

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

VAZIRLIGI

O'ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI

“Fizika” ta'lim yo‘nalishi F-2202 guruh talabasi

Eshboyeva Musharrafning “Atom fizikasi ” fanidan yozgan

MUSTAQIL ISHI

MAVZU: Kvant nuqtalar

Qabul qildi: Mamayusupova Muqaddas

Topshirdi: Eshboyeva Musharraf

Toshkent-2024

Kvant nuqtalar

Reja:

1. Kvant nuqtalarning xususiyatlari
2. Pauli tamoyili
3. Kvant nuqtalarining qo'llanilishi

Kvant nuqtalarining xususiyatlari

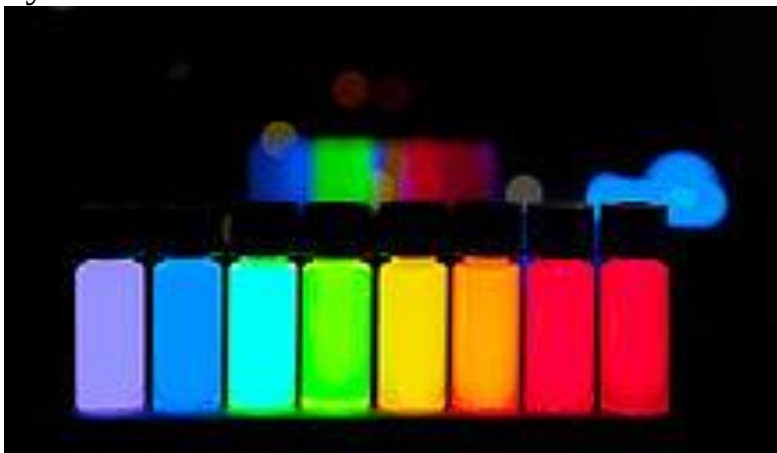
Kvant nuqtalari bu – texnologik maqsadlarda foydalanish mumkin bo'lgan substrat, yoki, faol kvant xossalriga ega bo'lgan yuzaga joylashtiriladigan nanozarralardir.

Kvant nuqtalari bitta elektron bilan to'qnashganda birdaniga ikkita foton nurlantira oladi va ularning mazkur xossasidan quyosh panellarining elektr energiyasi ishlab chiqarish quvvatini oshirish imkoniyatidan dalolat beradi. Asosiysi – ularni spektrning istalgan chastotasida qo'llash imkoniyati mavjud va tadqiqotchilar hozirda ushbu kvant nuqtalarida displey va nur diodlarida qo'llash masalasi ustida izlanmoqdalar.

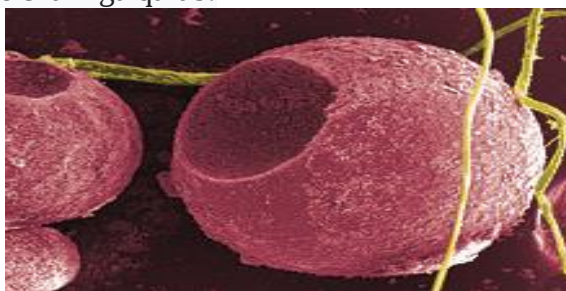
Elektron mikrosxemalarni yanada ixcham va mittiroq qilishga to'sqinlik qiluvchi omillardan biri – bunday sxemalarning ishlashiga xalaqit beruvchi kvant effektlaridir. Masalan, o'tkazgich simlar birbiriga o'ta yaqin joylashtirilgan bo'lsa, elektronlar tunnel effekti orqali bir o'tkazgichdan ikkinchisiga o'tib ketishi mumkin. Lekin, tadqiqotchilar aynan shunday nojo'ya kvant effektlaridan ham naf chiqarishga urinmoqdalar. Bu maqsadda kvant kimyosi sohasi olimlari tomonidan, «kvant nuqtasi» deb nomlanadigan o'ta mitti nanozarralar ishlab chiqarishgan bo'lib, ushbu kvant nuqtalari kremniy, kadmiy selenidi, kadmiy sulfit, va indiy arsenidi singari, yarimo'tkazgich materiallardan tayyorlanadi. Mazkur favqulodda ixcham, o'ta mayda zarralarning o'lchami 2-10 nanometr atrofida bo'ladi. Ya'ni, bu degani, ushbu kvant nuqtalari atiga 5-10 ta atomning o'lchamiga teng demakdir. Shu sababli ham, kvant nuqtalari o'zini xuddi atomlar singari tutadi va ularda ham, alohida olingan atomning fizik xossalari namoyon bo'ladi. Shu tufayli, bunday kvant nuqtalarini olimlar shuningdek «sun'iy atomlar» ham deb yuritishadi. Kvant nuqtalarida elektronlar, Pauli tamoyiliga ko'ra, o'tkazuvchanlik hududida diskret kvant pog'onalarini egallay boshlaydi. Materialning o'zi yarimo'tkazgichdan tayyorlangani bois, unda, o'tkazuvchanlik hududi va ruxsat etilgan eng yuqori hudud orasida katta oraliq - ta'qiqlangan hudud yuzaga keladi. Fotonlar valent hududdagi elektronlarni qo'zg'atadi va ularni o'tkazuvchanlik hududiga o'tishga majburlaydi. Ushbu elektronlar o'tkazuvchanlik hududiga o'tishda o'zidan foton nurlatadi va darhol valent hududga qaytadi. Valent hudud va o'tkazuvchanlik hududi orasidagi energiya farqini boshqarish uchun esa, nanozarralarning o'lchamini o'zgartirish yetarli bo'ladi.

Kvant nuqtalar, kvant fizikasida mavjud bo'lgan maxsus tizimlar bo'lib, ular makroskopik miqyosdagi jismlar kabi davomli fazoda mavjud

emas, balki diskret energiya darajalariga ega. Bu tizimlar o'ziga xos xususiyatlarga ega bo'lib, ular kvant mexanikasi asosida ishlaydi. Kvant nuqtalarining o'ziga xosligi, ular kiritilgan tashqi maydonlar va potentsiallar ta'sirida noaniqlik, interferensiya va boshqa kvant effektlari bilan namoyon bo'lishidir.



Binafsha rangdan qizil ranggacha ko'rinadigan diapazonda yorituvchi kvant nuqtalari PlasmaChem GmbH da kilogramm shkalasida ishlab chiqariladi. Kvant nuqtalar har biri alohida spektrtdagi nurni chiqaradi o'chamiga qarab.



[Kadmiy sulfidning](#) kvant nuqtalari (ko'rinishi)

Kvant nuqtalarining xususiyatlari

Energiya darajalari: Kvant nuqtalarining energiya spektri makroskopik jismlar bilan taqqoslaganda juda farq qiladi. Ularning energiya darajalari, aniq bo'lib, diskret shaklda mavjud bo'ladi, ya'ni kvant nuqtaning energiyasi faqat belgilangan qiymatlarni olishi mumkin. Bu shart, kvant mexanikasining "diskret energiya" prinsipidan kelib chiqadi.

Kvant tunneling: Kvant nuqtalaridagi zarrachalar ma'lum bir potentsial to'siqlarni o'ta olish imkoniyatiga ega. Bu hodisa kvant tunneling deb ataladi va zarrachalar "to'siqni" uzib o'tib, boshqa joyga o'tishi mumkin. Bu hodisa, klassik mexanika nuqtai nazaridan mumkin bo'lmagan, ammo kvant mexanika nuqtai nazaridan amalga oshadigan hodisadir.

Mikroskopik o'lchamlar: Kvant nuqtalarining o'lchamlari odatda nanometr miqyosida bo'ladi. Bu ularning fazoviy xususiyatlarini va energetik parametrlarini o'zgartiradi. Nanometr o'lchovidagi tizimlar

kvant effektlari bilan ajralib turadi va makroskopik tizimlardan farq qiladi.

Elektron va fotonlar bilan o'zaro ta'sir: Kvant nuqtalarida elektronlar va fotonlar orasida kuchli o'zaro ta'sirlar mavjud. Buning natijasida, kvant nuqtalarida yoritish va energiya o'tish jarayonlari, masalan, fotonlar chiqarilishi yoki yutilishi kabi hodisalar sodir bo'ladi.

Qayta ishlash imkoniyati: Kvant nuqtalar, elektronika va optoelektronika sohalarida keng qo'llaniladi. Ularning yarimo'tkazgich xususiyatlari, nanostrukturalari, va energiya o'tkazuvchanlik xususiyatlari ilmiy va texnologik izlanishlarda muhim ahamiyatga ega.

Fotoluminesensiya: Kvant nuqtalarining fotoluminesensiya (yoritish) xususiyatlari juda muhimdir. Ular tashqi yorug'likni yutib, uni boshqa rangdagi yorug'likka aylantirishi mumkin. Bu, ayniqsa optoelektronika va displey texnologiyalarida muhim ahamiyatga ega.

Pauli tamoyili

Erkin elektronning energiyasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$E = \frac{m_0}{2}v^2 = \frac{p^2}{2m}$$

Ushbu formulaga binoan, erkin elektron istalgan energiyaga ega bo'lishi mumkin. Kristall tuzilishga ega bo'lgan qattiq jismda kristall panjara davriy potentsiali tufayli energiyaning ta'qiqlangan qiymatlar intervali hosil bo'ladi. Ya'ni zonaviy struktura hosil bo'ladi. Ushbu ta'qiqlangan intervalni ta'qiqlangan zona deb ataladi. Ushbu zona valent zonani o'tkazuvchanlik zonasidan ajratib turadi. Elektronning kristallardagi xossalarini tushuntirish uchun kvant fizikasi qonunlaridan foydalaniladi.

Agar elektron yo'nalishlaridan biri bo'yicha (masalan, d qalinlikli yupqa folgada) chegaralanish bo'lsa hamda $d < \lambda$ shart bajarilganda, energiya bo'yicha kvantlanish hosil bo'ladi. Natijada elektron faqatgina ma'lum bir qiymatlardagi energiyalarni qabul qila oladi:

$$E_n = \frac{p_n^2}{2m} = \frac{\pi^2 \hbar^2 n^2}{2md^2}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Ya'ni, ushbu yo'nalish bo'yicha elektron impulsining ruxsat etilgan qiymatlari (kristallda uni kvaziimpuls deb ataladi) quyidagiga teng bo'ladi:

$$p_n = \frac{\pi \hbar n}{d}$$

Elektronning kristalldagi massasi m , ya'ni effektiv massasi, erkin elektronning massasi m_0 dan farq qiladi. U shunchaki kvazi impuls va energiya o'rtasidagi bog'liqlikni xarakterlaydi hamda uning qiymati yarimo'tkazgichlarda erkin elektronning massasidan bir necha marta kichik bo'ladi. Elektronning yassi sirtida harakatlanishi uchun yirik kristalldagi kabi zonaviy struktura saqlanib qoladi. Elektronning minimal energiyasi ($n=1$ da) energiya bo'yicha kvantlanishda nolga teng bo'lmaydi va struktura o'lchami d kamayib borgan sari $1/d^2$ qonuni asosida ortib boradi.

Pauli tamoyili elektronlarning nima sababdan atomda eng qiyi energetik pog'onani emas, balki, bir necha orbitani egallashini tushuntirib beradi.

Elektronlar atomlarda yadroga eng yaqin orbitani egallamasdan, balki, aksincha, yadro atrofida muayyan aniq orbitalarda harakatlanishi boisidan, atomlar o'zining eng minimal o'lchamiga ega bo'ladi ularni bundan ortiq siqishning iloji bo'lmaydi. Oddiy materiyaning nima sababdan fazoda muayyan o'rinni egallashi va barqaror turishining sababi ham shunda. Xuddi elektronlar kabi neytronlar ham fermionlar sanaladi va yarimbutun spinga ga bo'ladi. Barcha fermionlar Pauli tamoyiliga bo'ysunishi boisidan, neytron yulduzlarni tashkil qiluvchi neytronlar o'zaro jipslashmaydi va yulduz massasi qanchalik katta bo'lmasin, u bundan ortiq zichlashmaydi.

Yadro atrofidagi orbitalarda aylanayotgan elektronlarning bir energetik pog'onadan boshqasiga o'tish jarayonida o'zidan muayyan to'lqin uzunligiga ega bo'lgan foton uchib chiqishi jarayonini birinchi bo'lib, 1913-yilda Nils Bor tushuntirib bergan edi. Ushbu elektron orbitalariga 1, 2, yoki, 3 butun son tarzidagi raqamlar birlashtirilgan bo'lib, uni asosiy kvant soni deyiladi. Ushbu model eng sodda kimyoviy element bo'lmish vodorod uchun o'rinli bo'lib, boshqa, murakkabroq tuzilishga ega bo'lgan elementlar atomi uchun modelni qo'llashda, mazkur elementlarning atomlari spektrlarida ko'zga tashlanadigan qo'shimcha to'lqin uzunliklarini e'tiborga olmaslikka to'g'ri keladi. 1915-yilda AQSH fizigi Arnold Zommerfeld tomonidan, spektrdagi o'sha chiziqlarning tarqalish xarakteriga ham muayyan aniq bir son qiymati mos kelishi aniqlandi. Ushbu son qiymatiga olimlar «nozik struktura doimiysi» deb nom berishgan. Magnit maydonida elektronlar ham o'zini mitti magnitchalar singari tutadi; bundan tashqari, elektronlar spinga ham ega bo'ladi. Shu sababli ham fiziklar uchinchi va to'rtinchi kvant sonlarini kiritishgan. Har bir elektronning energiyasi ushbu to'rt kvant soni bilan

belgilanadi. O'sha, 1915-yilning o'zida nemis fizigi Wolfgang Pauli, bir xil kvant soniga ega bo'lgan elektronlarning aynan bitta orbitada aylanishi mumkin emasligini ham isbotlab berdi. Ushbu qonuniyatni fanda Pauli tamoyili deyiladi. Ushbu tamoyilni ba'zi manbalarda «ta'qiq tamoyili» tarzida ham talqin qilinadi va u nima uchun elektronlar bir necha energetik pog'onalarda joylashishini tushuntirib beradi. Kimyoviy elementning kimyoviy xossalari aynan ushbu taqsimlanishga, ya'ni, elektronlarning atom atrofidagi orbitalarda qanday taqsimlanganligiga bog'liq bo'ladi.

Qisqacha aytganda, kvant nuqta — bu elektr xossalari uning o'lchamlari va shakliga bog'liq bo'lgan yarimo'tkazgich. Kristallning o'lchamlari qanchalik kichik bo'lsa, energetik sathlar orasidagi masofa shunchalik katta bo'ladi. Masalan, elektronning quyi energetik sathga o'tishida foton nurlanadi. Biz kvant nuqtasining o'lchamlarini o'zgartira olamiz, demak, nurlanayotgan foton xususiyatlarini ham o'zgartira olamiz.

Kvant nuqtalarini olish usullari

Kvant nuqtalarini olishning bir nechta usullari mavjud:

Kolloid kimyoviy usul (kolloid sintetikasi): Bu usulda, kvant nuqtalari o'z-o'zidan hosil bo'ladi. Reaksiya uchun eritma tayyorlanadi, unda metall yoki yarim o'tkazgich moddalarining prekursorlari mavjud.

Bu moddalar, aniq temperaturada va vaqt davomida reaksiyaga kirishadi va natijada kvant nuqtalari hosil bo'ladi.

Kolloid kvant nuqtalari odatda eritmada sintezlangan va qayta ishlangan nano o'lchamli kristallarga tegishli bo'lib, ular eritmada bir tekis tarqalishi mumkin. Kvant nuqtalarining yuzasi organik ligandlar qatlami bilan qoplangan va ligandlar koordinatsion bog'lanishlar bilan bog'langan. Kvant nuqta yuzasiga. Eng keng tarqalgan kvant nuqtalari-II-VII guruhdan (CdSe, CdS, ZnSe, CdS, PbS, PbSe), III-VI guruhdan (InP, InAs) yoki I-III-VII guruhdan (CuInS₂, AgInS₂) tashkil topgan yarimo'tkazgichli nanopartikullar. Sintezda har xil elementlar va ligandlarni birlashtirib, morfologiyasi va xossalari har xil bo'lgan kvant nuqtalarini olish mumkin.

Kvant o'lchov effekti va kvant qamoq effekti tufayli, tayyorlangan kvant nuqtalarining hajmini sozlash orqali spektr ko'kdan to infraqizilgacha bo'lgan to'lqin uzunliklarini qamrab olishi mumkin. Masalan, kadmiy selenid kvant nuqtalari, sintetik zarrachalar hajmi 2nm dan 8nm gacha oshganda, ultrabinafsha nurlar ostida uning rangi ko'kdan qizilga o'tishi mumkin. Hozirgi vaqtda kadmiyga asoslangan kvant nuqtalari mukammal ishlashga ega ekanligini isbotladi va kadmiy, rux, selen, oltingugurt va boshqa elementlardan tashkil topgan kvant nuqtalari

dastur bosqichiga kirdi. Shu bilan birga, InP kabi kadmiysiz kvant nuqtalari ham tadqiqot jarayonida; perovskit kvant nuqtalari ayni paytda mashhur tadqiqot tizimi hisoblanadi, lekin perovskit kvant nuqtalarining barqarorligi hali ham muammo bo'lib qolmoqda. Ushbu sharh kolloid yarimo'tkazgich kvant nuqtalariga qaratilgan.

Misol: CdSe (kadmiy selenid) yoki CdTe (kadmiy tellurid) kabi materiallar kvant nuqtalarini olishda keng qo'llaniladi.

Afzalliklari: Yuqori sifatli va kichik o'lchamli nuqtalar olish mumkin.

Sol-gel usuli: Bu usulda, kvant nuqtalari sol yoki gel holatida birikadi, keyin esa issiqlik bilan ishlov beriladi. Bu usulda ko'proq metal oksidlari, silikatlar va yarim o'tkazgichlar ishlatiladi.

Mikroto'lqinlar yoki lazer bilan o'stirish: Bu usulda yuqori energiyali mikroto'lqinlar yoki lazer nurlari yordamida kvant nuqtalari sintezlanadi. Bu usul orqali sintezning tezligini oshirish mumkin.

Molekulyar nurlanish (Molecular Beam Epitaxy, MBE): Bu usulda, material atom yoki molekulalar ko'rinishida bo'lib, yuqori darajadagi vakuum sharoitida o'stiriladi va o'zgartiriladi. Bu usul yordamida juda nozik va yuqori sifatli kvant nuqtalarini olish mumkin.

Katalitik usul: Katalizatorlar yordamida kvant nuqtalari sintezlanadi. Bu usulda nurlanish, vaqt va harorat sharoitlari orqali kerakli o'lchamdagi nuqtalar hosil bo'ladi.

Kvant nuqtalarning qo'llanilishi

Kvant nuqtalari optoelektronika, biotibbiyot, nanotexnologiya, va kvant hisoblash kabi sohalarda keng qo'llaniladi va kelajakda yangi texnologiyalarni ishlab chiqish uchun katta imkoniyatlar yaratadi. Shu bilan birga, ularning ilmiy o'rganilishi va amaliy qo'llanilishi texnologik inqiloblarni amalga oshirishga xizmat qilishi mumkin.

Optoelektronika: Kvant nuqtalarining eng keng tarqalgan qo'llanish sohalaridan biri optoelektronikada, ya'ni elektronika va optik texnologiyalarini birlashtirishda. Ular rangli ekranlar, LEDlar, lazerlar va fotovoltaik elementlarda ishlatiladi. Kvant nuqtalari o'ziga xos ranglarni ishlab chiqarishga qodir, bu ularni yuqori sifatli displeylar va yoritish tizimlari uchun ideal material qiladi.

Nanotexnologiya: Kvant nuqtalarining nano o'lchamlari ularni materialshunoslikda ishlatish uchun juda foydali qiladi. Nanomateriallar sifatida ular yuqori mustahkamlik, yaxshi elektron va optik xususiyatlarga ega bo'lishi mumkin. Bundan tashqari, kvant nuqtalarining yuqori yuzaki maydoni ularni katalizatorlar sifatida ham ishlatish imkonini beradi.

Biotibbiyot: Kvant nuqtalarining kichik o'lchamlari va maxsus optik xususiyatlari ularni biotibbiyotda, masalan, hujayralar ichiga dorilarni aniq yetkazib berish yoki diagnostika uchun ishlatishga imkon beradi. Ular bioluminesensiya va floresans texnikalarida ishlatiladi, bu esa kasalliklarni aniqlashda yordam beradi.

Biosensorlar: Kvant nuqtalarining yuqori optik xususiyatlari ularni biomolekulalarni aniqlash uchun ishlatishga imkon beradi. Ular hayvon yoki o'simlik hujayralarining yorqin tasvirlarini olishda, ya'ni biologik tasvirlashda keng qo'llaniladi.

Kvant hisoblash va ma'lumot uzatish: Kvant nuqtalari kvant kompyuterlari va kvant ma'lumot uzatish tizimlarida ishlatilishi mumkin. Ularning kvant holatlari va elektron xususiyatlari kvant hisoblashda samarali ishlatiladi.

Richard Feynman juda kichik o'lchamli, ixcham kvant kompyuterlari kvant sistemalarini modellashtira oladi deb taxmin qilgan. Lekin, kvant kompyuterlari, murakkab fizik jarayonlarni modellashtirishdan tashqari, matematik hisoblashlar borasida ham rekord o'rnatishi mumkin. Xususan, 400 xonali sonni tub ko'paytuvchilarga ajratish amalini kvant kompyuteri bir necha soniya ichida bajaradi. Bu esa, istalgan murakkablikdagi maxfiy kodni (parolni) bir necha soniya ichida buzish imkonini ham demakdir. Aynan ushbu jihati, kvant kompyuterlarini ayniqsa bank tizimlari uchun xavfli vositaga aylantirishi mumkin.

Zamonaviy kompyuterlar axborotni ikkilik bitlar vositasida saqlovchi millionlab tranzistorlardan tashkil topgan murakkab elektron mashinalardir. Bunday usulda axborot saqlashda, elektr zaryadining mavjudligi – 1 ni, zaryad yo'q hol esa 0 ni ifodalaydi. Kompyuter xotirasidagi axborot shu tarzda, ikkilik sanoq tizimi orqali kodlangan bo'ladi. Masalan, 0 dan 7 gacha bo'lgan o'nli sanoq sistemasi sonlari, ikkilik kod bilan quyidagicha ifodalanadi: 0000, 0001, 0010, 0100, 0101, 0111, va 1000. Oddiy kompyuter ushbu sonlarni navbat bilan qayta ishlaydi va har bir qayta ishlash operatsiyasi uchun bir birlik vaqt sarflanadi. Lekin, kubitlar 0 va 1 dan tashqari, bir vaqtning o'zida ham 0 va ham 1 dan iborat superpozitsiya holatida bo'la olishi boisidan, ular orqali ayna bir vaqt birligining o'zida sakkizta sonni kodlash mumkin bo'ladi. Shuningdek, ushbu sakkiz son bir vaqtning o'zida qayta ishlanadi. Kubitlar soni oshgani sari, kvant kompyuterining hisoblash potentsiali ham favqulodda ortaveradi. O'n ta kubit bo'lgan holatda, bir vaqtning o'zida 1023 ta sonni kodlash mumkin bo'lsa, yigirmata kubit bilan millionta hisoblashni bajarish, 40 ta kubit bilan esa, millionta

million hisoblash amalini bir vaqt birligida uddalash mumkin bo‘ladi. Bunday kvant kompyuterida kvant chigalligini barqaror saqlab turish uchun hozirgi zamon texnologiyalari ojiz. Shu sababli, kvant chigalligini saqlab turish imkonini beruvchi yangi mukammal texnologiyalarga zaruriyat mavjud. Olimlar esa kelajakka optimistik ruh ila qarab, yaqin yillarda haqiqiy kvant kompyuterlariga ega bo‘lishga harakat qilmoqdalar.

Fotovoltaika (quyosh batareyalari): Kvant nuqtalarini quyosh batareyalarida qo‘llash orqali energiya samaradorligini oshirish mumkin. Ularning kichik o‘lchamlari va spektroskopik xususiyatlari energiya yig‘ish tizimlarida foydalidir.

Nanomeditsina: Kvant nuqtalari tibbiyotda, ayniqsa onkologiyada ishlatiladi. Ular tomografiya, rentgen va boshqa tasvirlash texnologiyalarida qo‘llanilib, yuqumli kasalliklarni aniqlashda yordam beradi.

Sensorlar va detektorlar: Kvant nuqtalari o‘zining kuchli optik va elektron xususiyatlari tufayli yuqori sezgirlikka ega sensorlarda ishlatiladi. Ular kimyoviy va fizikaviy o‘zgarishlarni aniqlashda ishlatiladi.

Xulosa

Kvant nuqtalari – bu mikroskopik o'lchamdagi yarimo'tkazgich materiallar bo'lib, ular kvant mexanikasi qonunlariga amal qiladi va o'ziga xos optik va elektron xususiyatlarga ega. Ularning kichik o'lchamlari va o'zgartirilgan energiya spektri ularni turli texnologik sohalarda keng qo'llash imkonini beradi. Kvant nuqtalari yarimo'tkazgichlar, lazerlar, sensorlar, fotovoltaik tizimlar va tibbiyotda (diagnostika va davolashda) samarali qo'llaniladi. Biroq, ularni sintez qilish va barqarorligini ta'minlashda qiyinchiliklar mavjud bo'lib, bu sohadagi tadqiqotlar davom etmoqda.

Kelajakda kvant nuqtalarining yanada rivojlanishi, ularning qo'llanilishining kengayishi va yangi materiallar yaratish imkoniyatlari ilmiy va texnologik inqiloblarni keltirib chiqarishi mumkin. Tadqiqotlar va innovatsiyalar bu materiallarni optimal ishlash sharoitlarida qo'llash imkoniyatlarini yaratadi. Kvant nuqtalari haqida chuqurroq o'rganish, ularning yangi qo'llanilishini va xususiyatlarini yanada yoritish uchun muhimdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. https://orbita.uz/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=12&Itemid=80
2. https://uz.wikipedia.org/wiki/Yarimo'tkazgichli_kvant_nuqtalar
3. Kvant nazariyasi uchun 3 daqiqadan