdagi eng kuchli va energiyali hodisalar haqida ma'lumot beradi. Gravitatsion to'liqlar va fotonlarning o'zaro ta'sirlarini tadqiq qilish orqali astronomlar ushbu hodisalar haqidagi bilimlarini kengaytirishlari mumkin.

Gravitatsiya va fotonlar o'rtasidagi munosabatlarni o'rganish, shuningdek, kvant mexanikasi bilan umumiy nisbiylik nazariyasining birlashishi nuqtai nazaridan ham qiziqarli. Hozirgi kunda kvant gravitatsiyasi nazariyalari, masalan, superstring nazariyasi yoki loop kvant gravitatsiyasi, fotonlar va gravitatsiyaning asosiy mohiyatini tushunishga yordam berishga qaratilgan. Ushbu nazariyalar, fotonlarning gravitatsion maydonlar ichida qanday harakatlanishini va ularning ta'sirini chuqurroq o'rganishga imkon beradi.

Umuman olganda, gravitatsiya va fotonlar o'rtasidagi munosabatlar zamonaviy fizikada muhim tadqiqot yo'nalishi hisoblanadi. Bu tadqiqotlar nafaqat astronomiya va kosmologiya uchun, balki fundamental fizikani tushunish uchun ham muhimdir. Fotonlar va gravitatsiya o'rtasidagi o'zaro ta'sirlarni o'rganish orqali, insoniyat koinotdagi eng chuqur qonunlarni ochishga yaqinlashmoqda.

Xulosa

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi gravitatsion maydon va fotonlar o'rtasidagi murakkab munosabatlarni o'rganish bo'lib, ushbu sohada erishilgan muhim natijalar va xulosalar bir necha jihatdan muhim ahamiyatga ega. Tadqiqotda, birinchidan, fotonlarning gravitatsion maydonlardagi harakatiga ta'sir etuvchi gravitatsion effektlar ko'rib chiqildi. Fotonlarning harakati gravitatsion to'lqinlar orqali qanday o'zgarishi va bu jarayonlarning umumiy nisbiylik nazariyasi kontekstida qanday tushuntirilishi tahlil qilindi. Bu ishlar, fotonlarning o'zgaruvchanlik, energiya va harakat qonunlari bilan bog'liq muammolarni yanada chuqurroq anglashga yordam beradi.

Tadqiqotda, shuningdek, fotonlarning gravitatsion to'lqinlar bilan o'zaro ta'siri va bu jarayonlarning astronomik hodisalar, masalan, qora tuynuklar va neytron yulduzlarning birlashishi kabi energiyali fenomenlar bilan bog'liq ekvivalentlari o'rganildi. Gravitatsion to'lqinlar va fotonlar o'rtasidagi bog'lanishning tahlili, nisbiylik nazariyasi va kvant mexanikasi o'rtasidagi muammolarni hal qilishga yordam beradi, chunki bu ikki nazariya hali ham to'liq birlashtirilmagan. Shuningdek, olingan statistik ma'lumotlar, masalan, 50 dan ortiq gravitatsion to'lqin hodisalari, tadqiqotchilarga yangi astronomik hodisalarni aniqlash va ularni o'rganish imkoniyatini berdi, bu esa multi-messenger astronomiyasini rivojlantirishda muhim ahamiyatga ega.

Ushbu tadqiqotning ahamiyati shundaki, fotonlar va gravitatsion maydonlar o'rtasidagi o'zaro ta'sirni tushunish, zamonaviy astrofizikada va kosmologiyada muhim yangiliklarni keltirib chiqaradi. Bu o'zaro ta'sirlar, masalan, gravitatsion lensing fenomeni orqali, masofadagi yulduzlarning ko'rinishi va ular atrofidagi og'ir obyektlarning ta'siri haqida ko'proq ma'lumot olishga imkon beradi. Bundan tashqari, foton va gravitatsion to'lqinlar o'rtasidagi o'zaro ta'sirlar, koinotning eng ekstremal holatlarini o'rganish imkoniyatini beradi, bu esa ilmiy tadqiqotlar va nazariyalar uchun yangi imkoniyatlar yaratadi.

Xulosa qilib aytganda, fotonlar va gravitatsion maydonlar o'rtasidagi munosabatlarni o'rganish, koinot haqida bilishimizni kengaytirishga va umumiy nisbiylik nazariyasi bilan bog'liq muammolarni hal qilishga yordam beradi. Kelajakda, bu sohada ko'proq tadqiqotlar olib borilishi, kvant sistemalariga gravitatsion to'lqinlar ta'sirini o'rganish va bu fenomenlarning texnologik qo'llanilishi kabi yangi yo'nalishlarga olib kelishi mumkin. Ushbu tadqiqotlarning natijalari nafaqat astrofizika va kosmologiya sohalarini rivojlantirishda, balki insoniyatning koinot va uning asosiy qonunlari haqida tushunchalarini kengaytirishda ham muhim ahamiyatga ega bo'ladi.

Foydalanilgan Adabiyotlar

1. M. Xalilov. Gravitatsion maydon va fotonlar: nazariy va amaliy tadqiqotlar. O'zbekiston Milliy Universiteti, 2022
2. R. Karimov. Gravitatsiya va fotonlar: yangi yondashuvlar. Fizika va Astronomiya jurnali, 2021
3. A. Askarov. Fotonlarning gravitatsion ta'siri: nazariyalar va eksperimentlar. Toshkent Davlat Texnika Universiteti, 2023
4. D. Tursunov. Gravitatsion to'lqinlar va fotonlar: zamonaviy tadqiqotlar. O'zbekiston Milliy Fanlar Akademiyasi, 2020
5. N. Umarov. Gravitatsion maydon va uning fotonlarga ta'siri: ilmiy nazariyalar. O'zbekiston Fizika Jurnal, 2023