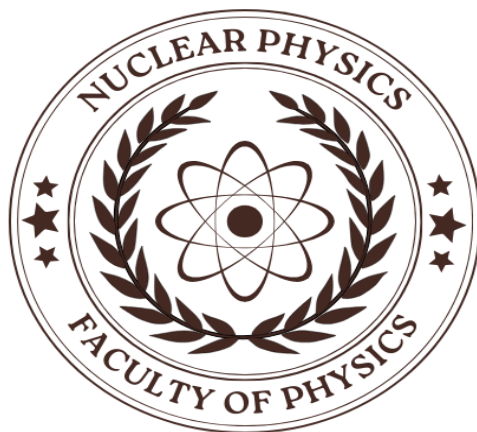


O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA'LIM, FAN VA
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI
O'ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI

FIZIKA FAKULTETI
YADRO FIZIKASI KAFEDRASI



Atom fizikasi fanidan

MUSTAQIL ISH

Kvant interferometrlari

Talaba: F-2203 guruh talabasi Amanbayeva Nilufar

O'qituvchi: Yadro fizikasi kafedrası dotsenti – Muqaddas Mamayusupova

Toshkent – 2024

Mundarija

I.Kirish.....	3
II.Asosiy qisim.....	5
1. Asosiy tushunchalar va tamoyillar.....	5
2.Kvant interferometr turlari.....	6
3.Kelajak istiqbollari: kvant interferometrlari va texnologik rivojlanishlar.....	9
IV.Xulosa.....	13
IV.Foydalanilgan adabiyotlar.....	14

Kirish

Kvant interferometrlari, kvant mexanikasi va interferometriya asosidagi fundamental ilmiy asboblari hisoblanadi. Ular kvant holatlarni aniqlash va o'lchash jarayonlarida muhim ahamiyatga ega.

-Interferometriya: O'zaro ta'sir qiluvchi to'lqinlar natijasida yuzaga keladigan interferensiya hodisasi. Bu hodisa, kvant interferometrlari yordamida o'lchovlarda keng qo'llaniladi.

-Kvant mexanikasi: Materiyaning mikroskopik darajadagi xulq-atvorini o'rganadigan ilmiy soha. Kvant interferometrlari bu nazariyani amaliyotda qo'llash imkonini beradi.

- Interferometrlarning roli: Ular kvant holatlarni o'lchashda va kvant tizimlarining xususiyatlarini aniqlashda muhim vositadir.

- Qo'llanilishi: Optik kvant kompyuterlarida, kvant kriptografiyada va boshqa ilg'or ilmiy tadqiqotlarda keng qo'llaniladi.

Asosiy qism.

1.Asosiy tushunchalar va tamoyillar

Kvant interferometriya – bu kvant mexanikasining prinsplaridan foydalanilgan holda aralashish (interferensiya) hodisalarini o'rganish. Kvant interferometrlari superpozitsiya, interferensiya va faza farqlari tamoyillariga asoslanadi. Superpozitsiya kvant holatlarining bir-biriga qo'shilishini, interferensiya esa to'lqin holatlari o'rtasidagi ta'sirni ko'rsatadi. Faza farqlari kvant tizimlarining vaqt o'zgarishi bilan bog'liq farqlarni anglatadi. Ushbu tamoyillar kvant mexanikasi va eksperimentlar uchun muhim ahamiyatga ega. Kvant interferometriya molekula va atomlar darajasidagi aralashuv jarayonini o'rganish uchun ishlatiladi. Kvant interferometriya datchik, sensor texnologiyalari va kvant hisoblashda qo'llaniladi. Kvant interferometriyada ishlatiladigan asosiy effekt bu kvant superpozitsiya konsepsiyasidir. Superpozitsiyada bo'lgan zarrach bir vaqtda bir nechta holatda bo'lishi mumkin. Masalan, yagona zarra bir vaqtning o'zida ikki xil yo'l orqali o'tishi mumkin. Bu hodisa kvant interferometrlar, masalan, Max-Zender interferometry yordamida ko'rsatilishi mumkin. Max-Zender interferometri ikkita asosiy qismdan iborat: nur bo'linish moslamalari va ko'zgular. Zarrachalar yoki yorug'lik to'lqinlari interferometrning ichiga kirganda, birinchi nur bo'linish moslamasida ikkiga ajraladi. Ular ikki xil yo'ldan o'tishadi va oxirida ikkinchi nur bo'linish moslamasida yana birlashadi. Agar yo'ldagi faza farqlar mavjud bo'lsa, chiqish yo'nalishidagi intensivlik taqsimoti o'zgaradi. Kvant interferometriya kvant kriptografiya va kvant aloqa tizimlariga asoslangan yangi texnologiyalar yaratishda ishlatiladi.

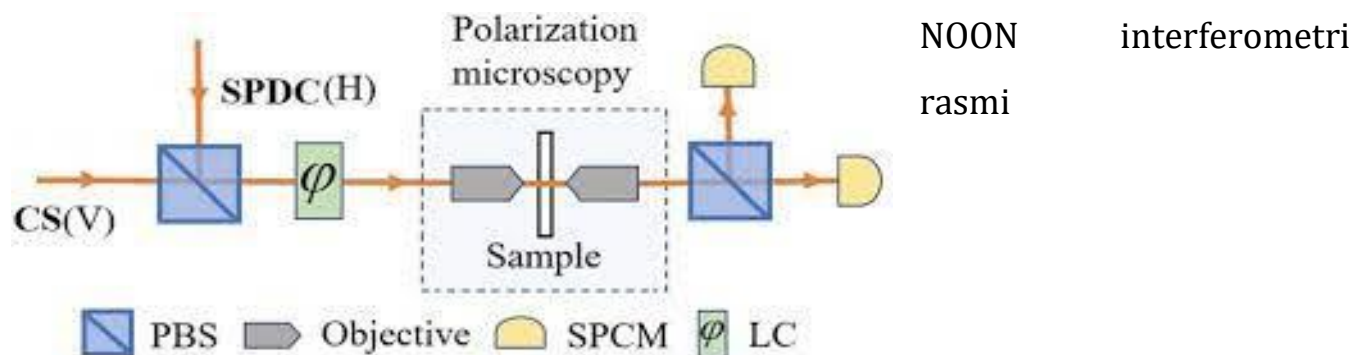
O'tgan yillarda kvant interferometrlari sohasida bir qator muhim yutuqlar amalga oshirildi. Misol uchun, kvant interferometrlari aniq o'lchovlarda, masalan, gravitatsiya to'lqinlarini aniqlashda qo'llanildi. Shuningdek, yangi materiallar va texnologiyalar, masalan, atomli interferometriya, bu sohani yanada rivojlantirish imkonini berdi.

Kelajakda kvant interferometrlari yanada kengayishi kutilmoqda. Ularning yangi xususiyatlari sun'iy intellekt yordamida ma'lumotlarni qayta ishlash va kvant hisoblashlarida qo'llanilishi mumkin. Bu texnologiyalar ilmiy tadqiqotlardan tortib, tibbiyot va kommunikatsiya sohalarida ham keng qo'llanishi kutilmoqda.

2.Kvant interferometr turlari

Interferometrlar yorug'lik interferensiyasidan foydalanish uchun moljallangan bo'lib, interferensiya yorug'lik xususiyatlari haqida qimmatli ma'lumotlar olish imkonini beradi.. Kvant texnologiyasining rivojlanishi bilan Hong-Ou-Mandel(HOM) interferometri, NOON holat interferometri, Max-Zender interferometri, Maykelson-Morley interferometri kabi ko'plab kvant interferometrlari kashf qilindi. Klassik hamkasblaridan farqli o'laroq, bu interferometrlar fotonlarning asosiy xususiyatlariga va ikkinchi kvantlash tamoyillariga tayanadi, bu ularning xatti-harakatlarini faqat klassik nazariyalar bilan tushuntirib bo'lmaydi. Kvant interferometrlari kvant olaminig sirlarini ochishda, kvant mexanikasiga xos bo'lgan asosiy tamoyillar va hodisalarni ochib berishda muhim ahamiyatga ega.

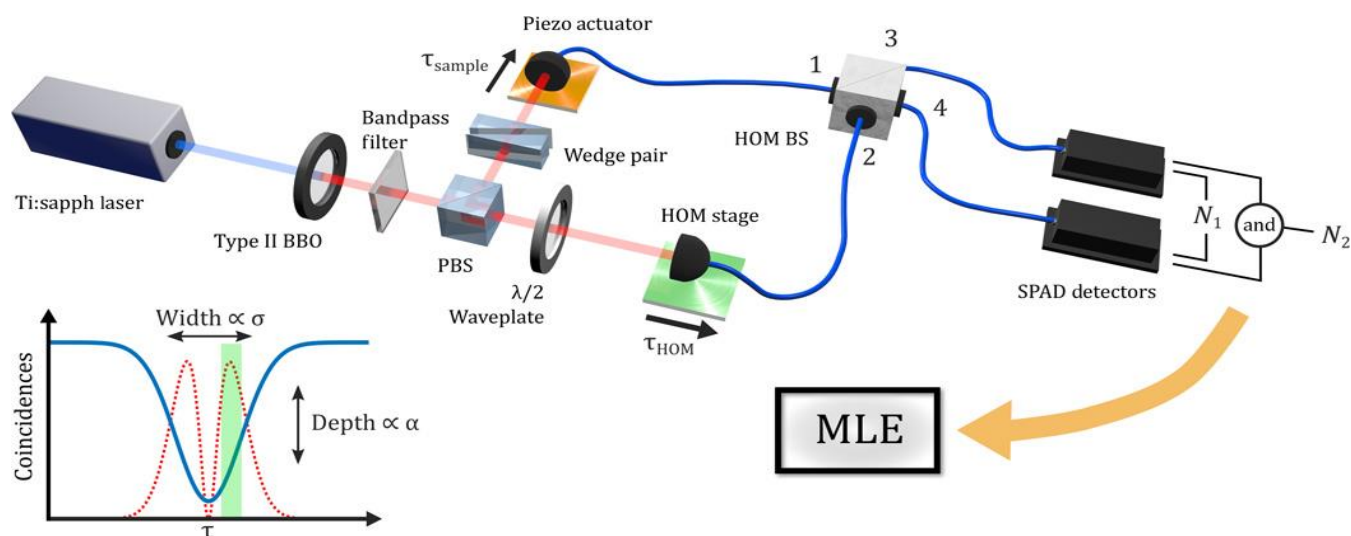
NOON interferometr kvant optikasida ikki fotondan iborat tutashgan holatlarni ishlatib, faza sezgirlikni oshirish uchun ishlatiladigan eksperimental qurilmadir. Bu holatlarda barcha fotonlar bir xil yo'l bo'ylab tarqaladi yoki barchasi boshqa yo'l bo'ylab tarqaladi. Bu interferometr ikki yo'l bo'ylab tarqalayotgan fotonlarning fazalari o'rtasidagi farqni aniqlashga imkon beradi. Agar faza farqi bo'lsa, fotonlar qayta birlashish nuqtasida interferensiya hodisasini yuzaga keltiradi. Bu hodisa fotonlarning fazalariga bog'liq bo'ladi. NOON interferometri kvant tutashuv holatlarini ishlatishga imkon beradi. Bu kvant texnologiyalarida muhim ahamiyatga ega. Interferometr klassik interferometrlarga qaraganda yuqoriroq faza sezgirligiga ega. NOON interferometry kvant optikasida bir qator muhim tajribalarda qo'llaniladi.



Hong-Ou-Mandel interferometri kvant optikasida ikki fotonning bir-biri bilan aloqadorligini o'rganish uchun ishlatiladigan muhim eksperimental qurilma bo'lib, uni 1987-yilda Rochester universitetining uchta fiziklari: Chung Ki Hong, Chjeyu Ou va Leonard Mandel ishlab chiqqan.

HOM interferometrida ikki foton bir manbadan chiqariladi va ikkita turli yo'l bo'ylab tarqaladi. Bu yo'llarning oxirida fotonlar yana bir-birlariga qo'shiladi. Agar fotonlar bir-biri bilan aloqador bo'lsa, ya'ni o'zaro chambarchas holatda bo'lsa, ular qayta birlashish nuqtasida interferensiya hodisasini yuzaga keltiradi. Bu hodisa fotonlarning bir-biriga nisbatan fazasiga bog'liq bo'ladi.

HOM interferometri kvant optikasida bir qator muhim tajribalarda qo'llaniladi.



HOM interferometri rasmi

Max-Zender interferometri:

Max-Zender interferometri – bu ikkita kollimatsiyalangan nur oqimlari orasidagi nisbiy faza siljishini o'lchash uchun ishlatiladigan optic qurilma. U fiziklar Lyudvig Max va Lyudvig Zender sharafiga nomlangan bo'lib, ular mustaqil ravishda XX-asrning boshlarida dizaynini kashf qilishgan. Max-Zender interferometri nur boluvchi, ikkita oyna va ikkita nur birlashtiruvchidan iborat.

Nur bo'luvchi: Kiruvchi nur oqimi yarim shaffof oyna yoki nur bo'luvchi vosita yordamida ikkita nirga bo'linadi. Ikki bo'lingan nur alohida yo'llar bo'ylab

harakatlanadi. Har bir yo'lda odatda nurni nur bo'luvchiga qaytaradigan oyna mavjud.

Faza modulyatsiyasi (ixtiyoriy): Ba'zi hollarda, yo'llardan birida boshqariladigan faza siljishini kiritib, sozlanishi mumkin bo'lgan faza modulyatori bo'lishi mumkin.

Nur birlashtiruvchi: oynalarda aks etgan ikkita nur ikkinchi nur bo'luvchida birlashtiriladi. Bu nur bo'luvchi birinchisiga o'xshash.

Interferensiya naqshi: Birlashtirilgan nurlar bir-biri bilan interferensiya hosil qiladi. Interferensiya naqshi ikki nur oqimi orasidagi faza farqiga bog'liq.

Chiqish: Birlashtirilgan nurlar bir-birini kuchaytirishi (konstuktiv interferensiya) yoki bir-birini o'chirishlari (destruktiv interferensiya) mumkin bo'lgan chiqishda interferensiya naqshi kuzatiladi. Yo'l uzunligini sozlash yoki yo'llardan biriga faza siljishini kiritish orqali inyerferensiya manipulatsiya qilish mumkin, bu Max-Zender interferometrini kichik siljishlarini o'lchash, optik komponentlarni sinovdan o'tkazish va kvant axborotini qayta ishlash kabi turli xil ilovalar uchun ko'p qirrali vositaga aylantiradi.

Michelson-Morley interferometri :

Michelson-Morley interferometri – bu yorug'lik to'lqinlarining tarqalish muhitini aniqlash uchun mo'ljallangan optik qurilma. U XIX-asr oxirida amerikalik fiziklar Albert Michelson va Edvard Morley tomonidan ishlab chiqilgan va amalga oshirilgan. Nur bo'luvchi: Kiruvchi nur oqimi yarim shaffof oyna yordamida ikkita nurga bo'linadi.

Yo'llar: Ikki bolingan nur alohida yo'llar bo'ylab harakatlanadi. Har bir yo'lda odatda nurni nur bo'luvchiga qaytaradigan oyna mavjud.

Nur birlashtiruvchi: Oynalarda aks etgan ikkita nur ikkinchi nur bo'luvchida birlashtiriladi. Bu nur bo'luvchi birinchisiga o'xshashdir.

Interferensiya naqshi: birlashtirilgan nurlar bir- biri bilan interferensiya qiladi. Interferensiya naqshi ikki nur oqimi orasidagi fazalar farqiga bog'liq.

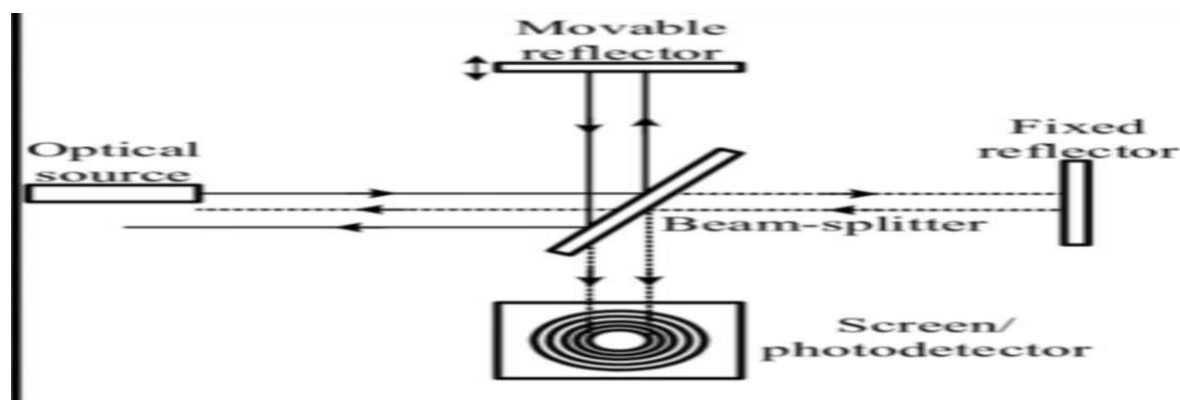
Chiqish: Birlashtirilgan nurlar bir-birini kuchaytirishi (konstruktiv interferensiya) yoki bir-birini o'chirishlari (destruktiv interferensiya) mumkin bo'lgan chiqishda interferensiya naqshi kuzatiladi.

Michelson-Morley yerning harakatlanish tezligini o'lchash uchun interferometrni ishlatishdi. Ular yerning harakatlanish yo'nalishi bo'ylab va unga perpendikulyar yo'nalishda yorug'lik tezligini taqqoslashni rejalashtirishgan. Agar yorug'lik etrer deb atalgan muhitda tarqalsa, unda yerning harakati yorug'lik tezligiga ta'sir qilishi kerak edi. Biroq tajriba natijasi salbiy bo'ldi: Yerning harakatlanish yo'nalishi va unga perpendikulyar yo'nalishda yorug'lik tezligi o'rtasida sezilarli farq topilmadi. Bu natija nazariyasini jiddiy ravishda shubha ostiga qo'ydi va Albert Enshteynning maxsus nisbiylik nazariyasini rivojlanishiga olib keldi.

Michelson-Morley tajribasi fizika tarixida muhim ahamiyatga ega, chunki u klassik fizika tushunchalarini qayta ko'rib chiqishga va yangi, inqilobiy nazariyalarni ishlab chiqishga olib keldi.

Max-Zender va Michelson-Morley interferometrlari ikkalasi ham yorug'likning to'lqin xossalarini o'rganish uchun ishlatiladigan optik qurilmadir. Ularning asosiy vazifasi yorug'lik nurlarining bir-biriga qanday ta'sir etishini o'rganishdir. Biroq, ularning ishlash prinsipi va qo'llanish sohalari bir-biridan farq qiladi.

Michelson-Morley interferometri rasmi



3.Kelajak istiqbollari: kvant interferometrlari va texnologik rivojlanishi

Kvant interferometrining rivojlanishi asrlar davomida davom etmoqda. Ushbu texnologiya, kvant mexanikasining asosiy tamoyillaridan foydalangan holda, an'anaviy interferometriya usullaridan ancha yuqori aniqlik va sezgirlikni taklif qiladi.

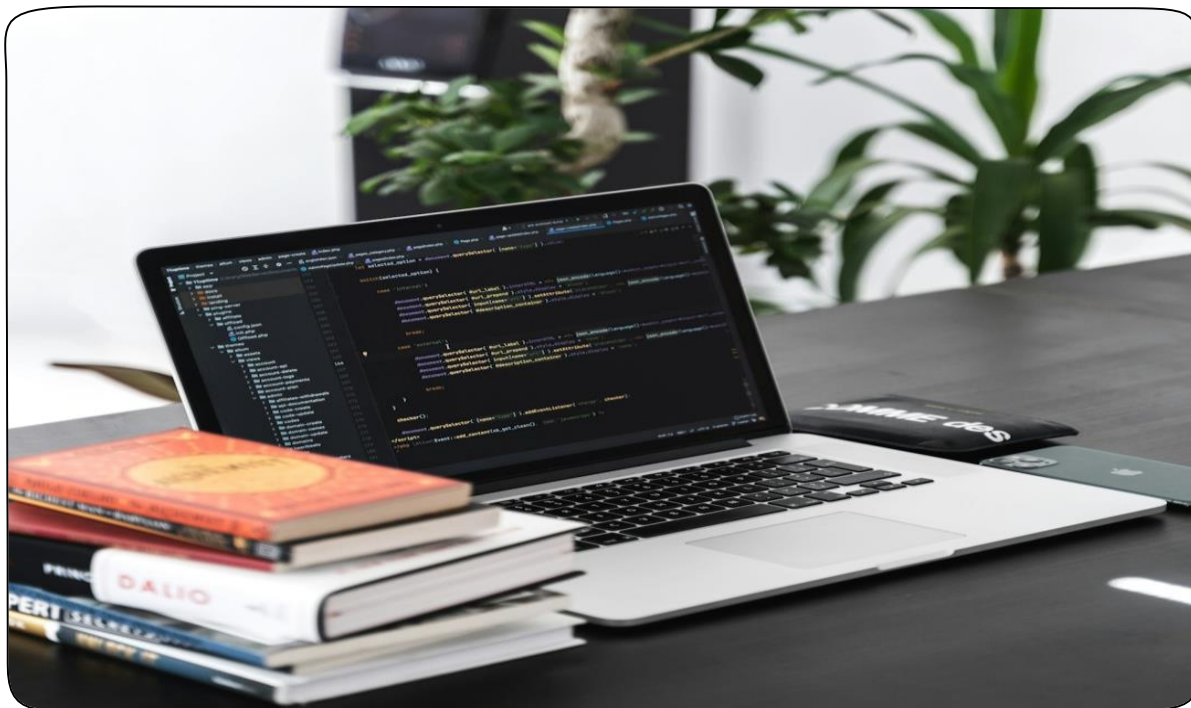
Asosiy ilmiy tadqiqotlar va natijalari:

- 1980-yillarda MZ (Mach-Zehnder) interferometrlari kvant holatlarining aniqligini oshirdi.
- 2000-yillarda qattiq jismlar va optik to'lqinlar o'rtasidagi kvant o'zaro ta'sirlar o'rganildi.
- 2015-yilda kvant interferometrlari orqali gravitatsiyaning kvant effektlari haqidagi bilimlar kengaytirildi.
- 2020-yilda kvant interferometrlari yordamida yuqori aniqlikdagi o'lchovlar kiritildi, bu esa ilm-fanning turli sohalarida yangi imkoniyatlar ochdi.

Kvant interferometrlari sohasidagi eng muhim tadqiqotlar, kvant holatlarning o'lchovlari va kvant interferometriya asosida yangi texnologiyalarning ishlab chiqilishi kabi masalalarni o'z ichiga oladi. Ushbu tadqiqotlar, nazariy va amaliy jihatdan kvant mexanikasi tushunchalarini yanada rivojlantirishga yordam berayotganligi bilan ahamiyatlidir.

Kvant interferometrlari bir qator amaliyotlarda keng qo'llaniladi:

1. O'lchov texnologiyalari: Kvant interferometrlari yuqori aniqlikdagi o'lchovlar uchun, masalan, vaqt va masofa o'lchovlarida qo'llaniladi. Ular kvant holatlarni o'lchash orqali o'lchov aniqligini oshirish imkonini beradi.
2. Tibbiyot: Ular tibbiy tasvirlashda, ayniqsa, MRI (magnit rezonans tomografiya) texnologiyalarida qo'llaniladi. Bu texnologiyalar yordamida ichki a'zolarni aniq va batafsil ko'rish mumkin.
3. Kvant kommunikatsiyasi: Kvant interferometrlari kvant ma'lumotlarni uzatishda xavfsizlikni oshirishda yordam beradi. Ular kvant kalit almashinuvi va ma'lumotlarni himoya qilish uchun ishlatiladi.



4. Zamonaviy fizik tadqiqotlar: Kvant interferometrlari fundamental fizik tadqiqotlar, masalan, gravitatsiya dalgalarini o'rganishda qo'llaniladi. Ular yordamida koinotning sirlarini o'rganish mumkin.

Misollar: 1. LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) - gravitatsiya dalgalarini aniqlashda ishlatiladi. 2. Kvant kommunikatsiya tarmoqlari - ma'lumotlarni xavfsiz uzatish uchun qo'llaniladi.

Kvant interferometrlari kelajagi:

- O'lchov aniqligini oshirish imkoniyatlari mavjud, lekin sensorlar va metodologiyalar yangi cheklovlarni keltirib chiqarishi mumkin.
- Energiya va resurslardan samarali foydalanish imkoniyatlari mavjud, ammo raqobatbardoshlikni saqlash uchun doimiy ravishda yangilanish kerak.
- Kvant interferometrlari orqali yangi fizik hodisalarni o'rganish imkoniyatlari kengaymoqda, lekin nazariy va amaliy qiyinchiliklar ham mavjud.

Kelajak tadqiqotlari uchun tavsiyalar:

Kvant interferometrlari sohasidagi tadqiqotlar ilg'or texnologiyalar bilan birlashtirilishi va multidisiplinar yondoshuvlarni o'z ichiga olishi zarur. Innovatsion yondashuvlar orqali yangi imkoniyatlarni ochish lozim.

O'zgaruvchan texnologiyalar va kvant interferometrlari:

- Nanotexnologiya va kvant interferometriya integratsiyasi yangi imkoniyatlar yaratadi.
- Sun'iy intellekt yordamida tajribalar o'zgarishi va natijalarni tahlil qilishda yangiliklar kiritadi.
- O'lchov uskunalarning raqamli transformatsiyasi o'lchovlarning aniqligini oshirishga imkon beradi.
- Yangi materiallar ishlab chiqish va ularning kvant interferometriyadagi roli tadqiqotlar uchun yangi yo'nalishlar ochadi

Kvant interferometrlari yordamida yaratilgan innovatsion yechimlar, masalan, yuqori aniqlikdagi sensorlar va kvant kompyuterlar, zamonaviy texnologiyalarning rivojlanishida muhim rol o'ynaydi. Misol uchun, kvant interferometrlar tibbiyotda kasalliklarni aniqlashda qo'llanilib, aniq tashxis qo'yishga yordam beradi.

Ushbu texnologiyalar, o'zgaruvchan muhitda va turli sohalarda, masalan, transportda va energetikada keng qo'llanilmoqda. Masalan, kvant interferometrlar avtomobil transportida yo'l harakatini optimallashtirishda va energiya ishlab chiqarishda samaradorlikni oshirishda qo'llaniladi.

Xulosa

Kvant interferometrlari asosida yaratilgan yangi texnologik yechimlar va ularning zamonaviy metrologiyadagi o'rni tahlil qilindi. Ushbu taqdimot davomida interferometriya va kvant mexanikasining asosiy konseptlari ko'rsatildi. Kvant interferometrlari metrologiya, kvant hisoblash va ilmiy tadqiqotlarda keng qo'llaniladi. Masalan, kvant interferometriya yordamida aniq o'lchovlar amalga oshirilmoqda va kvant hisoblash tizimlarida yuqori tezlikda ma'lumotlarni qayta ishlash imkoniyatlari yaratildi. Ilg'or tadqiqotlar kvant interferometrlari yordamida yangi imkoniyatlarni taqdim etmoqda, shu jumladan kvant o'lchovlari va kvant aloqalari. Kelajakda tadqiqotlar bu sohada kengayib, kvant texnologiyalarini rivojlantirishda innovatsion yechimlar kutilmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Wikipedia.uz
2. Orbita.uz