



Δ

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA'LIM FAN VA INNOVATSIYALAR
VAZIRLIGI
MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI
O'ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI

Fizika fakulteti
F-2201 GURUH TALABASI
Beknazarova Sitora
Atom fizikasi fanidan

MUSTAQIL ISHI

Mavzu:Kvant interferometrlari

Tayyorladi:Beknazarova S
Qabul qildi:Mamayusupova M

REJA:

- 1.Kvant interferometriya asoslari
 - 2.Kvant interferometrlari turlari va ularning qo'llanilishi
 - 3.Kvant interferometriyani rivojlantirish istiqbollari
-

Kvant interferometriya asoslari

- Kvant interferometriya tushunchasi va uning klassik interferometriyadan farqi.
- Kvant superpozitsiya holati va interferensiya jarayoni.
- Kvant mexanikasi va optik interferometrlarning bog'lanishi.

Kvant interferometrlari turlari va ularning qo'llanilishi

- Mach – Zehnder kvant interferometri
- Fabri – Perot interferometri kvant sharoitida
- Gravitatsion to'lqinlar va kvant interferometer texnologiyalari

Kvant interferometriyani rivojlantirish istiqbollari

- Kvant hisoblash va kvant aloqa tizimlarida interferometriya .
- Kvant sensorlar va ularning aniq o'lchovlar uchun roli
- Ilmiy tadqiqotlar va texnologik yangiliklar yo'nalishlari

Kvant interferometrlari – bu kvant mexanikasi qonuniyatlaridan foydalangan holda interferensiya hodisasini o'rganish va qo'llashga mo'ljallangan uskunalar yoki tizimlardir . Ular kvant zarrachalarning (masalan, fotonlar, atomlar yoki boshqa kvant obyektlar) superpozitsiya va interferensiya hodisalaridan foydalanib, o'lchovlarni yuqori aniqlikda amalga oshirish imkonini beradi.

Interferometr (interferensiya va metr) — elektromagnit yoki akustik to'lqinlar interferensiyasi hodisasiga asoslangan o'lchash asbobi. I.ning ishi bitta nurning fazoda ikki (yoki ko'p) kogerent nurga parchalab, turli yo'nalishda interferensiya ko'rinishlarini hosil qilishidan iborat. Optik I. keng tarqalgan. Bunga Maykelson I. misol bo'ladi nurlar ko'zgu 3h va 32 lardan kaytib to'planib obyektiv O ning fokal tekisligida interferensiyalanadi. Nurlar dastalarining yo'lini baravarlash uchun (mas, 1 nur plastina Ya, dan ikki marta o'tadi) nur 2 yo'lga plastina P2 o'rnatiladi. 3, (yoki 32) ni ozgina siljatilganda interferensiya polosalar qarash maydonida sezilarli suriladi. Ko'zgu 3, (yoki 32) o'rniga biror detal o'rnatib, interferension tasvir bo'yicha detal sirtining sifati to'g'risida mulohaza yuritish mumkin. To'lqin tabiatiga qarab, I. akustik va elektromagnit to'lqinlar (optik va radioin-terferometrlar) uchun moslab yasaladi. Optik I. spektral chiziqlarning to'lqin uzunligini, shaffof muhitlarning yorug'lik sindirish ko'rsatkichini, yulduzlarning burchak o'lchamlarini, masofalarning mutlaq va nisbiy qiymatini katta aniqlikda o'lchash uchun ishlatiladi. I. sanoatda optik tizim va qismlarning sifatini tekshirish hamda optik detallarning sir-tini kuzatish uchun qo'llanadi. Metallurgiyada esa metall sirtlarining tekisligini tekshirishda, shaxtalardagi metanva karbonat angidrid konsentratsiyasini aniqlashda ham I.dan foydalaniladi.

Superpozitsiya holati: Kvant zarracha bir vaqtning o'zida bir nechta holatda bo'lishi mumkin. Bu holat interferensiya jarayonining asosidir.

Interferensiya: Kvant zarrachalar yo'llari o'zaro bir-birini kuchaytirishi yoki susaytirishi mumkin, bu esa interferensiya naqshlarini hosil qiladi.

O'lchovning kvant noaniqligi : Kvant interferometrlari o'lchovlarni amalga oshirishda Heizenbergning noaniqlik tamoyilidan foydalanadi, bu ularga yuqori sezgirlikni ta'minlaydi.

Mach – Zehnder interferometri: Bu turdagi interferometer ikki yo'nalishga bo'lingan foton nurlaridan foydalanadi. Yo'llar oxirida birlashib , interferensiya naqshini hosil qiladi. Kvant hisoblashda va kvant kriptografiyada keng qo'llaniladi.

Fabri- Perot interferometri: Yorug'lik nurlari ikki oynaning orasida bir necha marta akslanadi va superpozitsiya holatida interferometer hosil qiladi. Bu turdagi interferometer yuqori aniqlikdagi spektral tahlilda ishlatiladi.

Gravitatsion to'lqinlarni o'lchash interferometrlari (LIGO)
LIGO interferometri kvant interferensiya usullarida foydalanib, juda nozik gravitatsion to'lqinlarni aniqlash imkonini beradi. Ushbu texnologiya kvant optikasi va yuqori aniqlikdagi fizika o'rtasidagi muhim bog'lanishni ko'rsatadi.

Kvant sensorlar: Kvant interferometrlari vaqtni, masofani, tezlanishni va boshqa fizik kattaliklarni o'lchash uchun ishlatiladi.

Kvant hisoblash : Kvant interferometri kvant algoritmlarini amalga oshirish uchun zarur bo'lgan optik sxemalarni hosil qiladi.

Fundamental fizika : Gravitatsion to'lqinlarni aniqlash yoki yorug'lik tezligi kabi fundamental konstantalarni aniqlashda ishlatiladi. Interferensiya naqshi yorug'likning fazaviy farqidan kelib chiqadi. Yorug'lik to'lqinining intensivligi quyidagi foemula bilan aniqlanadi.

$$I(\phi) = I_0 \cdot [1 + \cos(\phi)] ,$$

$I(\emptyset)$ = fazaga bog'liq intensivlik

$I(0)$ = maksimal intensivlik

$$\emptyset = \frac{2\pi}{\lambda} \bullet \Delta L \text{ –faza farqi}$$

λ - yorug'lik to'lqin uzunligi

Faza farqi($\emptyset$)

Fotonlarning ikki yo'nalish bo'ylab harakatida faza farqi interferensiyasi hosil qiladi. Faza farqi

$$\emptyset = \frac{2\pi}{\lambda} * \Delta L$$

L1 va L2- yorug'likning ikki yo'nalishdagi bosib o'tgan masofalari,

$\Delta L = L_1 - L_2$ - optik yo'lining farqi.

Mach – Zehnder interferometri uchun intensivlik

Mach – Zehnder interferometrida ikkita yo'ldagi bosqich o'zgarishlari interferensiya naqshini hosil qiladi.

$$I = I_0 \cdot \left[\cos^2 \left(\frac{\phi}{2} \right) \right].$$

Bu formula yorug'likning bir yo'nalishda kuchayishni ko'rsatadi.

Planckning kvant gipotezasi

1900-yilda Heinrich Rubensning tajriba natijalariga asoslangan holda Planck Wienning taqsimot qonunini qayta tahlil qilib unga o'zgartirishlar kiritdi va barcha spektr diapazonida tajriba natijalari bilan to'liq mos keladigan qora jism nurlanish gipotezasini ishlab chiqdi. Planck gipotezasi quyidagidacha:

Kovak nurlanishini kovak devorlaridagi atom osillatorlari sababli yuzaga keladi,

ular energiyani uzluksiz emas, balki alohida ulushlar — kvantlar tariqasida chiqaradi hamda yutadi.

Planck gipotezasiga ko'ra har bir kvant energiyasi o'z tebranish chastotasiga proporsional bo'ladi:

$$E = h\nu$$

bunda h – Planck doimiysi. Planck kovak devorlaridagi osillatorlar tabiati to'g'ri-sida quyidagi ikki dadil va munozarali farazlarni bayon qiladi:

Birinchi faraz:

Osillatorlar energiyasi faqat aniq diskret qiymatlar qabul qiladi:

$$E_n = nh\nu$$

bunda n – *kvant soni* deb ataluvchi musbat butun son. Har bir osillator energiyasi yuqoridagi formula bilan berilgan diskret qiymatlar qabul qilishi mumkin bo'lgani uchun biz energiyani *kvantlangan* deymiz. Shuningdek, har bir diskret energiya qiymatiga n kvant soni bilan ifodalanuvchi turli *kvant holatlar* mos keladi.

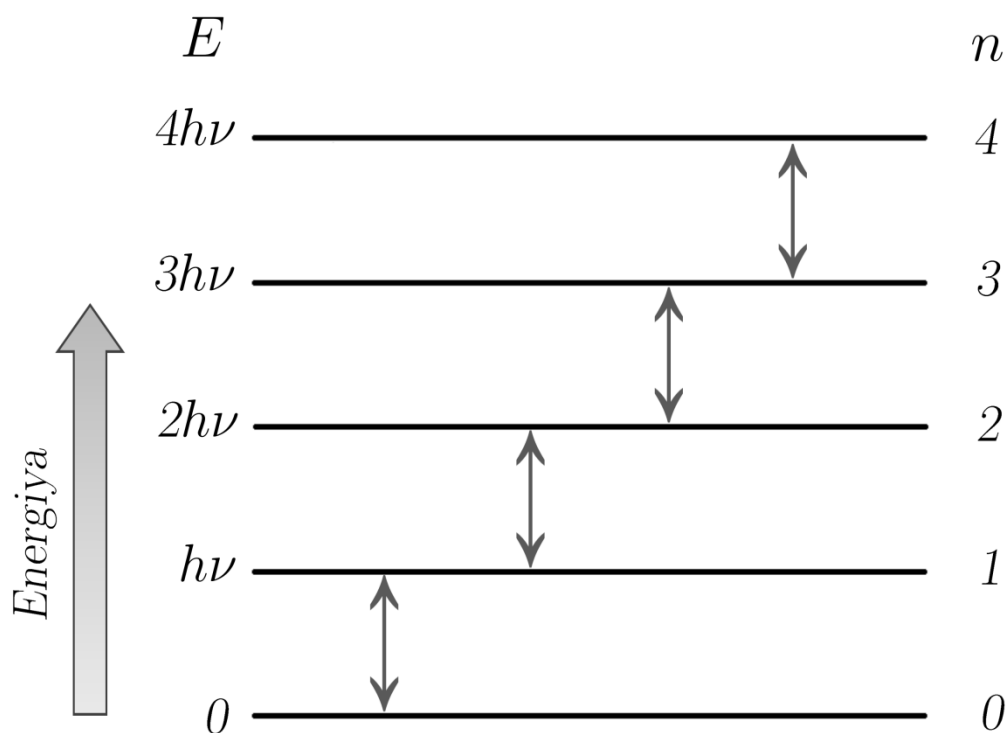
Ikkinchi faraz:

Osillatorlar bir kvant holatdan ikkichisiga o'tganida yoki energiya chiqaradi, yoki energiya yutadi. O'tishdagi boshlang'ich va oxirgi holatlar orasidagi energiyalar farqi faqat bitta nurlanish kvanti sifatida chiqariladi yoki yutiladi.

Agar muayyan bir holatdan quyi qo'shni holatga o'tish sodir bo'lsa, aytaylik, $n = 3$ holatdan $n = 2$ holatga o'tish ro'y berganida $E=h\nu$ ga muvofiq osillator chiqaradigan va nurlanish kvanti tashiydigan energiya miqdori quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta E = E_3 - E_2 = h\nu$$

Osillator faqat kvant holatlarini o'zgartirgandagina energiya chiqaradi yoki yutadi. Agar u bitta kvant holatida qolsa, hech qanday energiya yutmaydi ham, chiqarmaydi ham. Rasmda Planck tomonidan taklif qilingan kvantlangan energetik sathlar va ulardagi ruxsat etilgan o'tishlarning *energetik sath diagrammasi* tasvirlangan bo'lib, ushbu yarimgrafik diagramma-dan kvant fizikasida keng foydalanamiz.

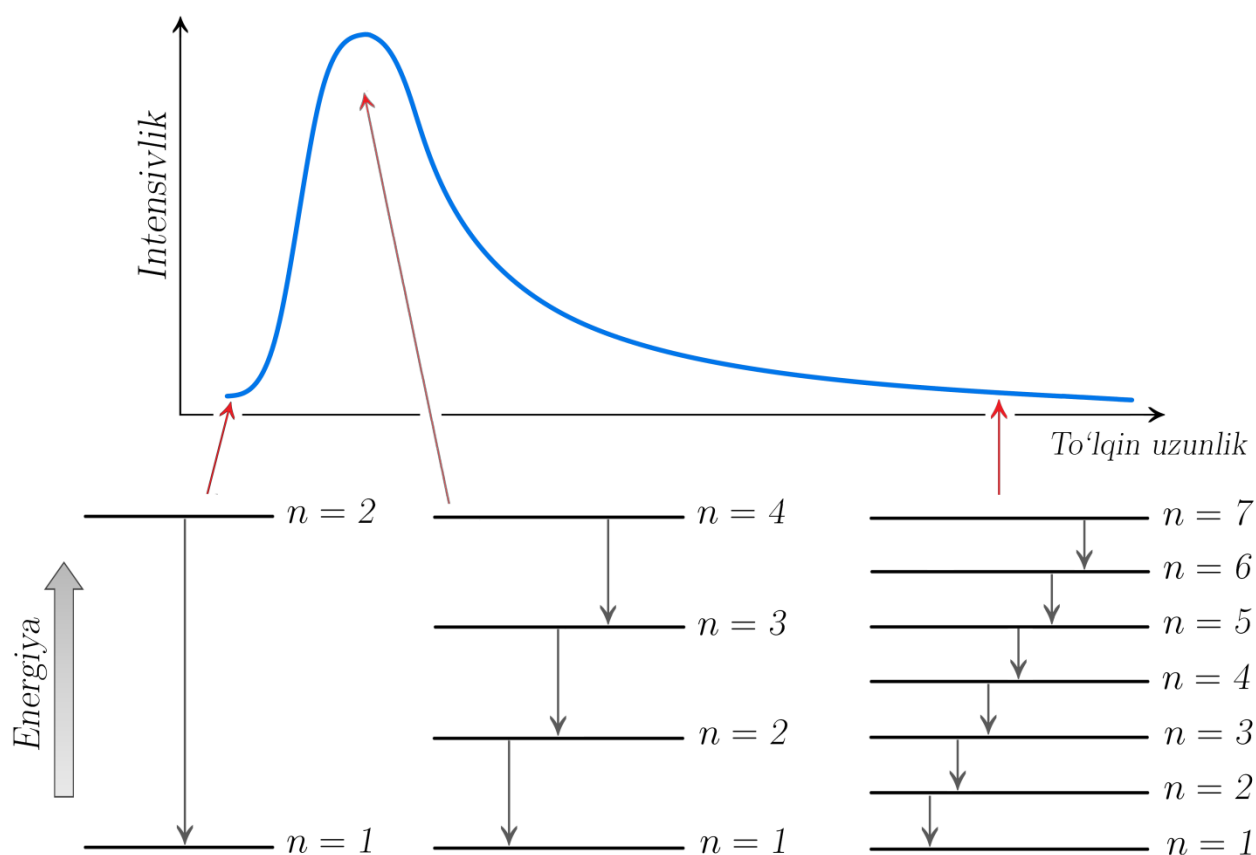


Rayleigh-Jeans modelida kovakdagi turg'un to'lqinlarning har bir erkinlik darajasi bilan bog'liq o'rtacha energiyasi barcha to'lqin uzunliklarida bir xil va kT ga teng. Planck ham Rayleigh-Jeans modelidagi kabi klassik g'oyalardan foydalanib, muayyan to'lqin uzunligi uchun o'rtacha energiyani hisoblab, energiya zichligi

munosabatini hosil qildi, ammo u oʻrtacha energiyani hisoblashda teng taqsimlanish teoremasidan foydalanmagan.

Toʻlqinning oʻrtacha energiyasi — bu toʻlqin chiqarilish ehtimoliga mos kelgan osil-lator sathlari orasidagi oʻrtacha energiya farqi hisoblanadi. Ushbu faraz Boltzman-ning taqsimot qonuni boʻyicha taʼriflanganidek, yuqori energetik sathlarni egallashga asoslangan boʻlib, bu qonunga koʻra, sathning egallanish ehtimoli $\exp(-E/kT)$ ga proporsional, bunda E – sath energiyasi.

Quyi chastotalar (yoki, uzun toʻlqin uzunlik) sohasida energiya darajalari rasmning oʻng tomonida tasvirlanganidek bir-biriga juda yaqin joylashadi va koʻplab energiya sathlari uygʻongan boʻladi, chunki bu sathlar uchun Boltzmann faktori $\exp(-E/kT)$ nisbatan katta. Shuning uchun, kvant oʻtishlar soni koʻpligiga qaramasdan har bitta kvant energiyasi juda kam boʻlgani uchun chiquvchi nurlanish ham kichik boʻladi.



Javob: Kvant oʻtishlar

Planck doimiysi — kvant fizikasidagi fundamental fizikaviy doimiy bo‘lib, u mikrodunyo chegarasini aniqlovchi eng kichik ta’sir kvanti hisoblanadi.

$$h = 6.62607015 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

Yorug‘likning korpuskulyar nazariyasi XVIII-asrgacha (**Newton** ham shu nazariya tarafdori bo‘lgan) mashhur bo‘lib kelgan. XIX-asr boshlari kelib **Thomas Young** va **Augustin Fresnel** tomonidan kashf qilingan difraksiya va interferensiya hodisalari yorug‘likning to‘lqin tabiatiga ega ekanligini isbotladi.



Yorug‘lik – bu zarra! Isaac Newton



Yorug‘lik – bu to‘lqin! Thomas Young



Yorug‘likning korpuskulyar nazariyasi XVIII-asrgacha (Newton ham shu nazariya tarafdori bo‘lgan) mashhur bo‘lib kelgan. XIX-asr boshlari kelib Thomas Young va Augustin Fresnel tomonidan kashf qilingan difraksiya va interferensiya hodisalari yorug‘likning to‘lqin tabiatiga ega ekanligini isbotladi.

Einstein o‘zi kiritgan yorug‘lik zarralarini oddiygina “yorug‘lik kvantlari” deb atagan. 1926-yilda amerikalik kimyogar Gilbert Lewis yorug‘lik kvantlariga “fotonlar” (grekcha “φωτος” – “fous”, yorug‘lik) deb nom berdi.

Asosiy xulosalar:

Kvant interferometrlari kvant mexanikasining tamoyillaridan foydalanib, nozik fizik kattaliklarni o'lchash imkonini beruvchi zamonaviy qurilmalardir. Ular kvant interferensiya hodisasiga asoslanib, to'liqinfunksiyalarining aralashuvi orqali kichik fazaviy yoki amplitudaviy o'zgarishlarni aniqlashga imkon beradi.

1. Turlari va ishlash prinsipi: Maks-Zender, Fabri-Perot va atom interferometrlari kabi ko'plab turlari mavjud bo'lib, ular yorug'lik, atomlar yoki kvant zarrachalari bilan ishlaydi.

2. Qo'llanilishi: Gravitatsion to'liqlarni aniqlash (LIGO, Virgo), atom soatlari, GPS tizimlari, metrologiya va kvant kriptografiya qo'llaniladi.

3. Afzalliklari: Ultra yuqori aniqlik, kosmik va kvant hodisalarni o'rganish imkoniyati, yangi texnologiyalarni rivojlantirishga turtki.

4. Cheklovlar: Dekohirensiya, sezuvchanlik va tashqi shovqinlarning ta'siri, yuqori texnologik talablar.

Xulosa qilib aytganda, kvant interferometrlar fizika, texnologiya va muhandislikda yangi davrni boshlab berdi. Ular nafaqat fundamental tadqiqotlarda, balki amaliy sohalarda ham muhim ahamiyatga ega va kelajakda yanada keng qo'llaniladi. Kvant interferometrlarining rivojlanishi va imkoniyatlarini to'liqroq tushunish uchun ushbu qurilmalar atroflicha tahlil qilinadi. Quyida mavzuning yanada batafsil ko'rinishini keltiraman:

Kvant interferometrlarning ilmiy asoslari

1. Kvant interferensiya va superpozitsiya:

- Kvant interferensiya klassik interferensiyadan farqli ravishda individual kvant zarralarning (masalan, foton yoki atomlarning) o'zaro ta'siridan kelib chiqadi. Bu hodisa kvant superpozitsiya (zarrachalarning bir vaqtning o'zida bir nechta holatda bo'lishi) va to'liqinfunksiya fazalarining o'zaro bog'liqligiga asoslanadi.
- Kvant holatlarning interferensiyasi sezilmas farqlarni (masalan, juda kichik faza o'zgarishlari) aniqlash imkonini beradi.

2. Heisenberg chegarasi:

- Kvant interferometrlar Heisenbergning noaniqlik prinsipidan foydalanib, maksimal aniqlikda o'lchash imkoniyatlarini beradi. Masalan, vaqt va energiyaning birgalikdagi noaniqligi atom soatlarining aniqligini oshirish uchun ishlatiladi.

3. Dekohirensiya:

- Interferometrlarning asosiy muammosi – atrof-muhit ta'siridan kvant superpozitsiya holatining yo'qolishi (dekoherensiya). Ushbu muammoni hal qilish uchun supero'tkazuvchilar, kriogenik tizimlar va kvant izolyatsiya usullari qo'llaniladi. Texnik tafsilotlari

1. Interferometrning asosiy qismlari:

- Nur bo'luvchi: Kvant zarralarni (yorug'lik yoki atomlar) ikkiga ajratadi.
- Faza o'zgartirgich: Kvant zarralarining fazasini manipulyatsiya qiladi.
- Detektorlar: Kvant holatlarning interferensiyasi natijasida hosil bo'lgan signalni qayd etadi.

2. Signalni kuchaytirish:

- Kvant interferometrlar lazerlar yoki boshqa yorug'lik manbalaridan foydalanib, kuchli signal hosil qilishadi.
- Singan holatli yorug'lik (squeezed light) texnologiyasi interferometrlarning sezuvchanligini oshirishda muhim.

3. Katta hajmdagi interferometrlar:

- LIGO kabi detektorlar o'ta kichik o'zgarishlarni aniqlash uchun lazer nurini kilometrlar bo'ylab yo'naltiradi. Masofa oshishi fazaviy o'zgarishlarni aniqroq o'lchashga yordam beradi.

Amaliy qo'llanilish sohalari

1. Gravitatsion to'lqinlarni aniqlash:

- LIGO, Virgo, va KAGRA kvant interferometrlar gravitatsion to'lqinlarni sezadi. Bu qurilmalar qora tuynuklar va neytron yulduzlarning to'qnashuvi kabi kosmik hodisalarni o'rganishda inqilob qildi.

2. Atom interferometrlar va inersial o'lchovlar:

- Atom interferometrlar Yerning gravitatsion kuchini, tezlanishni va aylanishni yuqori aniqlikda o'lchash uchun ishlatiladi.
- Masalan, kvant giroskoplar avtonom navigatsiya tizimlarida GPSga muqobil sifatida foydalaniladi.

3. Kvant sensorlar va aloqa:

- Interferometrlar kvant fotonlarni kuzatish orqali kvant kriptografik tizimlar (xavfsiz ma'lumot uzatish) yaratishga imkon beradi.
- Shuningdek, biologik sezgichlar sifatida hujayra jarayonlarini o'rganishda qo'llaniladi.

4. Metrologiya va aniqlik asboblari:

- Kvant interferometrlar nano o'lchamdagi farqlarni aniqlash, haroratni o'lchash va molekulyar darajadagi jarayonlarni tahlil qilishda muhimdir.

Hozirgi va kelajakdagi rivojlanish yo'nalishlari

1. Kosmik kvant interferometrlar:

- LISA (Laser Interferometer Space Antenna): Bu loyiha kosmik vakuumda gravitatsion to'liqlarni aniqlashga qaratilgan. Bu LIGO kabi yer usti detektorlariga nisbatan sezgirroq.

2. Kvant teleportatsiya va aloqa:

- Kvant interferometrlar kvant teleportatsiya jarayonlarini aniqlash va kvant internetni rivojlantirishda ishlatilmoqda. Bu texnologiya uzoq masofalarda xavfsiz aloqa uchun yangi imkoniyatlar ochadi.

3. Ultra yuqori aniqlikdagi atom soatlar:

- Kvant interferometrlar asosida yangi turdagi atom soatlar ishlab chiqilmoqda, ular hozirgi GPS tizimlaridan bir necha barobar aniqlikda ishlaydi.

4. Tibbiy diagnostika va biologiya:

- Kvant interferensiya yordamida o'ta sezgir kvant mikroskoplar yaratilmoqda. Ular hujayra ichidagi molekulalarni aniqlash va diagnostik tahlillarni bajarish imkonini beradi.

Kvant interferometrlar — bu zamonaviy fan va texnologiyaning eng ilg'or yutuqlaridan biridir. Ular:

- Fundamental fizika qonunlarini o'rganishda,
- Juda nozik o'lchovlar va kuzatishlarda,
- Yangi kvant texnologiyalarni ishlab chiqishda hal qiluvchi rol o'ynaydi.

Ushbu qurilmalar nafaqat ilmiy, balki amaliy hayotda ham inqilobiy yutuqlarni taqdim etmoqda. Kvant interferometrlarning rivoji kelajakda texnologiya, fan va jamiyatni butunlay yangi bosqichga olib chiqishi kutilmoqda.

Adabiyotlar:

1. Axmedova G., Mamatqulov O.B., Xolbaev I. Atom fizikasi. O'quv qo'llanma. T.: Istiqlol, 2013. - 416 b.
2. Шпольский Э.В. Атомная физика, в 2 т. Т.1. Введение в атомную физику. М.: Наука, 1984. - 552 с. Т.2. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. М.: Наука, 1984. - 438 с. 9
3. Полвонов С.Р., Каноков З., Караходжаев А., Рузимов Ш.М. Атом физикасидан масалалар тўплами. Ўқув қўлланма. Т.: ЎзМУ, 2006. - 75 б.
4. Каноков З., Караходжаев А., Нариддинов К., Полвонов С.Р. Атом ва ядро физикасидан лаборатория ишлари. Ўқув қўлланма. Т.: ЎзМУ, 2006.-148б.
5. Физикадан практикум. «Наука» М. 1978, проф. Иверонова тахрири