

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS  
TA'LIM VAZIRLIGI**

**BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI  
Fizika –matematika fakulteti**

**“Fizika” kafedrası**

**5140200 - “Fizika” ta’lim yo’nalishi bo’yicha bakalavr darajasini olish uchun**

**Axmedova Shaxrinoz Furqatovnaning**

**“XXI asrda fizika taraqqiyoti tahlili”.**

**BITIRUV MALAKAVIY ISHI**

**“Ish ko’rildi va himoyaga  
ruxsat berildi”**

**Kafedra mudiri \_\_\_\_\_ f-m.f.n. B.E.Niyazxanova**

**“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2018 y.**

**Ilmiy rahbar: \_\_\_\_\_ katta o’qituvchi**

**N.K.Nosirova “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2018 y.**

**Taqrizchi: \_\_\_\_\_ Bux TU**

**prof S.X.Umarov**

**“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2018 y.**

**“Himoya qilishga ruxsat berildi”**

**Fakultet dekani \_\_\_\_\_ prof. SH.M. Mirzayev**

**“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2018 y.**

**Buxoro-2018y.**

## Mundarija.

<b>Kirish.....</b>	<b>3</b>
<b>I bob. Astrofizika sohasidagi yangiliklar.....</b>	<b>7</b>
1.1. Materiyaning yangi shakllari: Qorong'i modda va qorong'i energiya.....	7
1.2. Gravitatsion to'lqinlar.....	8
1.3. Yulduzlarning so'nishi va kompakt obyektlarning paydo bo'lishi.....	14
Xulosa.....	22
<b>II bob. XXI asr fizikasining ustuvor yo'nalishlari.....</b>	<b>23</b>
2.1. Elementar zarralar to'g'risidagi Standart model.....	23
2.2. Nanotexnologiyalar sohasidagi yangiliklar.....	29
2.3. Kapilyar effektlar va nanotrubkalar ni to'ldirish.....	33
2.4. Uglerodli nanotrubkalar asosidagi qurilmalar.Nanotexnologiyalar asosida kompyuter xotirasi.....	36
2.5. Nanotexnologiyalar sohasida erishilgan yangiliklar.....	54
Xulosa.....	62
<b>Xotima.....</b>	<b>64</b>
<b>Foydalanilgan adabiyotlar.....</b>	<b>66</b>

## **Kirish**

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2016-yil 8-oktabrdagi F-4724-son farmoyishi bilan tashkil qilingan Ishchi guruh tomonidan oliy ta’lim tizimidagi holatni o‘rganish natijalariga ko‘ra, bir qator oliy ta’lim muassasalarida hali ham ilmiy-pedagogik salohiyatning pastligi, ta’lim jarayonlarini axborot-uslubiy va o‘quv adabiyotlari bilan ta’minlash zamonaviy talablarga javob bermasligi, ularning moddiy-texnika bazasini tizimli yangilashga ehtiyoj mavjudligi aniqlandi.

Oliy ta’lim tizimida o‘z yo‘nalishlari bo‘yicha dunyoning yetakchi ilmiy-ta’lim muassasalari bilan yaqin hamkorlik aloqalari o‘rnatish, o‘quv jarayoniga ilg‘or xorijiy tajribalarini joriy etish, ayniqsa, istiqbolli pedagog va ilmiy kadrlarni xorijning yetakchi ilmiy-ta’lim muassasalarida stajirovkadan o‘tkazish va malakasini oshirish borasidagi ishlar yetarli darajada olib borilmayapti.

Oliy ta’lim tizimini tubdan takomillashtirish, mamlakatni ijtimoiy-iqtisodiy rivojlantirishning ustuvor vazifalaridan kelib chiqqan holda, kadrlar tayyorlash mazmunini tubdan qayta ko‘rish, xalqaro standartlar darajasiga mos oliy ma’lumotli mutaxassislar tayyorlash uchun zarur sharoitlar yaratilishini ta’minlash maqsadida:

Oliy ta’lim tizimini kelgusida yanada takomillashtirish va kompleks rivojlantirish bo‘yicha eng muhim vazifalar etib quyidagilar belgilansin:

Har bir oliy ta’lim muassasasi jahonning yetakchi ilmiy-ta’lim muassasalari bilan yaqin hamkorlik aloqalari o‘rnatish, o‘quv jarayoniga xalqaro ta’lim standartlariga asoslangan ilg‘or pedagogik texnologiyalar, o‘quv dasturlari va o‘quv-uslubiy materiallarini keng joriy qilish, o‘quv-pedagogik faoliyatga, master-klasslar o‘tkazishga, malaka oshirish kurslariga xorijiy hamkor ta’lim muassasalaridan yuqori malakali o‘qituvchilar va olimlarni faol jalb qilish,

ularning ba'zasida tizimli asosda respublikamiz oliy ta'lim muassasalari magistrant, yosh o'qituvchi va ilmiy xodimlarining stajirovka o'tashlarini, professor o'qituvchilarni qayta tayyorlash va malakasini oshirishni tashkil qilish;

Oliy ma'lumotli mutaxassislar tayyorlashning maqsadli parametrlarini shakllantirish, oliy ta'lim muassasalarida o'qitish yo'nalishlari va mutaxassisliklarini istiqbolda mintaqalar va iqtisodiyot tarmoqlarini kompleks rivojlantirish, amalga oshirilayotgan hududiy va tarmoq dasturlarining talablarini inobatga olgan holda optimallashtirish;

Ta'lim jarayonini, oliy ta'limning o'quv reja va dasturlarini yangi pedagogik texnologiyalar va o'qitish usullarini keng joriy etish, magistratura ilmiy-ta'lim jarayonini sifat jihatidan yangilash va zamonaviy tashkiliy shakllarni joriy etish asosida yanada takomillashtirish;

Yangi avlod o'quv adabiyotlarini yaratish va ularni oliy ta'lim muassasalarining ta'lim jarayoniga keng tatbiq etish, oliy ta'lim muassasalarini zamonaviy o'quv, o'quv-metodik va ilmiy adabiyotlar bilan ta'minlash, shu jumladan, eng yangi xorijiy adabiyotlar sotib olish va tarjima qilish, axborot-resurs markazlari fondlarini muntazam yangilab borish; pedagog kadrlarning kasb mahorati sifati va saviyasini uzluksiz yuksaltirish, xorijda pedagog va ilmiy xodimlarning malakasini oshirish va stajirovkasini o'tkazish, oliy ta'lim muassasalari bitiruvchilarini PhD va magistratura dasturlari bo'yicha o'qitish, oliy ta'lim muassasalari va qayta tayyorlash va malaka oshirish markazlari o'quv jarayonlariga yuqori malakali xorijiy olimlar, o'qituvchi va mutaxassislarni keng jalb qilish; oliy ta'lim muassasalari ilmiy salohiyatini mustahkamlash, oliy ta'limda ilm-fanni yanada rivojlantirish, uning akademik ilm-fan bilan integratsiyalashuvini kuchaytirish, oliy ta'lim muassasalari professor-o'qituvchilarining ilmiy-tadqiqot faoliyati samaradorligi va natijadorligini oshirish, iqtidorli talaba-yoshlarni ilmiy faoliyat bilan shug'ullanishga keng jalb etish;

Oliy ta'limning ma'naviy-ahloqiy mazmunini oshirish, talaba-yoshlarga mustaqillik g'oyalariga, yuksak ma'naviyat va insoniylikning milliy an'analariga sodiqlik ruhini chuqur singdirish, ularda yot g'oya va mafkuralarga nisbatan

immunitet va tanqidiy tafakkurni mustahkamlash bo'yicha keng ko'lamli ma'rifiy va tarbiyaviy ishlarni olib borish;

Oliy ta'lim muassasalari moddiy-texnika bazasini o'quv va ilmiy-laboratoriya bino va korpuslari, sport inshootlari, ijtimoiy-muhandislik infratuzilmasi ob'ektlarini qurish, rekonstruksiya qilish va kapital ta'mirlash, oliy ta'lim ilm-fanining ustuvor yo'nalishlari bo'yicha o'quv-ilmiy laboratoriyalarini zamonaviy asbob va uskunalar bilan jihozlash orqali yanada mustahkamlash;

Oliy ta'lim muassasalarini zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari vositalari bilan jihozlash, oliy ta'lim muassasalari talabalari, o'qituvchilari va yosh tadqiqotchilarining jahon ta'lim resurslari, zamonaviy ilmiy adabiyotlarning elektron kataloglari va ma'lumotlar bazalariga kirish imkoniyatlarini kengaytirish.

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Sh.M.Mirziyoyev

**Bitiruv malakaviy ishining dolzarbligi:** Koinotda ba'zi-bir jarayonlar paytida elektromagnit to'lqinlardan tashqari ko'plab neytrinolar paydo bo'ladi. XXI asr boshlariga kelib neytrino astronomiyasi yuzaga kelganligi tan qilindi.

2015-yilning kuzida biz astronomiyaning yana bir yangi yo'nalishi, gravitatsion to'lqinlar astronomiyasining paydo bo'lishini guvohi bo'ldik. 2016-yilning 11- fevralida AQSh Milliy ilmiy fondi (National Science Foundation – NSF) tomonidan gravitatsion to'lqinlarning ilk bora tajribada qayd etilgani e'lon qilindi. Ushbu kashfiyot olamshumul kashfiyot bo'lib, zamonaviy astrofizikada yangi ilmiy yo'nalishlarni ochadi.

**Predmet va ob'ekti:** Astrofizik ob'ektlar, gravitatsion to'lqinlar, Standart model, Xiggs bozoni, nanotrubkalar, nanoob'ektlar.

**Ishning maqsadi va vazifalari:** XXI asrda fizika fanining rivojini tahlil qilish. Gravitatsion to'lqinlarning ochilishi va bu yangilikning maydon nazariyasi va Standart model bilan bog'liqligini o'rganish.

**Tadqiqot usuli va uslubi:** Gravitatsion to'lqinlar, astrofizik ob'ektlar, qora tuynuklar, qora mini teshiklar, nanostrukturali ob'ektlar.

**Ilmiy yangiliklar:** XXI asrda fizika va astrofizika sohasidagi erishilgan yangiliklar tahlil etilgan. Shu bilan bir qatorda nanoob'ektlar, nanotexnologiyalar sohasida erishilgan yutuqlar tahlili keltirilgan.

## **I BOB. ASTROFIZIKA SOHASIDAGI YANGILIKLAR.**

### **1.1.Materiyaning yangi shakllari: qorong'i modda va qorong'i energiya.**

XXI asrda kosmologiyada revolyutsion kashfiyotlar ro'y berdi. Aniqlanishicha, Koinotdagi o'zidan elektromagnit nurlanish tarqatuvchi (barion moddalar) koinotning bor yo'g'i 4% igina tashkil etarkan. Koinotning 21% ini hozirda qorong'i modda deb nomlanuvchi va o'zini faqat gravitatsion o'zaro ta'sirlarda namoyon etuvchi noma'lum modda tashkil etarkan. Ushbu modda galaktikalardagi yulduzlarning galaktika markazi atrofida aylanish chiziqli tezligini tadqiq etish natijasida aniqlangan. Qorong'i modda bo'lmagan modellar yulduzlar harakati Kepler qonuniga ko'ra galaktika markazidan uzoqlashgan sari ularning chiziqli tezligi kamayib borishi kerak bo'lgan. Kuzatuvlar esa galaktikadan uzoqlashgan sari yulduzlarning chiziqli tezligi kamaymay balki asta sekin ortib borishi kuzatildi. Bu galaktikalarda ko'zga ko'rinmaydigan (ya'ni o'zidan elektromagnit nurlanish tarqatmaydigan) massiv moddaning mavjudligini tasdiqlaydi. Ushbu kashfiyot gravitatsion linza effekti deb nomlanuvchi elektromagnit nurlarning gravitatsion maydonda yo'nalishidan og'ishiga asoslangan kuzatuvlarda ham mustaqil ravishda o'z tasdig'ini topdi.

Koinotning asosiy 75% qismi esa hozirda qorong'i energiya deb nomlanuvchi materiyaning yangi shaklidan tashkil topgan. Materiyaning yangi ochilgan shakli o'zining antigravitatsion ta'siri bilan diqqatga sazovordir. Ya'ni ushbu qorong'i energiyaning hisobiga bir-biridan uzoqda joylashgan galaktikalar va galaktikalar to'plami o'zaro bir-biridan itarisharkan. Ushbu tipdagi

energiyaning tabiatda mavjudligi uzoqda joylashgan galaktikalarning bizdan uzoqlashish tezligini aniqlash bo'yicha olib borilgan kuzatuv ishlari natijasida aniqlandi. Aniqlanishicha, bizdan qandaydir masofada joylashgan galaktikalar Xabbl qonuni bo'yicha aniqlanadigan tezlik bilan emas balki, undan kattaroq tezlik bilan bizdan uzoqlashmoqda ekan. Ushbu kuzatuvlar relikt nurlarini aniqlash bo'yicha o'tkazilgan kuzatuv natijalari yordamida ham tasdiqlandi. Shunday qilib, bir necha mustaqil kuzatuv va tajriba natijalari tabiatda qorong'i energiyaning mavjudligini tasdiqladi.

Tabiatda qorong'i modda va qorong'i energiyaning mavjudligining aniqlanishi fundamental – revolyutsion kashfiyotlar bo'lib, ularning tabiatini va xususiyatlarini o'rganish – zamonaviy astrofizikaning hozirgi paytdagi dolzarb muammolaridan biri hisoblanadi.

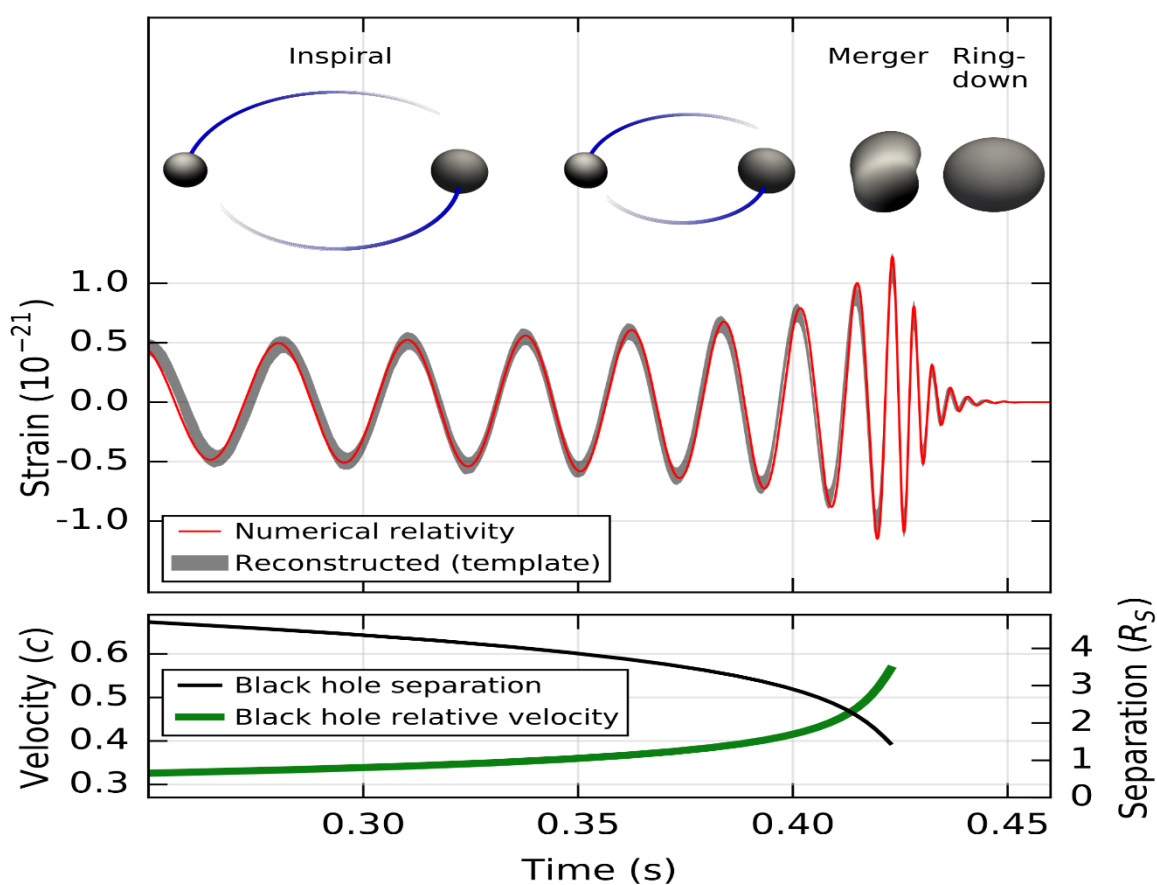
## **1.2. Gravitatsion to'lqinlar.**

XX asrga qadar astronomlar osmon jismlarini faqatgina yorug'likning ko'rinma (inson ko'zi bilan ko'ra oladigan) nurlaridagina kuzatish bilan chegaralanar edilar. XX asrga kelib texnika rivoji natijasida astronomlarning imkoniyatlari jadallik bilan ortdi. Osmonni radiodiapazonda kuzatish (hamda eshitish) imkoniyati paydo bo'ldi (radioastronomiya). Ma'lumki, Yer atmosferasi hayot uchun xavfli bo'lgan ultrabinafsha, rentgen va gamma nurlanishlarni yutib qoladi. Biroq osmon jismlarini elektromagnit nurlanishning bunday to'lqin uzunliklarida kuzatish ularning tabiati haqida ko'plab yangi ma'lumotlarni berishi mumkin. Bunday imkoniyat o'tgan asrning 70-yillarida paydo bo'ldi, o'shanda astronomik uskunalarni avval raketalariga, so'ng sun'iy yo'ldoshlarga, so'ng esa sayyoralararo kosmik apparatlarga o'rnatila boshlandi. Shunday qilib, astronomlar osmon jismlarni elektromagnit spektrining barcha sohalarida kuzatish imkoniga ega bo'ldilar. Oddiy qilib aytganda astronomlar Koinotni barcha to'lqin uzunliklarida kuzata boshladilar.

Koinotda ba'zi-bir jarayonlar paytida (masalan, yulduzlar ichidagi yadroviy reaksiyalarda yoki o'ta yangi yulduzlar paydo bo'lishi paytlarida) elektromagnit

to'liqlardan tashqari ko'plab neytrinolar paydo bo'ladi. XXI asr boshlariga kelib neytrino astronomiyasi yuzaga kelganligi konstatatsiya qilindi.

2015-yilning kuzida biz astronomiyaning yana bir yangi yo'nalishi, gravitatsion to'liqlar astronomiyasining paydo bo'lishini guvohi bo'ldik. 2016 yilning 11- fevralida AQSh Milliy ilmiy fondi (National Science Foundation – NSF) tomonidan gravitatsion to'liqlarning ilk bora tajribada qayd etilgani e'lon qilindi. Ushbu kashfiyot olamshumul kashfiyot bo'lib, zamonaviy astrofizikada yangi ilmiy yo'nalishlarni ochadi.



1.2.1-rasm. Ikkita qora tuynuklarning qo'shilishi natijasida tarqalgan gravitatsion to'liqlarning qayd etilishi.

Gravitatsion to'liqlar mavjud bo'lishi nazariy jihatdan Albert Eynshteyn tomonidan umumiy nisbiylik nazariyasini yaratganidan so'ng 1916 yildayoq aytilgan edi. Oradan 100 yil o'tib, gravitatsion to'liqlar kashf etildi. AQSh dagi gravitatsion to'liqlarni qayd etuvchi LIGO – observatoriyasi tomonidan 2015



yilning 14 sentyabrida ikkita qora tuynuklarning birlashishi natijasida yangi bitta Qora tuynukning paydo bo'lishi natijasida ajralib chiqqan gravitatsion to'lqinlarni qayd etdi. Gravitatsion to'lqinlar tabiatan kichik intensivlikka ega bo'lib, ularning intensivligi gravitatsion to'lqin manbasining massasiga to'g'ri proporsionaldir. Qora tuynuklar massalari etarlicha katta bo'lganligi tufayli ulardan kelayotgan gravitatsion to'lqinning intensivligi tajriba qurilmalari aniqligi intervalida bo'ldi.

Gravitatsion to'lqinlar yorug'lik tezligida tarqaluvchi, fazodagi massiv ob'ektlarning o'zgaruvchan tezlanishi natijasida fazoda paydo bo'luvchi yuguruvchi tebranishlardir. Ikkinchi tarafdin esa gravitatsion o'zaro ta'sir juda ham kuchsiz (tabiatdagi boshqa mavjud o'zaro ta'sirlarga nisbatan), uning ustiga kvadrupol xarakterga ega bo'lgan gravitatsion to'lqinlar amplitudasi kichik bo'lgani uchun ularning mavjudligini tajribada tasdiqlash uzoq yillar davomida imkonsiz vazifa bo'lib kelgan.

1974 yili Rassel Xals va Djozef Teylor tomonidan PSR B1913+16 qo'shaloq neytron yulduzidan iborat tizimni kuzatuv natijasida gravitatsion to'lqinlarning mavjudligining bilvosita tasdig'i olindi va 1993 yilda ushbu olimlar fizika bo'yicha Nobel mukofotiga sazovor bo'ldilar. Yulduzlarning bir-birining atrofida aylanishi natijasida ular gravitatsion to'lqinlar tarqatishadi va buning natijasida ularning xarakat kinetik energiyasi kamayib boradi. Yulduzlar energiyalarining kamayishi ularning xarakat orbitalari radiuslarining kamayishiga, bu esa o'z navbatida aylanish davrlarining kamayishiga olib keladi. Umumiy nisbiylik nazariyasi tomonidan qilingan ushbu hisob-kitoblar kuzatuv natijalari bilan mos keldi.

Gravitatsion to'lqinlarni bevosita qayd etish masalasi 1960 yillarda Djozef Veber tajribalari va undan keyin Veber tomonidan taklif etilgan hamda takomillashtirib borilgan gravitatsion to'lqinlar rezonans detektorlari yordamida qayd etishga urinishlari bilan bog'liq. Ushbu detektorlarning ishlash printsiplari gravitatsion to'lqinlarning katta – taxminan bir metrlik odatda alyumin silindr bo'ylab o'tishida uning siqilishi va kengayishi natijasida unda tebranishlarni vujudga kelishi va ushbu silindr qo'ng'iroq singari “jaranglay” boshlab, ularni qayd etish imkoni paydo bo'lishiga asoslangan.

Gravitatsion to'liqlar detektorlarining keyingi avlodi esa Maykelson interferometrlarini ishlatishga asoslangan. Ushbu asboblarning ishlash printsiplari gravitatsion to'liq interferometrning yelkalarini orasida yorug'lik yo'llarining farqini katta aniqlik bilan o'lchashga asoslangan. Hozirgi paytda o'lchash aniqligi yuqori bo'lgan gravitatsion to'liq interferometrlari AQSh da joylashgan LIGO observatoriyasi (yelkalarining uzunliklari 4 km dan bo'lgan ikkita interferometr) va Yevropadagi VIRGO (yelkasining uzunligi 3 km ga teng bo'lgan interferometr) observatoriyalari bo'lib, ushbu observatoriyalar o'zaro hamkorlikda ishlashadi.

Ikkita qora o'raning qo'shilishi natijasida ajralib chiqqan amplitudasi 10-21 bo'lgan gravitatsion to'liqlar 2015 yilning 14 sentyabrida LIGO observatoriyasida dastavval Livingstondagi, so'ngra 7 millisekunddan so'ng Xenforddagi interferometrlar yordamida qayd etilgan. Bunda o'lchash mumkin bo'lgan signalning davomiyligi bor yo'g'i 0.2 sekund bo'lgan ushbu hodisaga GW150914 raqami berildi (bunda hodisaning sanasi — YYOOKK shaklida yozilgan).

Ushbu hamkorlikda ishlayotgan olimlar qayd etilgan signalni qayta ishlash 2015 yilning 18 sentyabrdan 5 oktyabrgacha davom etgan. Bu paytga kelib ilmiy jamiyatda olamshumul kashfiyot haqida gap so'zlar tarqala boshladi. Aynan shu paytda Astronomiya institutining katta ilmiy xodimi Ahmadjon Abdujabbarov ilmiy safar bilan Germaniyaning Frankfurt universitetining Nazariy fizika institutida edi va ushbu olamshumul kashfiyotning xorijiy olimlar orasida muhokamasida qatnashish baxtiga muyassar bo'ldi. Shunday qilib, O'zbekistonlik olimlar ham ushbu olamshumul yangilikdan xabardor bo'lgan kam sonli mutaxassislar qatorida bo'lib qoldi.

2016-yilning 11-fevralida xalqaro LIGO ilmiy hamkorligidagi mutaxassislar Vashingtonda maxsus matbuot anjumanida gravitatsion to'liqlari haqiqatda mavjudligi va qayd etilganini e'lon qilishdi (Ma'lumot uchun, 1887 yilda Gertsga o'zi tomonidan mavjudligi aytilgan elektromagnit to'liqlarini qayd etish uchun bir yil yetarli bo'lgan). Qayd etilgan signalning shakli umumiy nisbiylik nazariyasi doirasida qilingan ikkita massasi mos ravishda 36 va 29 Quyosh massasiga teng bo'lgan qora o'ralarning qo'shilishida chiqadigan gravitatsion to'liqning shakli

bilan mos keldi. Natijada hosil bo'lgan qora o'raning massasi esa 62 Quyosh massasiga teng ekan. 0,43 sekunda ajralib chiqqan gravitatsion to'lqinning energiyasi 3 Quyosh massasiga teng bo'lgan energiyaga teng ekan. Solishtirish uchun bizning Quyoshimiz 10 milliard yil davomida o'zining massasining mingdan bir qismini nurlanish energiyasi tariqasida yo'qotadi. Ushbu GW150914 ob'ektigacha bo'lgan masofa esa taxminan 1,3 mlrd yorug'lik yiliga yoki 41 megaparsekka teng.

Signal manbasining joylashganlik yo'nalishi detektorlarda signalning o'tish vaqtlari farqi bilan aniqlanadi. Ikkita detektor mavjud bo'lganda esa, ushbu vaqtlar farqi faqat detektorlarni tutashtiruvchi to'g'ri chiziq va manbagacha bo'lgan yo'nalish orasidagi burchaknigina aniqlash imkonini beradi. Yulduz osmoni xaritasida gravitatsion to'lqinning joylashgan sohasi ingichka halqa ko'rinishida bo'ladi. Ushbu halqaning ingichkaligi o'lchash natijalarining aniqligiga bog'liq – qanchalik aniq o'lchashlar olib borilsa, shunchalik halqa ingichkalashib boraveradi. GW150914 ob'ektidan kelayotgan signalning kechikishi 6,900,570,4 ms ga teng va bu manba joylashgan soha yulduzlar osmon xaritasida maydoni 140 kv. gradus yoki 590 kv. gradusga teng yarim oy shaklida ekanligi aniqlandi va bu uning optik va rentgen nurlar diapazonida kuzatish imkoni yo'qligini bildirdi.

LIGO dagi keyingi kuzatuvlar endi VIRGO (keyinchalik aniqligi yanada yuqoriroq bo'lgan Yaponiyaning KAGRA) observatoriyasi bilan hamkorlikda 2016 yilning avgust oyidan boshlab o'tkazilishi rejalashtirilgan. Gravitatsion to'lqinlarni qayd etishda yana bitta interferometrning qatnashishi gravitatsion to'lqinlarning qutblanishini aniqlash va manba joylashgan sohaning kichiklashtirish imkonini beradi. Uchta bitta to'g'ri chiziqda joylashmagan detektorning mavjudligi manbaning joylashgan koordinatasini aniqlash va ushbu manbani O'zRFA Astronomiya instituti va LIGO observatoriyasi bilan hamkorlik doirasida Maydanak baland tog' observatoriyasida optik diapazonda kuzatuv olib borish imkoniyatini ochib beradi. Bundan tashqari, LIGO observatoriyasi yordamida gravitatsion to'lqinlarni qayd etish orqali aniqlanishi kutilayotgan neytron yulduzlarning qo'shilishi hodisasi natijasida keng diapazonda kuchli

elektromagnit to'liqlar ham tarqalishi mumkin. Ushbu holatda turli astronomik hodisalarni turli uzunlikdagi elektromagnit to'liqlar yordamida kuzatish va gravitatsion to'liqlar yordamida ushbu hodisalar haqida to'laroq ma'lumot olish mumkin bo'ladi.

Ma'lumki, osmonni turli diapazondagi elektromagnit to'liqlar yordamida o'rganish koinot haqida yangi ma'lumotlar olish imkonini beradi. XX asrgacha ko'p asrlardan beri astronomlar faqat optik diapazonda kuzatuvlar olib borilgan. Biroq XX asrga kelib koinotni o'rganish rentgen nurlar, radioto'liqlar, ultrabinafsha va gamma nurlar yordamida kuzatuvlar olib borish imkonini beruvchi teleskoplar orqali ham amalga oshirila boshladi. XXI asrda esa gravitatsion to'liqlarni qayd etish yangi gravitatsion to'liq astronomiyasini yaratilishi va rivojlanishi bilan bog'liq bo'ladi. Ushbu yangi soha yordamida turli kompakt gravitatsion ob'ektlar – qora o'ralar, neytron yulduzlar va boshqa ob'ektlar tabiati, ichki tuzilishi haqida to'laroq ma'lumot olish mumkin bo'ladi.

### **1.3. Yulduzlarning so'nishi va kompakt ob'ektlarning paydo bo'lishi**

Qora tuynuklar – bu fazo-vaqtning shunday sohasiki, kuchli gravitatsion maydon hisobiga u yerni hatto yorug'lik tezligida harakatlanuvchi zarralar, shuningdek yorug'lik kvantlari ham tark eta olmaydilar. Ushbu sohaning chegarasi hodisalar gorizonti deb ataladi, uning o'lchami esa gravitatsion radius deyiladi. Eng sodda holda – sferik-simmetrik qora tuynuklar uchun ushbu o'lcham Shvartsschild radiusiga teng. Nazariy jihatdan bunday ob'ektlarning mavjudligi Eynshteyn tenglamalarining ba'zi aniq yechimlari tomonidan kelib chiqadi. Bunday yechimlarning birinchisi Karl Shvartsschild tomonidan 1915 yili topilgan.

Zamonaviy fan bizga so'nuvchi massiv yulduzlar bilan bog'liq ko'pgina hayratomus hodisalarni tanishtiradi. Ularni million yillar davomida saqlab kelgan yonilg'isining yetarli bo'lmay qolishi bilan yulduz ortiq muvozanat holatini saqlab qola olmaydi va o'z og'irligi ta'sirida markazi tomon siqiladi, ya'ni kollapsga uchraydi. Inson hayotiga o'xshab yulduzlar ham o'zining yashash sikliga ega. Ular

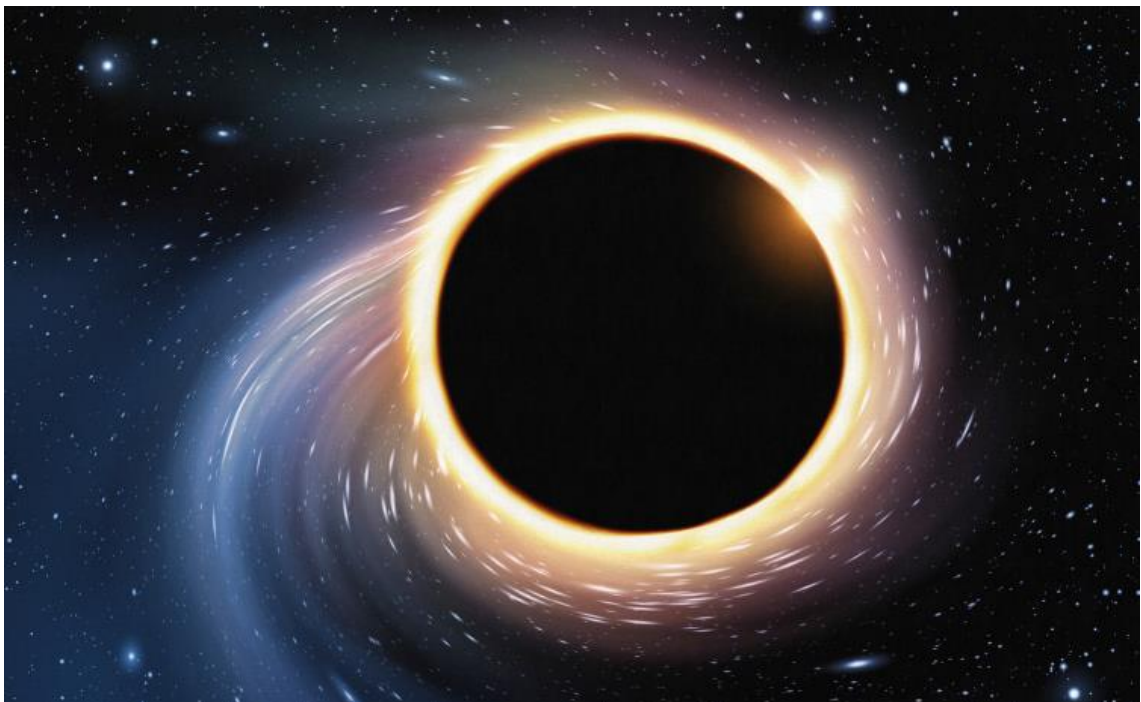
chang bulutlarida tug'iladi, o'sadi va million yillar yorug'lik sohib parlanadi va o'ladi. Yulduz o'zining dastlabki bosqichlarida hosil bo'lgan vodoroddan, keyin bosqichlarda geliydan va nihoyat og'ir elemenlardan iborat ichki yonilg'isi hisobiga yorug'lik sochadi. Har bir yulduz o'zining markazga tortuvchi gravitatsiyasi va unga qarama-qarshi yo'nalishlardagi ichki bosim kuchlari bilan muvozanatga ega. Bu muvozanat yonilg'i temirga aylanadigan vaqtgacha saqlanadi. Gravitatsiya bosim kuchlaridan kattalashadi va yulduz siqila boshlaydi.

Ma'lumki, yulduz energiya zahirasi juda katta bo'lishiga qaramay bu energiya vaqt o'tishi bilan bosqichma-bosqich yaroqsizlashib boradi. Yulduzlar xuddi insonlarga o'xshab yashaydi, qariydi va o'ladi. Ularning yashash vaqti paydo bo'lganidan to yadro yonilg'i resurslari yulduz bo'lib nur sohib turishiga yetarli bo'lmay qolishigacha bo'lgan vaqtdir. Bu vaqt har bir yulduzning massasiga bog'liqdir. Xususan, eng yaqin yulduz bu 5 milliard yillardan beri yadro sintezi jarayoni hisobiga hozirda o'zining aktiv bosqichida bo'lgan Quyoshdir va uning yonilg'i zahirasi yana 5 milliard yilga yetadi. Quyosh o'z yonilg'isini sarflab tugatayotgan bosqichda o'zining gravitatsiyasi hisobidan Yer sayyorasi o'lchamidan katta bo'lmagan o'lchamgacha siqiladi. Bunda u hosil bo'lgan elektron gaz bosimi bilan muvozanatlashgandan so'ng siqilishdan to'xtab oq mittiga aylanadi. Massasi Quyosh massasidan 3-5 marta katta bo'lgan Yulduzlar o'z umrini boshqacha neytron yulduzlarga aylangan holda yakunlaydi, bunda gravitatsiya shunday kuchliki elektronlarni atom yadrosiga joylashtiradi. Endi ichki bosim kuchi elektron gaz bosimi emas balki neytronlar bosimi hisobiga gravitatsiya kuchlarini muvozanatlaydi va 10 km gacha siqilib boradi.

Yanada og'irroq va ko'proq vodorod yonilg'i zahirasi ega bo'lgan yulduzlar kuchli gravitatsiya kuchlari ta'siri ostida tez yonadi va yashash vaqti ham qisqa bo'ladi. Massasi jihatdan yirik bo'lgan yulduzlar tom ma'noda bir necha million yil davomida "yonib turadi", mayda yulduzlar esa yuzlab milliard yillar davomida "yashaydi". Shunday ekan, bu ma'noda bizning Quyosh "mustaxkam o'rta" likka kiradi.

Nazariy jihatdan yulduzlar dastlabki massalariga bog'liq holda uch xil ko'rinishda hayotini yakunlaydi:

1. Agar yulduz yadrosining dastlabki massasi Chandrasekar chegarasi deb ataladigan (taxminan) 1.4 Quyosh massasidan kichik bo'lsa qisqa vaqt qizil gigant holatidan keyin oq mittiga aylanadi. Oq mitti holida bir kecha million yillar yashab sovuq qora mittiga, ya'ni haqiqiy kosmik o'lik jism- yulduzning murdasiga aylanadi.
2. Agar yulduzning dastlabki massasi Chandrasekar chegarasidan oshib Volkov chegarasi deb ataladigan taxminan 2-3 Quyosh massasidan katta bo'lsa, yadro yonilg'isining asosiy qismi kamayishidan keyin elektron gazning bosimi qarshilik qila olmagach gravitatsiya kuchlari ta'siri ostida tashqi qatlami yulduzning markaziga tushadi. Buning natijasida yulduz hajmi 100000 marta kamayadi, uning o'rtacha zichligi shuncha marta ortadi, radiusi esa atigi 10 km atrofida bo'ladi. Deyarli shu bilan birgalikda yulduzning ustki qatlami portlash natijasida 10 000 km/s tartibidagi katta tezlik bilan har tomonga otilib ketadi. Bu hodisa markazida neytron yulduz hosil bo'lishi bilan yakunlanuvchi o'ta yangi yulduzning portlashidek kuzatiladi. Bu Xitoy va Yapon tarixida aytib o'tilgan 1054 yilda hozirda markazida neytron yulduz joylashgan Kraborid tumanligi o'rnida yorqin yulduz kabi yarqirab, ikki hafta davomida hattoki kunduzlari ham ko'rinish turgan.
3. Kollapsga uchrayotgan yulduzning massasi qandaydir kritik qiymatdan katta bo'lsa (3 Quyosh massasidan) gravitatsiya shunchalik katta bo'ladiki buni hech narsa to'xtata olmaydi. Gravitatsiya kuchlari yulduzni tashkil qiluvchi moddalarni shunday siqib boradiki bunda yulduz o'lchami eng kichik o'lchamgacha kichrayadi.



### 1.3.1-rasm. Qora tuynuklarning rasmlari.

Bu uchala kompakt ob'ektlar oddiy yulduzlardan ikkita fundamental belgi bilan farqlanadi. Birinchidan, yadro yonilg'isini sarflab ular gravitatsion kollapsga

termodinamik bosim hisobidan qarshilik ko'rsatadi. Oq mittilar gravitatsion kollapsiga elektron gaz bosimi bilan qarshilik qiladi, neytron yulduzlar- neytronlar bosimi bilan. Qora tuynuklar esa- o'zining gravitatsiya kuchlariga qarshilik qila olmasdan yagona bir nuqtagacha siqilib borgan. Uchala kompakt ob'ektlar Koinotning yoshi tartibidagi davrda turg'un ob'ektlar hisoblanadi. Ularni yulduzlarning eng oxirgi bosqichidagi ob'ekt deb hisoblash mumkin. Ikkinchi farqi- oddiy o'zlarining massasi tartibidagi yulduzlarning o'lchamlariga nisbatan ancha kichikligidir.

Bu uchala yulduzlarning oxirgi bosqichidagi ob'ektlardan eng birinchi bo'lib oq mittilar astronomik kuzatishlar natijasida topilgan. Oq mitti tajribada astronomlar bunday yulduz qanday qilib nur sochib turishini tushinishidan oldin topilgan. 1914 yili amerikalik astronom Adams osmonimizdagi eng yorqin yulduz bo'lgan Siriusning yo'ldoshi Sirius V ning spektrini analiz qilayotib yuqori haroratga - Sirius yulduzining haroratiga yaqin haroratga ega va massasi Quyosh massasi tartibida bo'lsa ham radiusi Yer radiusidan kichik degan xulosaga keladi.

Neytron yulduzlari tarixi esa aksincha, 1934 yil Baade va Svikki neytron yulduzlar –yuqori zichlikka, kichik radiusga va boshqa oddiy yulduzlarga nisbatan kuchli gravitatsiyaga ega bo'lgan yulduzlar g'oyasini taklif qiladi. Neytron yulduzlar aslida astronomlar tomonidan kashf etilgunga qadar nazariyotchilar tomonidan bir asr oldin qalam uchida kashf qilingan. Ularning astronomik kuzatuvlarda topilishi bunchalik kechikishining sababi tez oradi to'liq tushinarli bo'ldi. Agar kosmik jismning radiusi 10km bo'lsa hattoki ungacha masofa eng yaqin yulduzgacha (Quyoshdan tashqari ) masofaga (10 yorug'lik yili) teng bo'lsa ham uni eng qudratli teleskop yordamida ham kuzatish mumkin emas. Va hattoki neytron yulduzgacha masofa mumkin qadar kichik bo'lsa ham! Bundan kelib chiqadiki neytron yulduzlarni optik usullar bilan kuzatishlar muvofaqqiyatga uchraydi.

Va birdan kutilmagan narsa sodir bo'ldi: neytron yulduzlari topildi. Ular tamoman qidirilmagan joydan, izlamagan odamlar tomonidan topildi. 1968 yil fevralida mashhur Nature ilmiy jurnali sahifalarida taniqli ingliz astronomi Xyush



va uning hamkasblari tomonidan pulsardarning kashf etilishiga bag'ishlangan maqola paydo bo'ladi. Astronomiyaning XX asrdagi eng buyuk kashfiyoti 1967 yil Kembridje Universiteti Mallard radioastronomik observatoriyasida Djosefin Bell tomonidan ochilgan tez aylanuvchi neytron yulduzlar-pulsarlarning kashf etilishi bo'lgan. Bu pulsarlar radio diapozonda o'rganilgan. Ularning ochilishi sharafiga Bell, Entoni Xyushlarga 1974 yil Nobel mukofoti berildi. Hozirgacha 2000 ga yaqin pulsarlar ma'lum, keyinchalik pulsarlar rentgen diapozonida va keyinroq faqat shu diapozonda ko'rinadigan gamma-pulsarlar ham aniqlandi.

Yulduzni shunday radiusgacha siqib boramizki, bunda undan fazoga yorug'lik tarqalmaydi. Bu radius Shvartsshild radiusi deyiladi. Quyosh uchun bu 3 km atrofida. Agar Quyosh ham 3 km va undan kichik o'lchamgacha siqilsa yorug'lik nurlari Quyosh tashqarisiga chiqa olmaydi. Qora tuynukga aylangan osmon jismlari Koinotda yo'qolib ketmaydi. U o'zi haqida tashqi olamga o'zining gravitatsiyasi hisobidangina ma'lumot berardi. Qora tuynuk yaqinidan o'tgan yorug'likni yutadi (u Shvartsshild radiusidan kichik masofalargacha yaqinlashsa) va yonidan o'tayotgan nurlarni sezilarli masofalargacha og'diradi.

O'ta og'ir yulduzlar oq mitti ham neytron yulduz ham bo'la olmaydi, chunki ularning ichki bosimlari gravitatsiyani kompensatsiya qilishga yetarli emas. Hattoki boshqacha ko'rinishdagi bosimlar kuchga kirgan taqdirda ham gravitatsion kollaps baribir qaytmas bo'lib qolaveradi. Gravitatsiya hal qiluvchi kuch bo'ladi, natijada yulduzning yakuniy holati (hodisalar gorizonti bilan o'ralgan singulyar nuqta) faqtgina Eynshteynning gravitatsiya nazariyasi yordamida yoritiladi. Shunday qilib, qora tuynuklar Koinotdagi jumboqli xususiyatga ega bo'lgan sirli ob'ektlardan biri. Ma'lumki, qora tuynuk fazo-vaqt sohasi deyiladi, gravitatsiya maydoni shunchalik kuchliki, hattoki yorug'lik ham bu sohani tashlab chiqib keta olmaydi. Bu jism o'lchami o'zining gravitatsion o'lchamidan kichik bo'lganda sodir bo'ladi. Gravitatsion radius Quyosh uchun 3 km, Yer uchun esa 9 km atrofida. A. Eynshteynning umumiy nisbiylik nazariyasi qora tuynuklarning ajabtovur xususiyati-qora tuynuk uchun muhim bo'lgan hodisalar gorizonti mavjudligini ko'rsatadi. Qora tuynuk hodisalar gorizonti ichkarisi tashqi

kuzatuvchiga ko'rinmaydi, hamma jarayonlar, hodisalar gorizonti tashqarisida sodir bo'ladi. Shu sababdan, hodisalar gorizontiga erkin tushayotgan fazogir ehtimol tamoman boshqa Koinotni va hattoki o'z kelajagini ham ko'rishi mumkin. Bu shuni bildiradiki, qora tuynuk ichkarisida fazo va vaqt koordinatalari o'z o'rnini almashtiradi va biz qora tuynuk ichida (hodisalar gorizonti ichkarisida ) fazo bo'yicha emas balki vaqt bo'yicha sayohat qilamiz.

Qora tuynuklarning bunday g'ayri oddiy xususiyati ko'pchilikka shunchaki fantastika bo'lib tuyiladi va ularning mavjudligiga shubha paydo bo'ladi. Ammo shuni ta'kidlash joizki, eng yangi kuzatuv ma'lumotlariga ko'ra qora tuynuklar haqiqatan ham mavjud. Masalan, XXI asr bo'sag'asida bizning galaktikamiz markazida o'ta og'ir, massasi 4 million Quyosh massasiga teng bo'lgan qora tuynuk mavjudligi topildi. Bu qora tuynuklar va ularning xususiyatlari izlanishidagi yangi bosqich keldi va yaqin kelajakda ushbu sohada ilmiy tadqiqotlar sezilarli darajada rivojlanishga erishishimizga olib kelishi kerak degani.

Shu o'rinda birinchi navbatda mashhur fizik, astrofizika va nazariy fizika sohasida ko'pgina yorqin ishlar muallifi, bir vaqtlar Isaak Nyuton va Pol Diraklar rahbarlik qilgan Kembridje Universiteti kafedrasida a'zosi Stiven Xokingni ta'kidlab o'tish joiz. Uning izlanishlarining asosiy ob'ekti bu qora tuynuklar fizikasidir. Uning asarlari orasida "Vaqtning qisqacha tarixi" kitobi eng sodda tilda fizikaning qiyin va dolzarb muammolarini hammaga tushinarli qilib yozilgan. Bu Xoking haqida hammasi emas. U juda og'ir kasal bo'lib uning hozirda faqatgina ikkita o'ng qo'l barmoqlari harakati saqlab qolingan va oxirgi 30 yil davomida gapirishdan ham mahrum bo'lgan. U atrofida bilan nutq sinezatori va kompyuter yordamida gaplashadi. Shunga qaramasdan, u foal va dohiyona ilmiy izlanishlar olib bormoqda.

1974-yilda Stiven Xoking qora tuynuklar atrofida vakuumdan zarralarning paydo bo'lishini ko'rib chiqadi. Uning hisoblashlari shuni ta'kidlaydiki aylanuvchi qora tuynuklar nurlanadi va bu qora tuynuk aylanishini sekinlashtiradi. Bu nurlanish spektri issiqlik nurlanishiga mos kelishini aytib o'tadi. Biroq natijalar yarim klassik usulda olingan, aslida gravitatsiya maydoni umumiy nisbiylik

nazariyasi tenglamalari bilan, qora tuynuk yaqinidagi vakuum kvantlangan maydon nazariyasi bilan yoritilishi kerak. Ko'pchilik olimlar Xoking ikkita nazariyani birlashtirib xatoga yo'l qo'ydi deb hisoblashadi. Uning qora tuynuklar uchun oldin qabul qilingan barcha qonunlarni buzadi. Keyinroq esa Xoking haq bo'lib chiqadi va uning natijalari egrilangan vaqt-fazosidagi kvantlangan maydonlarning qonunlari ko'rinishida rasman qabul qilindi. Shu sababdan gravitatsion, elektromagnit va boshqa turdagi nurlanishlarni kvantlangan maydonlar deb qaraladi. Boshqacha so'z bilan aytganda to'lqinlar qanchalik kvant mexanikasi tenglamalari bilan yoritilmasin, ular o'zini bir vaqtning o'zida ham to'lqin ham zarradek tutadi.

Shuningdek, Xoking hisob-kitoblari qora tuynuklarning nurlanishini ham ko'rsatadi. Portlashdan xosil bo'lgan yangi ob'ekt juda kichik haroratga ega bo'ladi ( $3 \cdot 10^{-8}$  K dan kichik). Qora tuynukning siqilishi uchun esa 1067 yildan ko'proq vaqt kerak bo'ladi. Siqilish natijasida uning harorati oshib boradi, nurlanishlar ham kuchayadi va "bug'lanishi" tezlashadi. Nihoyat massasi bir necha million tonnagacha kamayganida va uning hodisalar gorizonti radiusi atom yadrosi o'lchamiga teng bo'lib, u juda katta (yuzlab million K) haroratgacha qiziydi.

Xoking hisoblashlaridan yana shuni ko'rish mumkin: agar qora tuynuk to'liq nurlanib ketsa, uning holati to'g'risida ma'lumot uzoqdagi kuzatuvchi uchun butunlay yo'qoladi. Bu klassik nazariya doirasida to'g'ri. Boshqa tomondan qora tuynukning "bug'lanishi" hisobidan yo'qotilgan axborot kvant mexanikasining axborot mavjudligining to'g'risidagi unitarlik tamoyiliga zid va uni aniqlash qiyin. Faraz qilaylik, bizda ikkita o'ng qizil paypoq va chap ko'k paypoq bor. Agar biz chap ko'k paypoqni qora tuynukga tashlasak va kimdir o'ng qizil paypoqni juftisiz topib olsa va u o'ylaydiki chap qizil paypoqni qora tuynukga tashlagan deb taxmin qiladi ya'ni modomiki hech qanday axborot qora tuynukdan chiqib ketolmas ekan uzoqdagi kuzatuvchi uning ichida nima borligini bila olmaydi.

Shunday qilib, qora jismning nurlanishi uning ichki tuzilishi to'g'risida hech qanday axborot olib chiqmaydi, demak Xokingning kashfiyoti ham qora tuynukga tushib qolgan jism haqida biror narsa bilishimizga yordam bera olmaydi. Boshqa

so'z bilan aytganda, Xoking ta'kidlayotgan qora tuynukning nurlanishi uning ichki tuzilishi to'g'risida bizga ma'lumot bermaydi. Bu Xoking tomonidan kiritilgan axborotni yo'qolish paradoksi deyiladi. U shuni ta'kidlaydiki, bizning Koinotdan axborot yo'qolar ekan va boshqa joyda paydo bo'ladi. Lekin, kvant nazariyasiga binoan qora jismga yutilgan axborot to'la yo'qoladi.

Xulosa o'rnida shuni ta'kidlash joizki, qora tuynuklar– o'zida ko'plab sinoat yashirib kelayotgan Koinotning jumboqli ob'ektlaridir. Ko'pgina bahs va munozalarga sabab bo'layotgan ko'p sonli paradoks va muammolarga qaramasdan ishonch bilan aytish mumkinki, hozirda javobsiz qolayotgan savollar kelajakda o'z javobini topadi.

### **Xulosa.**

BMI ning I bobida Koinotning asosiy 75% qismini tashkil etuvchi qorong'i energiya va qorong'i materiya o'rganilgan bo'lib, quyidagi xulosalarga kelingan:

1.Qorong'i energiyaning hisobiga bir-biridan uzoqda joylashgan galaktikalar va galaktikalar to'plami o'zaro bir-biridan itarishadi.

2.Bizdan qandaydir masofada joylashgan galaktikalar Xabbl qonuni bo'yicha aniqlanadigan tezlik bilan emas, balki undan kattaroq tezlik bilan bizdan uzoqlashmoqda ekan.

BMI ning bu bobida gravitatsion to'lqinlar ham qaralgan bo'lib, 2016 yilning 11-fevralida xalqaro LIGO ilmiy hamkorligidagi mutaxassislar Vashingtonda maxsus matbuot anjumanida gravitatsion to'lqinlari haqiqatda mavjudligi va qayd etilganini e'lon qilinganligi keltirilgan. Gravitatsion to'lqinlar mavjudligining tajribada tasdiqlanishi maydon nazariyasining yangi talqinda ko'rish imkoniyatlarini ochadi.

## **II BOB. XXI ASR FIZIKASINING USTUVOR YO'NALISHLARI**

### **2.1. Elementar zarralar to'g'risidagi Standart model**

Bu nazariya bir necha postulatlarga asoslangan bo'lib, elementar zarralar olamidagi minglab jarayonlarni nazariy jihatdan bashorat qilib beradi. Ko'pchilik holatlarda bu bashoratlar tajribalar bilan tasdiqlanadi.

Standart model elementar zarralar olamidagi gipotetik tasavvurlardan haqiqatda ma'lum jarayonlarni ajratuvchi chegara. Tajribalarni asoslashda bu model bir necha muvafaqiyatlarga erishgan bo'lsada, Standart model elementar zarralar funksiyasida oxirgi nazariya emas. U qandaydir mikroolamni tasvirlovchi yanada chuqurroq nazariyaning bir qismi bo'lishi mumkin. Bu qanday nazariya ekanligi hozirgacha noma'lum. Nazoratchilar ko'plab nazariyalarini ilgari surdilar, ammo faqat tajribalargina bizning koinotda real jarayonlarda qanday hodisa kechganini aniqlab berishi mumkin. Fiziklar Standart modelga to'g'ri

kelmaydigan turli zarralar va effektlarni qidirmaydilar. Bu jarayonlarni ular umumiy holda “yangi fizika” deb atashmoqda.

Standart modelning asosi – kvant maydonlar nazariyasi bo`lib, u yorug`lik tezligiga yaqin tezliklarda kvant mexanikasini almashtiradi. Bunda kvant mexanikasidagi kabi zarrachalar, to`lqin emas, balki kvant maydonlar: elektron, myuon, elektromagnit va kvark maydonlar nazariyasining asosiy ob`ektini tashkil etadi.

Alohida ob`ekt sifatida keladigan zarrachalar ham vakuum ham va yanada murakkabroq hodisalarni ham maydonlarning turli holatlari sifatida qarash mumkin. Fiziklar zarracha so`zini ishlatganda, ular alohida maydonlarning holatini hisobga oladi.

Standart model quyidagilarni o`z ichiga oladi:

1. Materiyaning fundamental “element g`ishtchalari” bo`lmish oltita lepton va oltita kvarkni o`z ichiga oladi. Bu zarrachalarning barchasi fermionlar bo`lib, ularning spini  $1/2$  ga teng. Kuchli o`zaro ta`sirlarda ishtirok etuvchi kvarklarning turli kombinatsiyalaridan tashkil topgan.

**Leptonlar** - kuchli o`zaro ta`sirlarda ishtirok etmaydigan spini  $\frac{1}{2}$  ga teng bo`lgan elementar zarrachalar. 3 ta zaryadlangan lepton ma'lum:

1. Elektron  $e^-$
2. Myuon -  $\mu$
3.  $\tau$  – lepton

3 ta neytral lepton:

1. Elektron neytrino -  $\nu_e$
2. Myuon neytrino -  $\nu_\mu$
3. Tau-neytrino -  $\nu_\tau$

Bu zarrachalarning har biri mos antizarrachasiga ega  $e^+$  – pozitron,  $\mu^+$  va  $\tau^+$  va 3 ta antineytrino:  $\tilde{\nu}_e$ ,  $\tilde{\nu}_\mu$ ,  $\tilde{\nu}_\tau$ .

Elektromagnit o`zaro ta`sirlarda leptonlarning zaryadlangan juftlari tug`iladi:

$e^+e^-$ ,  $\mu^+\mu^-$ ,  $\tau^+\tau^-$ . Zaif parchalanishlarda har bir zaryadlangan lepton

“o’zining” antineytrinosi bilan tug’iladi:  $e^-\tilde{\nu}_e$ ,  $\mu^-\tilde{\nu}_\mu$ ,  $\tau^-\tilde{\nu}_\tau$

Myuon va  $\tau$  -lepton zaif o’zaro ta’sir natijasida parchalanadi. Elektron stabil. “Lepton” so’zi grekcha “Leptos” - mayda, tor (lepta -mayda grek tangasi)so’zidan olingan.

Maydon kvant nazariyasi - relyativistik kvant hodisalar nazariyasi. Maydon kvant nazariyasi boshqa fizik nazariyalardan fundamentalroq sanaladi. Norelyativistik kvant mexanika va relyativistik klassik maydon nazariyasi uning xususiy hollari sanaladi. Birinchisi yorug’lik tezligidan ancha kichik tezliklar uchun, ikkinchisi ta’sir kattaliklari  $\hbar$  dan ancha katta bo’lganda.

Barcha zarrachalar fizik maydonlarning xos kvantlaridir degan tushuncha maydon kvant nazariyasining asosida yotadi. Maydon kvant nazariyasi elementar zarrachalarning tug’ilishi, o’zaro ta’siri va yo’qolishini o’rganadi.

Kvant elektrodinamikasi, elektr zaif o’zaro ta’sirning standart modeli kvant xromodinamikasi, buyuk birlashish modeli asosida maydon kvant nazariyasining metodlari yotadi. Bu barcha nazariyalar maydon kvant nazariyasining alohida bo’limlaridir.

**Kvarklar** - adronlarni tashkil etuvchi spini  $\frac{1}{2}$  ga teng bo’lgan zarrachalar.

Oddiy barionlar 3 ta kvarkdan, oddiy mezonlar esa kvark va antikvarkdan tashkil topgan. 5 xil turkum kvarklar ma’lum: ulardan 3 tasi d,s,b -  $\frac{1}{3}$  elektr zaryadiga ega, 2 tasi U va zaryadiga ega. Bashorat qilinishicha 6-zaryadi  $+\frac{2}{3}$  ga teng t - kvark ham mavjud. Ammo hozircha t - kvark mavjudligi eksperimental asoslanmagan.

Kvant xromodinamikasiga asosan kvarklar orasidagi kuchli o’zaro ta’sirlar kvarklardagi spetsifik rang zaryadlarining bo’lishi bilan asoslangan. Turkumdagi har bir kvark 3 turli rangga: sariq, ko’k va qizilga ega bo’lishi mumkin. Bir rangdagi kvark boshqa rangdagi kvarkka o’tishi mumkin. Bu vaqtda kvark rangli glyuon chiqaradi. Kvarklar orasidagi o’zaro ta’sir glyuon almashinish bilan amalga

oshiriladi. Adronlarda kvarklar shunday rang holatlarida joylashadiki, adronning yig'indi rang zaryadi 0 ga teng. Shuning uchun adronlar haqida gapirganda ular rangsiz yoki oq deyiladi.

Kvant xromodinamikasi chegarasida konfaynment haqidagi gipotezaga asosan rangli zarrachalar (kvarklar, glyuonlar va ularning rangli kombinatsiyalari) erkin holatda mavjud bo'lishi mumkin emas. Shu bilan birga kvark va adronlarning mavjudligi tajribada tasdiqlangan. Birinchi marta kvarklarning mavjudli adronlarni klassifikatsiyalash natijasida bilvosita olingan. Keyinchalik, leptonlarning adronlar bilan chuqur noelastik o'zaro ta'sirlarida leptonlarning alohida kvarklar bilan to'qnashish qayd etilgan. Bu to'qnashuvlar adronlar ichida kechib, juda qisqa muddat davom etadi. Bu vaqtda kvark boshqa kvarklar bilan glyuon almashishga ulgurmaydi va xuddi erkin zarra kabi o'zaro ta'sirlashadi. Lepton va kvarkning to'qnashuvi qancha qisqa masofalarda ro'y bersa, kvark shunchalik erkin ko'rinadi. Bu xususiyat kvarklar leptonlar kabi haqiqiy elementar zarrachalar ekanligini ko'rsatadi. Kvarklar va xuddi shunday leptonlar elementar emas degan tushunchaga bu zarrachalar ichini yanada chuqurroq o'rgangandan keyin aytish mumkin.

“Kvark” atamasi 1964 yilda Gell - Mann tomonidan kiritilgan va Djejms Djoysning “Pominki po Finneganu” asaridan olingan. (Asar qahramonining tushida suv qushi “Usta Mark uchun 3 ta kvark deb baqiradi). Kvark-nemischadan tarjimada tvorog . U, d, S, c, b, t belgilashlar mos ravishda inglizcha so'zlarning bosh harflaridan olingan: up, down, strange, charm, battom (beauty), top (truth).

2. Fundamental fermionlar orasida uch xil turdagi kuchlar, ya'ni elektromagnit, zaif va kuchli o'zaro ta'sirlar mavjud. Zaif va elektromagnit o'zaro ta'sirlar elektrzaif o'zaro ta'sirning ikki jihatidir. Kuchli o'zaro ta'sir alohida turib, u kvark va adronlarni bog'laydi.

**Adronlar** - kuchli o'zaro ta'sirlarda ishtirok etuvchi zarrachalar. Butun spinga ega adronlar mezonlar, yarim butun spinga ega adronlar esa barionlar deyiladi. Bir necha yuz adronlar aniqlangan.

Ko'pchilik adronlar nostabil. Ular rezonanslar deyiladi. Ular kuchli o'zaro



ta'sir natijasida yanada yengil adronlarga parchalanadi.

Rezonanslarning yashash vaqti  $10^{-21}$  sek. dan kam.

Kvazistabil adronlar nisbatan ko'proq yashaydi. Ular kuchsiz va elektromagnit o'zaro ta'sir natijasida parchalanadi. Kvazistabil mezonlar parchalanishning oxirgi mahsuloti bo'lib, nisbatan yengil mezonlar, leptonlar va fotonlar xizmat qiladi. Agar parchalanayotgan mezonlar og'irroq bo'lsa, u holda "Barion + antibarion" juftligi hosil bo'ladi.

Eng yengil barionlar nuklonlar deyiladi. Bular proton va neytrondir. Og'irroq kvazistabil barionlarni giperonlar deb atashadi ( $\Lambda, \Sigma, \Omega, \Lambda_c$ ). Giperonlarning parchalanishi natijasida oxirgi mahsulot sifatida leptonlar, fotonlar, mezonlar va albatta nuklon hosil bo'ladi.

Atom yadrolari protonlar va neytronlardan tashkil topadi. Qolgan adronlar bizni o'rab olgan stabil modda tarkibiga kirmaydi. Ular yuqori energiyaga ega bo'lgan zarrachalarning to'qnashishi natijasida tug'iladi. Bunday zarrachalarning manbalari kosmik nurlar va tezlatkichlardir. Hozirgi zamon fizik qarashlarga asosan adronlar haqiqiy elementar zarrachalar emas. Ular kvarklardan tashkil topgan.

"Adron" so'zi grekcha "xadros" so'zidan olingan bo'lib, massiv (og'ir), katta, kuchli degan ma'nolarni anglatadi.

3. Barcha kuchlar kalibrovik prinsip asosida aniqlanadi. Ular nazariyaga asosan prinsip asosida aniqlanadi. Ular nazariyaga majburiy ravishda kiritilgan emas. Bu kuchlar ma'lum almashtirishlarga nisbatan simmetrik. Simmetriyaning alohida ko'rinishlari kuchli va elektrzaif o'zaro ta'sirlarni keltirib chiqaradi.

4. Nazariyada elektrzaif simmetriya bo'lsada bunday olamda u o'z-o'zidan buziladi. Elektrzaif simmetriyaning spontan buzilishi nazariyaning asosiy elementi bo'lib, simmetriya chegarasida bu buzilish Xiggs mexanizmi bo'yicha kechadi.

5. Yigirmaga yaqin o'zgarmaslar uchun miqdoriy qiymatlarning mavjudligi.

Bular fundamental fermionlarning massasi, o'zaro ta'sirlarini ifodalovchi konstantalar qiymatlari.

Standart model - qayta normallashtirilgan nazariya. Bu model barcha elementarlar shunday kiritiladiki barcha hisoblashlar yuqori aniqlikda bajariladi.



2.1.1-chizma. Standart modelga asosan fundamental zarrachalar sinflari.

Qo`shimcha hisoblashlar shunchalik murrakkablashadiki aniq qiymatga erishiladi. Qiyinchiliklar vujudga keladi. Ammo bu qiyinchiliklar kamchilik emas, balki matematik hisoblashlarning yangilroq usullari topilmaganligidadir.

Standart model ko`pgina savollarga javob bera olmaydi. Masalan: birgina zarralar soni aynan shuncha? O`zaro ta`sirlar qayerdan kelib chiqadi? Nima uchun tabiatga fermionlarning aynan uch avlodi kerak bo`lib qoldi? Bundan tashqari Standart model tabiatda kuzatiladigan ba'zi bir hodisalarni tushintirib bermaydi.

Masalan: Bu modelda neytrino massalariga qora materiyaga o`rin yo`q. Standart model gravitatsiyani hisobga olmaydi va energiyalarning Plank masshtabidagi tartibda bo`lganda qanday hodisalar bo`lishini tushintira olmaydi.

Standart modelni elementar zarrachalarning to`qnashuvi natijasini bilishda foydalansak, konkret jarayonga bog`liq ravishda turli hisoblashlarni amalga oshirish mumkin:

- Elektromagnit hodisalar uchun elektronlarning sochilishi, energetik sathlar uchun aniq milliarddan birgacha. Elektronning anomal magnit moment milliarddan bir ulushgacha aniqlikda hisoblangan.

- Ko'plab yuqori energetik jarayonlar o'ta katta aniqlikda o'lchanadi.

- Uncha katta bo'lmagan energiyalarda kuchli o'zaro ta'sirlarni hisoblashda qiyinchiliklar tug'iladi.

Ba'zi jarayonlarni ifodalashda qiyinchiliklarga duch kelish Standart model yaxshi model emas degan tushunchaga olib kelmasligi kerak. Faqat bu model o'ta murakkab va mavjud matematik alomat uni tushuntirishga ojizlik qiladi. Eng mashhur matematik masalalardan biri Konfayment masalasidir.

**Konfayment** (inglizcha confinement - turmaga qamash, harakat erkinligini cheklash) rangsiz adronlar ichida rangli kvark va glyuonlarni saqlab turish, uchib chiqmaslik, zanjirband etish.

Erkin kvarklarni qidirish bo'yicha tajribalar samarasizligidan konfayment haqidagi gipoteza ilgari surilgan.

Xiggs bozoni-elementar zarracha, Xiggs maydoni kvanti bo'lib, elementar zarrachalarning Standart modelida elektr zaif simmetriyaning spontan buzilishi natijasida hosil bo'ladi. Bu model chegarasida bozonlar kabi elementar zarrachalarning inert massasiga javob beradi. Xiggs maydoni vositasida zaif o'zaro ta'sirlarning tashuvchilari bo'lmish **W** va **Z** bozonlarning inert massasi mavjudligi va kuchli o'zaro ta'sirlarning tashuvchisi glyuon va elektromagnit o'zaro ta'sir tashuvchisi fotonning inert massasi yo'qligi tushuntiriladi. Xiggs bozoni skalyar zarracha, ya'ni spini nolga teng.

### **Xiggs bozoni**

Tarkibi	Elementar zarracha
Oilasi	Bozon
O'zaro ta'sirlarda ishtiroki	Zaif, gravitatsion
Antizarrasi	neytral
Nazariy aniqlangan	1964(Piter Xiggs)

Tajribada aniqlangan	2012 ( SERN)
Kim sharafiga atalgan	Piter Xiggs
Massasi	$125, 26 \pm 0,21 \text{ GeV}/s^2$
Yashash vaqti	$1,56 \times 10^{-24} \text{ s}$
Parchalanish kanallari	b- kvark va b- antikvark, 2 ta foton, 2 ta tau-lepton

### **Kvant sonlari**

Elektr zaryadi	0
Rangli zaryad	0
Spin	0
Juft va toqligi	+1(oldindan 125 GeV da tasdiqlangan)

Xiggs bozoni britaniyalik fizik Piter Xiggs tomonidan 1964 yilda e'lon qilingan fundamental ilmiy maqolalarda postulatlashtirilgan. Nazariy bashoratlar bir necha o'n yillikdan sng 2012 yil 4 iyulda Katta adron kollyayderida olib borilgan tadqiqotlar natijasida massasi 125-126 GeV bo'lgan yangi zarracha topildi va u Xiggs bozoni bo'lishi mumkin deb taxmin qilindi. 2013 yil martida SERNning alohida tadqiqotchilari tomonidan yarim yil oldin topilgan zarracha haqiqatdan ham Xiggs bozoni ekanligi e'lon qilindi. Xiggs bozonining ochilishi Standart modelni yakunladi.

2014 yil aprelida CMC kollaboratsiyasi Xiggs bozonining parchalanish kengligi 22 MeVdan kichikligini e'lon qildi. Har qanday elementar zarra kabi Xiggs bozoni gravitatsiyalanadi. Nol spinga ega, elektr zaryadi mavjud va rang kvant soniga ega.

2017 yil iyulning boshida o'tgan EPS HEP 2017 konferentsiyada ATLAS va CMC Xiggs bozonining b-kvark-antikvark juftiga parchalanishini e'lon qildi. Standart modelga asosan bu parchalanish eng ko'p uchrab, taxminan 58% ni tashkil etadi. 2017 yil oktyabrda ATLAS va CMC maqolalarda bu parchalanish signali aniq ekanligini qayd etishdi.

## 2.2. Nanotexnologiyalar sohasidagi yangiliklar.

Nanotexnologiyalar- bu XXI asr texnologiyasi bo'lib, uglerod nanotrubkalar asosida katta natijalarga erishish mumkin. Bu natijalar elektronika va texnikada, meditsinada, kimyoviy texnologiyalarda qo'llanish perspektivalarini ochadi.

Ral'f Merkle:

“Nanotexnologiyalar materiyani manipulyatsiyalab, shunday revolyutsiya qiladiki, kompyuterlar informatsiyani manipulyatsiyalagan kabi bo'ladi”.

Nanotexnologiyalar –bu eng yuqori texnologiyalar bo'lib, ularni rivojlantirishga iqtisodiy rivojlangan davlatlar mlrdlab pullarni sarf qilmoqda. Olimlarning taxminlariga ko'ra ularni rivojlanishi yozuv, bug' mashinasi va elektr energiyasidan ham ko'proq insoniyat hayotini o'zgartiradi.

Ishlab chiqarish g'oyasini bir marta Nobel mukofoti laureati Richard Feynman aytib o'tdi. 1959- yilda u modda tuzilishining kichik o'lchamlardagi muammosi haqida gapirib, “Pastda ham juda ko'p joy bor” (“There is plenty of space on the bottom”) ma'ruzasida “biron bir fizikaviy yoki kimyoviy qonun atomlarning o'zaro vaziyatini o'zgartirishga xalaqit bermaydi” deb aytgan edi.

“Nanotexnologiya” tushunchasining o'zi 1974-yilda yaponiyalik Norio Taniguchi (Norio Taniguchi) tomonidan kiritilgan edi. U o'lchamlari bir mikrondan kichik bo'lgan texnologiya va mexanizmlarni nanotexnologiya deb atash taklifini kiritdi.



 [Andrey Geym](#)



 [Konstantin Novosyolov](#)

Nanotrubkalar sohasida “Ikki o'lchovli materiallar-grafenni” tadqiq etish bo'yicha Andrey Geym va Konstantin Novosyolov 2010- yilda Nobel mukofotiga sazovor bo'lishdi.

1985-yilda Richard Smolli (Richard Smalley) fullerenlarni – shar shaklidagi uglerod molekulalarini (C<sub>60</sub>, koptok shakliga ega bo'lib, uglerod atomlari va uning burchaklarida besh va olti burchaklar joylashagan) kashf etdi.

1991-yilda Nec kompaniyasidan Suomi Iiyama (Suomi Iiyama) uglerod nanotrübklarini ochdi.

Nanotexnologiyalar insoniyatga yangi ufqlarni ochib berishi mumkin:

- Atomar va molekulyar tartibidagi yangi ishlab chiqarish texnologiyalarini ishlab chiqish;

- molekulyar strukturasi o'zgargan qattiq jism va sirtlarni (material va plyonkalar) ishlab chiqariladi. Bunga asosan o'ta mustahkam metallar, gazlama va plastmassa

- yangi kimyoviy moddalarni kimyoviy reaksiyalarsiz olish, ya'ni molekulalarni terib chiqish vositasida;

- mantiqiy nanoelementlar va nanokompyuterlar ishlab chiqarish (o'lchamlarini kichraytirish va kompyuterlarning hisoblash quvvatini oshirish) va yangi tipdagi o'ta o'tkazgichlar (o'ta sovuq)ni hosil qilish.

- oqsil molekulalarida hisoblash qurilmalarini yaratish;

- tirik organizmlarning (o'simlik va hayvonlar) sun'iy analoglarini yaratish;

- bioanaloglar bakteriyalar, viruslar asosida o'z-o'zidan ko'payuvchi sistemalarni ishlab chiqarish

- organizmga kiritish uchun robot- vrachlarni hosil qilish (hujayra tartibida genetik va fiziologik kamchiliklarni bartaraf etish).

- nanomashinalar, nanorobotlar ishlab chiqarish.

Nanotexnika uchun birinchi vositalar IBM da ishlab chiqarishdi. 1982-yilda Gerd Binnning (Gerd Binning ) va Genrix Rorer (Genirh Rorer) tunnel mikroskopini yaratishdi va nobel mukofotiga sazovor bo'lishdi va amerikalik tadqiqotchi Don Eygler (Don Egler) atomlarni metall sirtida joylashtirib ulardan "IBM" yozuvini hosil qildi.

Atom mikroskop kashf etilgandan keyin alohida atomlarni ko'rish imkoniyati yaratildi. Bunday juda aniq o'lchovlar uchun tadqiqotchilar kvant fizika

effektlaridan foydalanadi. Mikroskop zondi bir necha atom o'lchamiga teng ( $\sim 0,5\sim 1,0\text{nm}$ ) masofaga sirtga yaqinlashganda zond va sirt orasida kontakt biomassada ular orasida(ularga ishchi kuchlanish uzatilganda) elektr toki hosil bo'ladi. Elektr toki "tunell effekti" deb ataluvchi hodisaga asosan oqadi. Bunda elektron kerakli energiyaga ega bo'lmasa-da potentsial to'siqdan o'ta oladi, ya'ni shu to'siq orqali "tunnellaydi." (Bu yerda to'siq-zanjir uzilganda zondning uchi bilan namuna sirti orasida hosil bo'ladi). Oqayotgan tokning kattaligi zond va sirt orasidagi masofani o'lchashga imkon beradi.

Hozirgi zamon nanotexnologiyalarining bir qator yo'nalishlari bo'lib, ular quyidagilar:

1. Molekulyar dizayn. Kuchli bir jinsli bo'lmagan elektromagnit maydonlarda yangi molekulalarning sintezi.
2. Nanomateriallar. Nuqsonsiz yuqori mustahkamlikka ega materiallar yaratish, yuqori o'tkazuvchanlikka ega materiallar hosil qilish.
3. Nanoasbobsozlik. Tunnel, atom mikroskoplari, magnit –kuch mikroskoplari, molekulyar dizayn uchun sistemalar, nanoo'lchamlardagi o'ta sezgir datchiklar, nanorobotlar ishlab chiqarish.
4. Nanoelektronika. EHMLari uchun keyingi avlod elementlar bazasini: nanoo'tkazgichlar, maydon tranzistori, displey va akustik sistemalari ishlab chiqarish.
5. Nanooptika. Nanolazerlar ishlab chiqarish.
6. Nanokataliz. Nanostrukturaga ega katalizatorlar ishlab chiqarish.
7. Nanomeditsina. Viruslarni yo'qotish uchun nanoqurollar ishlab chiqarish, organlarni lokal tekshirish uchun va yuqori aniqlikda dori vositalarini tirik organizmning ma'lum joyiga yetkazish uchun nanojihozlar ishlab chiqarish.
8. Boshqariladigan yadro reaksiyalari. Zarrachalarning nanotezlatgichlari, nostatistik yadro reaksiyalari.

### **2.3. Kapillyar effektlar va nanotrubkalarni to'ldirish.**

Uglerodli nanotrubkalar kashf qilingandan keyin tadqiqotchilarni ularni turli moddalar bilan to'ldirish muammosi qiziqтира boshladi. Bu faqat ilmiy ahamiyatga ega bo'lib qolmasdan balki amaliy ahamiyatga ham egadir. Chunki nanotrubka o'tkazuvchan, yarim o'tkazuvchan va o'ta o'tkazuvchan material bilan to'ldirilsa, uni hozirgi zamon mikroelektronika elementlaridan eng kichkinasi sifatida qarash mumkin. Bu muammoga ilmiy qiziqish amaliy asoslangan bo'lishi va qanday minimal o'lchamlarda mikroskopik ob'ektlarga xos xususiyatlarni kapillyar hodisalar saqlay biladi degan savolga javob bera olishi lozim. Birinchi marta bu muammo maydon kuchlari ta'sirida nanotrubka ichiga HP molekulasining ichkariga tortilishi masalasida ko'rilgan. Bunda ko'rsatilganki, nanotrubkaning ichki sirtini ho'llovchi kapillyar hodisalar nanometr diametrli trubkalarga o'tganda ham o'z tabiatini saqlaydi .

Uglerodli nanotrubkalarda kapillyar hodisalar birinchi marta amaliyotda erigan (Pb)qo'rg'oshinning nanotrubka ichiga tortilish kapillyar effektida amalga oshirilgan. Bu tajribada nanotrubkalarining sintezi uchun mo'ljallangan elektr yoyi diametri 0,8 sm va uzunligi 15sm bo'lgan elektrodlar orasida 30 V kuchlanish va 180-200A tokda yoqilgan. Katod sirtida anod sirtidagi termik parchalanish natijasida hosil bo'lgan 3-4sm balandlikdagi material kameradan olinib, 5 soat davomida 850<sup>0</sup> C temperaturada karbonat angdrid (CO<sub>2</sub>)gazi oqimida ushlangan. Natijada namuna 10%ga yaqin massa yo'qotgan va namuna amorf grafit zarrachalaridan tozalanib, cho'kmadagi nanotrubkalar ochilishiga imkoniyat yaratilgan. Nanotrubkalar mavjud cho'kmaning markaziy qismi etanolga joylashtirilib ultratovush bilan ishlov berilgan.

Xloroforida dispersirlangan mahsulot elektron mikroskopda ko'rishda uglerodli lentaga surtilgan. Kuzatishlar ko'rsatadiki, ishlov berilmagan trubkalar strukturasi ravon, bosh qismlari to'g'ri shaklda va diametrlari 0,8-10nm.gacha. Oksidlanish natijasida 10% nanotrubkalarining qolpoqchalari buzilgan, cho'qqi yaqinidagi bir qism qatlamlari ko'chgan. Kuzatishlar uchun mo'ljallangan nanotrubkali namuna vakuumda eritilgan qo'rg'oshin (Pb) tomchilari bilan to'ldirilgan. Bunda nanotrubkalarining tashqi sirtida o'lchamlari 1 dan 15 nmgacha



bo'lgan qo'rg'oshin (Pb) tomchilari kuzatilgan. Nanotrubkalar havoda  $400^{\circ}\text{C}$  temperaturada (qo'rg'oshinning erish temperaturasidan yuqori) 30 minut ichida yondirilgan.

Elektron mikroskop yordamida bajarilgan kuzatish natijalari ko'rsatadiki, yondirishdan so'ng nanotrubkalarining bir qismi qattiq material bilan to'ldirilgan bo'lib qoldi. Yuqori quvvatli elektron dasta bilan yondirilganda ham xuddi shunday effekt kuzatilgan.

Yetarlicha kuchli nurlanishda trubka yaqinidagi material erib nanotrubka ichiga kiradi. Nanotrubkalar ichida qo'rg'oshin (Pb) mavjudligi rentgen difraksiyasi va elektron spektroskopiya usullari yordamida aniqlangan. Eng yuqqa qo'rg'oshin (Pb) o'tkazgich diametri 1,5nmni tashkil etgan. Kuzatishlar natijalariga asosan to'ldirilgan nanotrubkalar soni bir foizdan oshmaydi. Keyingi tadqiqotlar uglerodli nanotrubkalardagi kapillyarlar hodisalarni chuqur o'rganishga qaratilgan bo'lib, ulardagi effektlar nanotrubkalarni turli tabiatdagi materiallar bilan to'ldirilganda namoyon bo'ladi. Bu tadqiqotlar natijalari materiallarning sirt tarangligi bilan uning uglerod nanotrubkasining ichiga tortilish imkoniyati orasida bog'liqlik borligiga ishora qiladi. Bu natijalardan ba'zilar 1- jadvalda keltirilgan. Ko'rinib turibdi-ki nanotrubkalarining kapillyar xususiyatlari sirt tarangligi miqdori ancha kichik ( $200\text{mHm}^{-1}$ ) materiallardagina namoyon bo'ladi.

**2.3.1- Jadval. Nanotrubkalarining ho'llash xususiyatlari ( temperatura erish nuqtasiga yaqin.)**

Modda	Sirt taranglik, $\text{mN m}^{-1}$	Kapillyarlik
$\text{HNO}_3$	43	Ha
S	61	Ha
Cs	67	Ha

Rb	77	Ha
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	80	Ha
Se	97	Ha
Qo'rgoshin oksidlari	(PbO ~ 132)	Ha
Vismut oksidlari	(V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ~ 200)	Ha
Te	190	Ha
Pb	470	yo'q
Hg	490	yo'q
Ga	710	yo'q

Nanotrubkalardagi kapilyar hodisalarga bag'ishlangan tajriba natijalarini analiz qilganda kislorodning rolini ham e'tiborga olish lozim-ki, uning mavjudligi ko'p hollarda bu natijalarga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Masalan; vakuumda bajarilgan nanotrubkalarni vismut (Bi) va qo'rg'oshin (Pb) bilan to'ldirish tajribalari natijasiz tugadi. Analogik tajribalar havoda bajarilganda kapilyar effektlar qayd etildi. Bunday natijani yuqorida aytilgan kapilyar hodisalar va sirt taranglik kattaliklari orasidagi tasavvurlar bilan tushuntirish mumkin. Eritilgan qo'rg'oshin (Pb) va vismut (Bi) oksidlarining sirt tarangliklari toza eritilgan metallarning qiymatidan ancha kattadir. Shu sababli kislorodning bo'lishi oksidlarning hosil bo'lishiga olib keladi va natijada kapilyar hodisalarning kechishiga hissa qo'shadi.

Sirt tarangligi  $200\text{mHm}^{-1}$  dan katta bo'lgan materiallar uchun nanotrubkalar kapillyar xususiyatlarini namoyon etmasada, bu muammoni yechish yo'li topildi. Kichik sirt taranglikka ega va shu xususiyatiga asosan nanotrubka ichiga kira oluvchi erituvchilardan foydalaniladi. Erituvchi sifatida konsentirlangan azot kislotasidan foydalaniladi. Uning sirt tarangligi nisbatan katta emas ( $43\text{mHm}^{-1}$ )

#### **2.4. Uglerodli nanotrubkalar asosidagi qurilmalar. Nanotexnologiyalar asosida kompyuter xotirasi.**

**Diod.** Silindrik egilmagan nanotrubkalar takrorlanadigan uglerodli oltiburchaklardan hosil bo'ladi. Agar uglerodli olti burchakni, besh burchakka, yetti burchakka yoki ikkita va yettita nuqsonlarga almashtirilsa nanotrubka egiladi. Egilishga nisbatan turli tomonlarning uglerodli olti burchaklarning orientatsiyasi turlicha bo'ladi. Nanotrubka o'qiga olti burchaklarning orientatsiyasi o'zgarishi bilan uning elektron spektri, Fermi sathining joylashuvi, optik tirqish kengligiga va hokazolar o'zgaradi. Xususiyl holda egilishga nisbatan nanotrubka chapdan metall o'ng tomondan esa yarim o'tkazgich bo'lishi kerak. Shunday qilib bu egilgan nano- trubka o'zining molekulyar getero o'tish metall yarim o'tkazgichni namoyon etadi. Nanotrubkaning berilgan bo'laklarini izolyatsiyalangan deb qaralsa, egilishga nisbatan turli tomonlarning Fermi sathidagi elektronlar turli energiyalarga ega. Butun sistemada energiyadan yutish zaryad oqimiga va potensial bar'yerning hosil bo'lishiga olib keladi. Bunday o'tishda elektr toki faqatgina elektronlar nanotrubkaning katta Fermi energiyali sohasidan quyi energiyali sohasiga o'tganida oqadi. Boshqacha aytganda tok faqat bir yo'nalishda oqishi mumkin. Egilgan nanotrubkadan tokning "bir tomonlama" oqishi elektron sxemalardan asosi bo'lgan "to'g'rilagich diodlarni" ishlab chiqarishda ishlatiladi.

**Maydon tranzistori.** Yarim o'tkazgichli va metall nanotrubka asosida maydon tranzistori yaratildi. Ular xona haroratida va o'ta past temperaturalarda ishlaydi. Maydon tranzistorlari – triodlar-elektron qurilmalar bo'lib, ular elektr signallarni kuchaytirishda ishlatiladi. Yarim o'tkazgichli nanotranzistorda valent

zona o'tkazuvchanlik zonasidan energetik tirqish man etilgan zona bilan ajratilgan. Oddiy sharoitlarda bu tirqishning mavjudligi tufayli zaryad tashuvchilarning kontsentratsiyasi kichik va nanotranzistor katta qarshilikka ega bo'ladi. Uchinchi elektrodga nanotranzistor sohasida  $U$  elektr potentsiali uzatilganda elektr maydon hosil bo'lib, energetik zonalarning egilishi o'zgaradi. Bunda valent zonada teshiklar kontsentratsiyasi oshib (mos ravishda elektr o'tkazuvchanlik), u eksponensial qonunga bo'ysunadi. Uchinchi elektrod potentsiali –  $6B$ ga yetganda teshiklar kontsentratsiyasi maksimal qiymatga erishadi va demak qarshilik minimum nanotranzistor metall nanotranzistorga aylanadi.

Metall nanotranzistorga asoslangan maydon tranzistorini yaratishda elektronlarni nanotranzistor bo'ylab alohida molekulyar orbitalar bo'yicha tunnel o'tkazishdan foydalaniladi. Nanotrubka uzunligining chekli bo'lgani sababli uning elektron spektri uzluksiz bo'lmasdan diskretidir. Alohida sathlar orasidagi masofa nanotranzistor uzunligi  $\sim 1\text{mkm}$  bo'lganda  $\sim 1\text{meV}$  ga teng. Sathlarning bunday taqsimlanishi nanotranzistor elektr o'tkazuvchanligiga ta'sir etmaydi.

**Displey.** Displey –bu kompyuter texnikasining asosiy vositasi. Ma'lum bo'ladiki, uglerodli nanotrubkalar yangi avlod displeylarini yaratishda foydali ekan.

Katodda mahkamlangan va anod yo'nalishiga orientirlangan uglerod nanotrubkasini ko'ramiz. Agar elektrodga mos qutbli kuchlanish qo'yilsa nanotrubka manfiy zaryadlanadi, zaryadlangan nanotrubka yaqinidagi elektr maydon chiziqlari egiladi va nanotrubkaning ingichka qismi sohasida maydon kuchlanganligi katta bo'ladi. Nanotrubka qancha ingichka bo'lsa, maydon kuchlanganligi shuncha katta bo'ladi. Bunday lokal maydon elektronlarni nanotrubkadan uzib ola biladi. Tashqi maydon ta'sirida uchayotgan elektronlar dastaga to'planadi. Avtoelektron emissiya deb ataluvchi bunday effekt displeylarni yaratishda foydalaniladi.

Avtoelektron emissiya yordamida tasvir olish uchun anodga lyuminifor o'rnatiladi. Elektron zarba lyuminifor molekullarni qo'zg'atadi, ular so'ngra fotonlar nurlantirib asosiy holatga o'tadi. Misol, lyuminifor sifatida rux sulfidning

mis va alyuminiy bilan ralashmasi qo'lanilganda yashil, kumush qo'shilganda ko'k chaqnash kuzatiladi. Qizil rang esa ittriy oksidiga legirlangan yevropiy qo'shish natijasida olinadi.

**Elektromexanik rezonans.** Elektr tebranishlarni mexanik tebranishlarga o'zgartirish ko'plab qurilmalarni ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Bunga misol qilib elektroakustik qurilmalarni olish mumkin. Elektr maydon ta'sirida nanotrubka tebranishlarini qo'zg'atish uchun uni elektrodlardan biriga ikkinchi elektrodga nisbatan burchak ostida biriktiriladi. Elektrodga elektr kuchlanish berilganda trubka zaryadlanib, elektr tortishish hisobiga ikkinchi elektrodga og'adi. Agar elektrodga chastotasi nanotrubkaning xususiy chastotasi bilan mos keluvchi o'zgaruvchan kuchlanish uzatilsa nanotrubkaning mexanik tebranishlari vujudga keladi. Bu mexanik tebranishlar nanotrubkaning uzunligi va qalinligiga bog'liq bo'ladi.

**Kvant o'tkazgichlar.** Nanotrubkalarining elektr va magnit xossalarini nazariy va amaliy tadqiq etish bir qator effektlarning mavjudligini qayd etdiki ular bu molekulyar o'tkazgichlarda zaryad o'tishi kvant tabiatiga ega ekanligi va ularni elektron qurilmalarda qo'llash mumkinligi ko'rsatadi.

Oddiy o'tkazgichning elektr o'tkazuvchanligi uning uzunligiga teskari proporsional va ko'ndalang kesim yuzasiga, to'g'ri proporsionaldir. Nanotrubkada esa elektr o'tkazuvchanlik uning uzunligiga ham, qalinligiga ham bog'liq bo'lmasdan kvant o'tkazuvchanlik  $\frac{2e^2}{h}(12,9kOm^{-1})$  ga teng. Bu o'tkazuvchanlikning chegaraviy qiymati bo'lib, o'tkazgichning butun uzunligi bo'ylab delokallashgan elektronlarning erkin o'tishiga javob beradi. Oddiy temperaturada kuzatiladigan tok zichligining qiymati  $10^7 Axc m^{-2}$  bo'lib, hozirgi kunda o'ta o'tkazgichlarda erishilgan tok zichligidan ikki tartibga ko'pdir.

1K temperaturada ikkita o'ta o'tkazgich elektrod bilan aloqada bo'lgan nanotrubkaning o'zi ham o'ta o'tkazgich bo'lib qoladi. Bu effekt o'ta o'tkazgich elektrodlarda hosil bo'luvchi Kuper elektron juftlarining nanotrubka orqali o'tishida bo'linmasligidan kelib chiqadi.

Nanotrubkalarda magnit qarshiligi yaqqol namoyon bo'ladi. Elektr o'tkazuvchanlik magnit maydon induksiyasiga bog'liq. Agar nanotrubka o'qi yo'nalishiga tashqi magnit maydon qo'yilsa, elektr o'tkazuvchanlikning ostsillyatsiyalari qayd etiladi. Agar maydon nanotrubka o'qiga perpendikulyar qo'yilsa, elektr o'tkazuvchanlikning oshishi kuzatiladi.

**Kimyoviy modifikatsiya.** Sof uglerodli nanotrubkalardan kimyoviy modifikatsiyalangan nanotrubkalarga o'tish nanotrubkalarni molekulyar elektronkada qo'llash imkoniyatini kengaytiradi. Uglerod nanotrubkaning ichida silindrik bo'shliqning borligi ularning ichiga turli elementlarni, hatto og'ir metallarni kiritish imkoniyatini yaratadi. Nanotrubkalarning tashqi sirtiga addenlarni (masalan: fluor atomlarini) qo'shish mumkin. Hozirgi kunda uglerodli nanotrubkalardan tashqari bor-azot nanotrubkalarini ham olishmoqda. Bu barcha hollarda yangi va xususiyatlari eksperimental o'rganilmagan materiallar olinishi lozim.

**Svetodiodlar.** Ko'p devorli nanotrubkalarning (MSNT) yana bir qo'llash sohasi- organik materiallar asosida svetodiodlar tayyorlash. Bu holda quyidagi usul qo'llanilgan. Nanotrubkalardan iborat kukunni organik elementlar bilan toluolda aralashtirib, ultratovush bilan nurlantiriladi. So'gra aralashma 48 soat davomida tindiriladi. Boshlang'ich komponentlarning miqdoriga qarab nanotrubkalarning turli massaviy qismlari hosil bo'ladi. Svetodiodlarni tayyorlash uchun aralashmaning yuqori qatlamini yechib, tsentrifugalash vositasida shisha asosga yotqiziladi. So'ngra polimer qatlamlarga alyumin elektrodlar purkaladi. Olingan qurilmalar elektrolyumenestsentsiya usuli bilan tadqiq etiladi. Ular nurlanishining maksimal qiymati spektrning infraqizil sohasi (600-700nm)ga to'g'ri kelishini ko'rsatadi.

Uncha katta bo'lmagan Nantero kompaniyasi uglerod nanotrubkalari asosida elektron xotiraning yangi eksperimental namunasini yaratganini e'lon qildi. Olimlar har biri bir necha nanotrubkalardan iborat standart o'lchamdagi kremniy plastinkasida xotiraning 10mlrd dan iborat yacheykasini joylashga muvaffaq bo'lishdi.

Xotirani ishlab chiqarishda standart fotolitografik jarayon ishlatiladi: kremniy oksididan iborat asosga ko'plab nanotrubkalar surtiladi, keyinchalik ishlov berish natijasida noto'g'ri orientirlangan nanotrubkalar olib tashlanadi. Shunday qilib, fazoda bir jinsli orientirlangan nanotrubkalarni joylashda vujudga keluvchi qiyinchiliklarni bartaraf qilish imkoniyati tug'ildi.

Xotira sxemasi biri ikkinchisiga nisbatan 100 nm masofada joylashgan ikkita kremniy oksidli plastinkalardan iborat. Nanotrubkalar yuqori plastinkaga osilgudek joylashgan. Quyi plastinkaga tok uzatilganda nanotrubkalar ikkita plastinkalarni ulab, o'zlarining vaziyatlarini o'zgartiradi. Bu holat yacheykada "1" qiymatga ega bitga mos keladi. Agar nanotrubka plastinkalarni ulamasa, yacheykada "0" qiymatli bit joylashgan bo'ladi.

Nanotrubkaning holati elektr manbaning borligidan qat'iy nazar Van-der-Vaals kuchlarining ta'siri bilan aniqlanadi. Elektr impuls faqat trubkalarining vaziyatini o'zgartirish uchungina kerak. Bunda zamonaviy operativ xotirani o'chib yoqish uchun talab qilinadigan NRAM yacheykasida informatsiya yozuvi zichligi doimiy o'sib, eng yaxshi namunalarda operativ xotiraning mikrosxemalardagi informatsiya yozuvi zichligi bilan taqqoslasa bo'ladigan darajaga yetgan. Yaqin kelajakda berilgan yozuvlarning zichligi 1 sm<sup>2</sup> da trillion bitga yetishi aytilmoqda, bu esa zamonaviy operativ xotiradan 1000 marta kattadir.

Yangi xotiraning bozorga chiqishiga birmuncha vaqt bor. Chunki uglerod nanotrubkalar hali ham qimmat material bo'lib qolmoqda. NRAM ishlab chiqarilishi esa hali ham fotolitografiyaga asoslanadi. Shu sababli ishlab chiqarishda hali to'laligicha asoslanib olmagan. Ammo kelajakda NRAM kompyuter bozorini egallashi mumkin.

Yarim o'tkazgichli qurilma bo'lmish tranzistorning tug'ilish sanasi 1947-yil deb qabul qilingan. AQSH dagi Bell laboratoriyasidan Dj.Bardin, U. Bratteyn va U. Shoklilar 1958- yilda bu ish uchun fizika bo'yicha Nobel mukofoti bilan taqdirlandilar. Tranzistorning kashf etilishi katta sotsial qiymatga ega bo'ldi. Tranzistorli texnologiyalarning keskin o'sishi XX asr oxirida insoniyatni informatika asriga yetakladi.

Bugungi kunda nanotranzistorlar haqidagi ilmiy so'zlashuvlar ko'payib, ularning holatidagi prototiplari yaratildi. Nanometrli o'lchamlarda Bell laboratoriyasidan chiqqan tranzistorlar gigant edi. Ularning o'lchamlari sm larda o'lchanardi. Yarim asr davomida tranzistorning chiziqli o'lchamlari 100000 marta, massasi 1010 marta kamaydi. Elektr signallarning xususiyatlari ham nanodunyoda mikrodunyodagiga nisbatan ancha farq qiladi.

Endi elektr tokini qandaydir "elektr suyuqlik" yoki "elektr gaz" sifatida tasavvur qilish mumkin emas, chunki nanodunyoda elektr zaryadning kvantlangani birinchi planga chiqadi. Foydalanish mumkin bo'lgan zaryadning miqdori elektron zaryadiga karrali. Elektr toki va u orqali uzatilayotgan informatsiya miqdorini qanchalik aniqlik bilan qayd etmaylik, ular cheklangan va uzatilgan elementar zaryadlar soni bilan aniqlangan.

Oddiy doimiy elektr toki har doim bexosdan fluktuatsiyalanadi. Chunki zanjirda har bir yangi elektr zaryadning paydo bo'lishi oldingi zaryad hosil bo'lishi bilan moslashmagan. Bunday fluktuatsiyalarni ko'pincha kasriy shovqin deb atashadi va uni Puasson statistikasi bilan ifodalashadi. Ideal holda manba zanjirda bir sekunda  $n_0$  zaryadlarning o'rtacha tokini ushlab tursa, u holda o'rtacha  $t$  vaqtda zanjir bo'ylab  $N=n_0t$  zaryad o'tadi. Bu kattalikning o'lchanadigan qiymati o'rtacha kvadratik chetlashish  $\Delta N \sim (n_0t)^{1/2}$  bilan fluktuatsiyalanadi. Kasriy shovqin quvvatining absolyut qiymati signal quvvatining oshishi bilan oshadi, ammo nisbiy quvvat pasayadi. Shu sababli mikrodunyoda zaryadni kvantlashdan foydalanilmaydi, chunki katta tokda nisbiy fluktuatsiyalar juda kichik. Agar signalni zaryad paketidagi elektronlar soni bilan tasvirlasak,  $t$  vaqt ichida tok orqali yetkaziladigan informatsiya miqdori shovqinni e'tiborga olgan holda

$$\log_2\left(1 + \frac{N}{\Delta N}\right) = \log_2\left[1 + (n_0t)^{1/2}\right] \quad (2.5.1.)$$

ni tashkil etadi.

Elektr zaryadni kvantlash effektidan tashqari kichik masofalarda zarrachalarning to'lqin xususiyatlari ham namoyon bo'ladi. Qattiq jismda xona haroratida elektron to'lqinning kogerentlik uzunligi nanometr birliklari tartibida



bo'ladi. Shu sababli 1nm dan kichik masofalarda elektronlarning to'lqin xususiyatlari namoyon bo'la boshlaydi. Agar modda kichik miqdorlarda olinsa ularni har doim o'tkazgich, yarim o'tkazgich yoki izolyatorga mansub deyish mumkin emas. Masalan, ba'zi kimyoviy elementlar 20, 50 yoki 100 atom miqdorida olinsa ular ketma-ket ravishda izolyator, yarim o'tkazgich va o'tkazgich stadiyalarini mos ravishda o'tadi. Barcha aytilganlardan ma'lumki modda, fazo, vaqt, energiya va informatsiya resurslaridan nanodunyoda foydalanish kvant mexanikasi qonunlariga asoslangan alohida qoidalar bilan qattiq nazorat qilinadi. Bundan tashqari nanotranzistorlarni konstruksiyalash qiyin kvantomexanik masalaga aylanadi.

Demak, nanotranzistor- bu kvanto mexanik qurilma. Ammo u faqat kvantomexanik informatsiya bilan ishlashi shart emas. Isbot qilinganki, nanotranzistorlar bazisida oddiy klassik mantiq elementlarini joylashtirish mumkin. Bundan tashqari, zamonaviy nanoelektronikaning asosiy vazifasi klassik mantiq nanometrli qurilmalarni yaratish texnologiyasidir. Dunyoning katta ilmiy markazlarida bu vazifani yechish uchun ko'plab miqdordagi moliyaviy resurslar tashlangan.

Hozirgi kunda mikroelektron ishlab chiqarishda tajriba sifatida o'lchamlari 20- 30nm bo'lgan tranzistorlar ishlab chiqarilmoqda. Bu o'lchamdagi tranzistorlar oddiy elektron signallarda ishlamoqda, ammo o'lchamlar yana kichraytirilganda yuqorida aytib o'tilgan muammolar tez ko'payadi. Mezostruktura deb ataluvchi 30nmdan 5nm gacha bo'lgan sohani klassik qattiq jism elektronikasidan kvant elektronikasiga o'tish sohasi deb atash mumkin. Mur qonuniga asosan mezoelektronika sohasini to'la qamrashga taxminan 10 yildan keyin erishiladi. Shunday qilib mezotranzistorlar-oddiy tranzistorlar faoliyatining oxirgi bosqichi bo'lib, undan keyin nanotranzistorlar avlodi keladi.

### **Nanotranzistorlar texnologiyalari.**

Kembridj universitetida va Tokioning Japan Science I Technology Corporationda

bir elektronli tranzistor ishlab chiqarildi. U xona haroratida ishlaydi. Bu qurilma sxemasi 2.5.1-chizma ko'rsatilgan.



#### 2.4.1-chizma. Bir elektronli tranzistor

Tranzistorning o'tkazuvchan kanali (orol) kirish va chiqishdan izolyatorning yupqa qatlamlaridan iborat tunnel to'siq bilan ajratilgan. Tranzistor xona haroratida ishlay bilish uchun orol o'lchamlari 10nm dan oshmasligi kerak.

Potensial to'siq balandligi 0,173eV. Ancha oldingi (2001-yil) konstruktsiyasida orol kattaroq bo'lib, potensial to'siq balandligi 0,04eV va temperatura 60K oshmas edi. Orol materiali sifatida amorf kremniy xizmat qiladi. Uning sirti yupqa to'siq qatlami hosil qilish uchun past temperaturada oksidlangan.

Nanotranzistorlarni ishlab chiqarishda asosiy talablardan biri ularni olishda yuqori ishlab chiqarish ko'rsatkichi. Masalan, tunnel skanerlash mikraskopiyasi texnikasini qo'llovchi nanometrli robot – boshqaruvchilar vositasida nanotranzistorlarni bittalab atom bo'yicha terish mumkin, ammo bu jarayon juda sekin kechadi. Bunday usulda bitta nanochipni yig'ishga o'nlab yil talab etiladi. Shuning uchun hozirgi vaqtda bir necha operatsiya vositasida nanotranzistorlarni katta sonini yig'ishga imkon beruvchi texnologik jarayonlarni topish ustida ish olib borilmoqda.

Masalan, IBM xodimlari NEC xodimlari ochgan uglerodli nanotrubkalar bilan ishlab klaster texnologiyasini rivojlantirmoqda. Bunday trubkalar faqatgina bir necha atom qatlamlaridan iborat bo'lib, po'latdan minglab marta

mustahkamroqdir. Shakli va o'lchamiga qarab, uglerodli nanotrubkalarlar metal yoki yarim o'tkazgich xususiyatlariga ega bo'lishi mumkin. Hozirgi kunda maxsus sharoitlarda grafit elektrodlar orasida elektr razryadni hosil qilish bilan uglerod klasterlarini olish usuli ishlab chiqarilgan. Bu usul bilan nafaqat nanometrlar, balki turli fullerenlar hosil qilinadi. Fullerenlar- bu nanoo'lchamdagi ichi bo'sh sharlar va ellipsoidalar. C60 fullerenlar 1985-yilda Sasseka universitetidan (University of Sussex) H.W. Kroto va Rays undan (Rice University) James Heath, Sean O'Brien, R.E. Smalley va R.F.Curl lar ochishdi. Bu fandagi yangilik uchun Krato, Curl va Smalley 1996- yilda Nobel mukofoti bilan taqdirlandi.

IBM dagi olimlar yarim o'tkazgichli va metal uglerod nanotranzistorlarni bitta asosda integratsiyalash texnologiyasi ustida izlanishlar olib bormoqda. Bundan maqsad kelajakda butun funksional elektron nanosxemalarni yaratishdir. Texnologiya yakunlanishdan ancha uzoqda bo'lsada, bir qator texnologik ishlar amalga oshirilgan. Oksidlangan kremniydan iborat asosga bir-biriga yopishgan yarim o'tkazgich va metall uglerodli nanotranzistorlar suriladi. Ularni bir- biridan ajratish birmuncha qiyin bo'lgan texnologik jarayondir. Hosil bo'lgan plyonka ustiga metografik usulda oddiy metalning yupqa qatlamlari suriladi. Elektr signal vositasida uglerodli nanotranzistorlarni yarim o'tkazgich holatidan izolyator (dielektrik) holatiga o'tkazish mumkin. Bu esa boshqariladigan elektr teshish natijasida o'tkazuvchanligi metall tipidagi nanotranzistorlarni sindirib, yarim o'tkazgichli nanotranzistorlar bo'laklaridan iborat katta doimiy massivlarni olish imkoniyatini yaratadi. Bunday har qanday bo'lak-kelajak nanotranzistorning asosi.

Shu korparatsiyada uglerod nanotranzistorlarni elektr boshqariladigan "ishlov berish" usuli ishlab chiqariladi. Bu usul yordamida nanotranzistorlardan atomlarning qo'shimcha qatlamlari olib tashlanadi. 2001- yilda bu usul bilan IBM da man etilgan soha kengligi talab etilgan maydon tranzistorlari ishlab chiqildi. Ularni NT-FET(nanotube\*field-effect transistors) deb atashdi.

Uglerod klasterlariga kelsak, bu yerda ishlar bir necha yo'nalishlarda olib borilmoqda. Bir qatlamli nanotranzistorlar bilan SWNT(single- walled nanotube), ko'p qatlamli nanotranzistorlar bilan – MWNT (multi- walled nanotube) va turli

fullerenlar (C60, C70 va hokazo) berilgan. Bunday tipdagi klasterlar o'lchamligi pasaygan muhitlar bo'lib hisoblanadi.

Masalan, nanotranzistor bir o'lchovli, bu esa kvant mexanikasining yangi modeli bo'lgan kvant ipi bilan o'xshash qiladi. Fullerenlar esa nanoo'lchamlardagi pufaklar bo'lib, ikki o'lchovlidir. O'lchamligi pasaygan muhitlarda elektronlar holatining alohida kvant shartlariga asosan ular ajoyib xususiyatlarga ega. Masalan, metall nanotranzistorlar oddiy metallarga qaraganda katta tok zichligiga chidam berishi mumkin. (oddiy metallarga qaraganda 100-1000 baravar ko'proq). Yarim o'tkazgichli nanotranzistorlar tashqi elektr maydon ta'sirida dielektrlarga aylanishi mumkin. Bunda man etilgan soha uzunligi trubka diametriga teskari proporsional:

$$E_n \sim \frac{1}{d}$$

Ba'zi metallar bilan to'ldirilgan fullerenlar esa o'z navbatida yuqori temperaturali o'ta o'tkazgichlardir.

Uglerod nanotrubkalarining uzunligi ularning diametrlaridan minglab marta katta bo'lishi mumkin. Bu esa o'z navbatida nanotrubkalarni nanosxemalar montajida ularni o'tkazgichlar sifatida ishlatish imkoniyati beradi.

1998-yilda AQSHda Lawrence Berkeley National Laboratoryda avval uglerod nanotrubkalar asosidan nanotranzistorlar yaratildi. Keyinchalik 2000 -yilda C60 fulleren klasterlar asosidagi nanotranzistorlar olindi. Nanotranzistor quyidagicha tayyorlangan. Nanowriter elektron nur metografik mashinasi yordamida kremniy plyonkasida kengligi 200nm va qalinligi 10nm bo'lgan tilla o'tkazgichlardan panjara hosil qilingan. Panjaradan zichligi katta tok o'tkazish natijasida tilla atomlarning elektromigratsiyasini hosil qilish mumkin. Natijada o'tkazgichlar nanometr o'lchamlarigacha yupqalashib, ma'lum joylarda uziladi va kengligi 1nm bo'lgan tirqishlarni hosil qiladi. So'ngra plastina fulleren klasterlarning suvdagi eritmasi bilan yupqa qilib surilgan. Keyinchalik eritma bug'lanadi va C60 klasterlar ikkita elektrodlar orasidagi tirqishga qoladi.

Uglerod nanotrubkalar asosidagi nanotranzistorlar yordamida Delfta texnik

universitetining (Delft University of Technology) xodimlari 2001 yilda Yoki – Yo'q (Ili- Ne ) mantiqiy elementni amalga oshirishdi. O'zining juda kichik o'lchamlari bilan xarakterli bo'lishi bu nanotranzistorlar xona haroratida ham ishlaydi.

Shunday qilib, XX asrning oxiri XXI asrning boshlarida yangi soha bo'lmish nanoelektronika sohasida kvantomexanika va molekulyar klaster texnologiyali g'oyalar tajribaviy tasdig'ini topdi. Hozirgi vaqtda tadqiqot makazlarida texnologik jarayonlarni nanoelektron texnika ishlab chiqarishda qo'llash amaliyoti ustida ish olib borilmoqda. Ishlab chiqarishi rivojlangan mamlakatlar uchun nanotexnologiyalarning iqtisod, harbiy- siyosiy, sotsial jihatlariga ta'siri katta.

### **Metalloelektronika va molekulyar elektronika.**

Oddiy mikroelektronikada tranzistor effektini hosil qilish uchun yarim o'tkazgich zarur. Nega? Chunki yarim o'tkazgich o'tkazuvchanlikka javobgar zaryadlangan zarrachalarning boshqarish imkoniyatini yaratuvchi muhit hosil qila oladi. Dielektrlar tokni umuman o'tkazmaydi. Ular faqat tok o'tkazadigan qismlar orasida izolyatsiya hosil qilish uchungina kerak. Metallarda erkin zaryadlangan zarrachalarning konsentratsiyasi shunchalik kattaki, izolyatsiya orqali qo'yilgan tashqi elektr maydon metall ichiga deyarli kirmaydi. Ammo shu metalning o'zidan bir necha atom miqdorida olsak, bunday nanoklasterning elektron xususiyatlari yarim o'tkazgich xususiyatlarini eslatadi. Bu nanoo'lchamdagi tranzistorlarni metall atomlari oksidlari asosida yaratish imkoniyatini yaratadi.

Bu yerda nanostrukturalarning qay darajada mustahkamligi va ular tayyorlanish texnologiyalarning muammolari birinchi planga chiqadi. Ma'lum bo'ladi-ki, kengligi bir necha atomlardangina iborat qatlamning yashash vaqti normal foydalanish sharoitlarida juda qisqa. Bu yaxshi mahkamlanmagan atomlar nanostrukturalar bo'ylab ko'chishi yoki asos bo'ylab yanada qattiqroq bo'g'lanishni qidirish bilan bog'liq. Bunga konstruktsiyaning qizishi va

elektromigratsiya sabab bo'ladi.

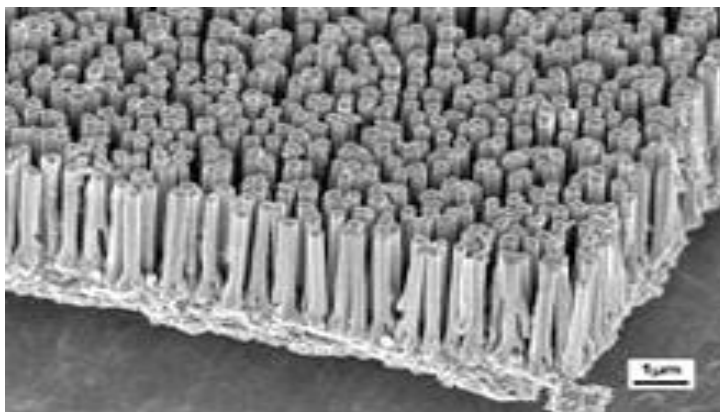
Aniqlandi-ki, ba'zi klaster konfiguratsiyalar yuqori mustahkamlikka ega bo'lib, undagi barcha tashqi atomlar mustahkam ushlanib turiladi. Bunday klasterlar sehrli, ular atomidagi sonlar sehrli sonlar deb ataladi. Masalan, ishqoriy metallar uchun sehrli sonlar -8, 20,40, nodir metallar atomlari uchun -13,55, 137, 255. C60 va C70 fullerenlar ham sehrli. Uglerod nanotranzistorlar ham sehrli hisoblanadi. Bu holat oldindan maxsus reaktorlarda sehrli nanostrukturalarni ishlab chiqarish texnologiyasini yaratish va ulardan nanotranzistorlar yig'ishda foydalanish mumkinligini ko'rsatadi.

Aniqlandi-ki, kimyoviy usulda sintezlash mumkin bo'lgan molekulalarda ham tranzistor effekt kuzatiladi.

Yana bir yangilik –molekulyar biologiya strukturalarini: DNK molekulasini oqsil va biologlarni qo'llash. Genetik texnologiyalar asosida nanotranzistorlarni yig'ish amaliyoti muhokama qilinmoqda. Masalan, Amerikaning Scripps Research Institute da alohida DNK molekulasini oktaedr ko'rinishida diametri 22nm olinishiga muvaffaq bo'lingan. Uning ichki sohasi diametri 14nm bo'lgan sferani sig'ira oladi. Olimlarning maqsadlaridan biri – uch o'lchovli DNK strukturalardan uch o'lchovli murakkab mantiqiy zanjirlarni yig'ishda foydalanish.

Masalan, 2004- yilda Northwestern University da tilla va ferromagnetiklar (temir oksidi) klasterlarini DNK molekulasi bilan birlashtirishga erishilgan. Bu esa DNK reaksiyalari natijasida tilla klasterlari kerakli ketma-ketlikda ferromagnit klasterlar bilan almashadigan klaster zanjirlarni olish imkoniyatini tug'dirdi.

Bir qator fransuz tadqiqotchilaridan iborat guruh nanotexnologiyalar yordamida metiy-ion batareyalar uchun o'ta kichik o'lchamlarga ega elektrodlar ishlab chiqdi. Ular asosidagi akkumulyatorlar oddiy akkumulyatorlarga qaraganda ko'proq energiya miqdorini saqlay oladi. Odatiy akkumulyatorlar elektrodlarida ion va elektronlar, agar u yupqa qatlam qilib surilgan taqdirdagina harakatlana oladi. Ammo bunda aktiv material miqdori kamayadi va demak batareyaning sig'imi ham kamayadi. Katta sig'imli qurilmalarda ko'pincha aktiv qatlam qalinligi oshiriladi. Natijada zaryad tezligi kamayadi.

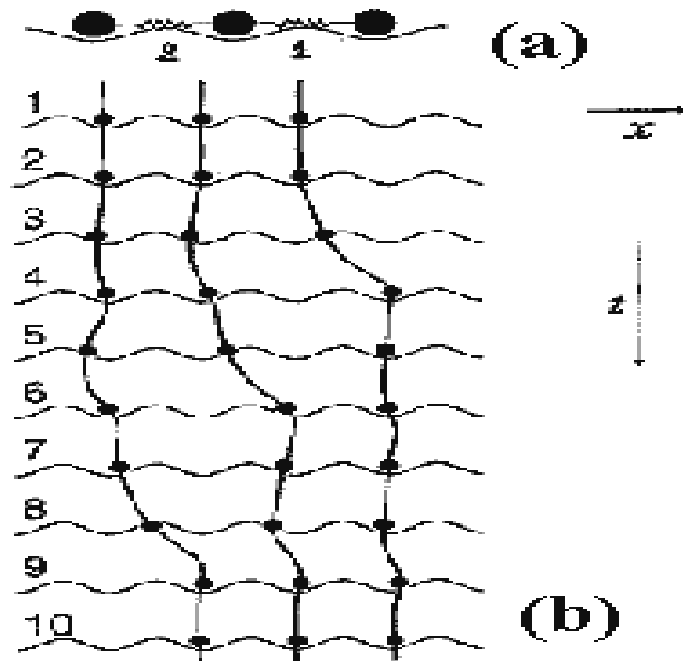


#### **2.4.2-chizma. Batareyalarning nanosterjenlari**

Yangi texnologiyaning asosi bo'lib, aktiv material uchun nanosterjenlarni “yakorlar” sifatida qo'llash hisoblanadi. Aktiv material nanosterjenlar atrofida yupqa plyonka qilib “o'raladi”. Elektrodning  $1\text{sm}^2$  yuzasiga yupqa plyonkaning  $50\text{sm}^2$  yuzasi to'g'ri keladi. Shunga asosan kichik o'lchamlarda katta sig'imga ega batareyalar olish mumkin bo'ladi. Bu birinchi navbatda kardiologiyada (sun'iy yurak) manba sifatida, turli avtonom zondlarda qo'l keladi.

Ammo olimlar katta o'lchamlardagi akkumulyatorlar haqida o'ylamoqda. Bu texnologiya elektromobil qo'llash mumkin bo'lgan batareyalarni ishlab chiqarish imkonini beradi.

Isroil fiziklarining ishlarida (M. Proto, M. Urbakh) nanometrli dvigatellarni oson boshqarish sxemalari taklif etilgan edi. Bu taklif hozirga qadar qog'ozda qolib kelmoqda. Ammo avtorlar bu g'oya juda yaqin vaqtda amalga oshishiga ishonishmoqda.



### 2.4.3- chizma. Nanometr masshtabda harakatlanuvchi vositaning bir o'lchovli oddiy modelini ko'ramiz.

Davriy tashqi maydonda joylashgan uchta nanozarracha berilgan bo'lsin. Bu vazifani kristal sirtida yotgan atom klasterlari bajarsin. Ular orasida chizmada prujinalar vositasida ko'rsatilganidek aloqa bor. Biz bu prujinalarning “erkin uzunligini boshqara olamiz” deb tasavvur qilaylik! Bunday prujinalar vazifasini fotoxrom molekulalar bajara oladi. Ular tashqi yorug'lik ta'sirida o'zining to'lqin uzunligini o'zgartira oladi.  $i$ -nchi aloqaning erkin uzunliging o'zgarishi davriy ravishda vaqt bo'yicha kechayotgan bo'lsin va u quyidagicha qonuniyatga bo'ysunsin.

$$L_i = L_0 + \Delta \sin(\omega t + \varphi_i) \quad (2.5.1)$$

Ikkita prujina orasida fazo bo'yicha ma'lum chetlashish muvjudki,  $\varphi_1 > \varphi_2$  birinchi prujina ikkinchisiga qaraganda tezroq uzayishni boshlaydi.

Natija sistema birinchi prujina tomon harakatlana boshlaydi. 14(b)-chizmada vaqt o'tishi bilan sistema evolyutsiyasining o'nta “chizmai” ko'rsatilgan.

Bunday mashina faqat gorizontalk tekislikda emas balki, tashqi kuchga qarshi yo'nalishda masalan, qiya tekislik bo'ylab yuqoriga harakatlanishi mumkin.

Bundan tashqari u harakatlanayotgan qurilma massasining yarmiga teng



bo'lgan yukni ham tashishi mumkin. Asosiy jihat shundan iboratki, prujinaning erkin uzunligi o'zgaradigan qonunni o'zgartirib, sistemaning tezligi va harakat yo'nalishni tadqiq etish mumkin. Xususan ikki o'lchovli holda sistemani ixtiyoriy yo'nalishda harakatlanishga majbur etish mumkin. Va nihoyat, eng qizig'i shundaki, agar uchta zarrachani bitta aylanaga birlashtirsak, nanometrik rotor hosil bo'ladi.

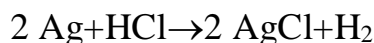
Bunday sistema ko'chishi asoslangan prinsip umumiy bo'lib, sof mexanik xarakterga ega va bevosita klassik mexanika tenglamalaridan kelib chiqadi. Shuning uchun bunday g'oyaning qo'llanilishi nanomashinalar bilan cheklanib qolmasdan, makroolamda ham foydali bo'lishi mumkin.

### **2.5. Nanotexnologiyalar sohasida erishilgan yangiliklar**

Ko'pchilik doimiy ravishda nanotexnologiyalarning u yoki bu yutuqlaridan foydalanib kelmoqda. Masalan, zamonaviy mikroelektronika endi "mikro" emas, balki "nano". Chunki bugungi kunda ishlab chiqarilayotgan barcha elektron sxemalarning asosiy bo'lgan tranzitorlarning o'lchami  $\approx 100\text{nm}$ . Ularning o'lchamlarini shu darajada kamaytirish natijasida kompyuter protsessorida 100 milliongacha yaqin tranzistrlarni joylashish mumkin.

#### **Kumush nanozarrachalari bakteriyalarni o'ldiradi.**

Ko'pgina moddalarning fizik xususiyatlari namunaning o'lchamlariga bog'liq. Moddaning nanozarrachalari shunday xususiyatlarga egaki, oddiy o'lchamlarga ega bu moddalarda bu bu xususiyatlar namoyon bo'lmaydi. Ma'lumki, oltin va kumush ko'pchilik kimyoviy reaksiyalarda ishtirok etmaydi. Ammo kumush va oltin nanozarrachalari kimyoviy reaksiyalarni nafaqat tezlashtirib, balki ularda bevosita ishtirok etadi. Masalan; kumushning oddiy namunalari xlorid kislotasi bilan o'zaro ta'sirlashmaydi. Ammo kumush nanozarrachalari xlorid kislota bilan reaksiyaga kirishib, bu reaksiya quyidagi sxema bo'yicha amalga oshadi:



Kumush nanozarrachalarining yuqori reaktiv xususiyati ularning yuqori bakteritsid

ta'sirini vujudga keltiradi va ular kasallik qo'zg'atuvchi bakteriyalarni o'ldiradi. Kumush ionlari bakteriyalar fermentlaridan birining ishini to'xtatadi.

Kumush nanozarrachalaridan yuqori reaktiv xususiyati ulardan yuqori bakteritsid xususiyatlaridan foydalanish uchun ularni odatiy gazlamalar tarkibiga kiritmoqdalar. (masalan; choyshablar). Kumush nanozarrachalari bilan oshxona jihozlari, eshik dastalari, klaviatura va sichqoncha sirtlariga ishlov beriladi. Chunki, yuqorida aytilgan jihozlar kasallik qo'zg'atuvchi bakteriyalarni tarqatadi. Nanozarrachalar dizenfeksiya va sanitariya maqsadlarida (kir yuvish kukunlari va tish yuvish pastalarida) va kosmetikada qo'llaniladi. Kumush nanozarrachali qoplamalarni infeksiya ko'payish havfi ko'p bo'lgan joylarda foydalanish mumkin. Masalan, meditsina korxonalarida, bolalar bog'chasida, sport zallarida kumush nanozarrachalarini suv va tuproqni tozalashda, havo filtrlarida basseynlarda foydalanish mumkin.

### **Nanofazali materiallar.**

Katta kuchlanishlarda barcha materiallar sinadi va sinish joyida atomlarning qo'shni qatlamlari bir-biridan doimiy uzoqlashadi. Ammo ko'pgina materiallarning mustahkamligi 2 ta atom qatlamlarini ajratish uchun qo'yiladigan tashqi kuch kattaligiga har doim bog'liq emas. Material odatda ichki yoriqlar bo'ylab uziladi. Qayerda yoriq bo'lsa, tashqi kuch butun qatlam bo'yicha emas, balki atomlar zanjiri bo'ylab qo'yiladi.

Yoriqlarning tarqalishiga ko'pincha qattiq jismlar mikrostrukturasi halaqit beradi. Agar jism mikrokristallardan tashkil topgan bo'lsa, unda yoriq ulardan bittasini ikkiga bo'lib, qo'shni mikrokristall tashqi sirtiga duch keladi va to'xtaydi. Shunday qilib, material zarrachalari qancha kichik bo'lsa, yoriqlar shuncha qiyinroq tarqaladi.

Nanozarrachalardan tashkil topgan materiallar nanofazali deb ataladi. Bunga misol qilib, nanofazali misni olish mumkin. Nanofazali misni tayyorlash uchun misning oddiy bo'lagini yuqori temperaturagacha qizdiriladi, unda uning sirtidan mis atomlari bo'g'lana boshlaydi. Konvektiv oqim bilan bu atomlar sovuq trubka sirti tamon harakatlanadi va unga qo'nadi. Sovuq trubka sirtidagi mis

nanozarrachalarining quyuq qatlami misning nanofazasi hisoblanadi.

### **Nanotexnologiyalar meditsinada**

Odamning kasalligi ma'lumki, butun hujayralarning emas, balki bir qism hujayralarning kasallanishi bilan bog'liq. Ammo biz dori qabul qilganda, dori qonda eriydi va kasal hujayralarga tarqaladi. SHunda sog'lom va kasal hujayralarga keraksiz bo'lgan bu dori bir qancha nojo'ya faktorni keltirib chiqaradi. Allergik reaksiyalar shu jumlasidandir. Vrachlarning orzusi dorining ma'lum kasal hujayralargacha yetib borishidir. Meditsinaning bu muammosi shunday nanokapsulali dorilar ishlab chiqarish kerakki, u aynan kasal hujayraga yetib borsin.

Dorili nanokapsulani kasal hujayraga etkazishga asosiy to'siq odamning immun sistemasidir. Immun sistema hujayralari notanish jismlarni ko'rishi bilan, ularni yo'qotib qondan chiqqarishga harakat qiladi. Shuning uchun ixtiyoriy nanokapsulani qonga qiritishimiz bilan bu kapsula kasal hujayraga etmay turib immun sistema uni parchalaydi.

Immun sistemani aldash uchun, qizil qon tanachalari bo'lmish eritrotsitlardan foydalanish tavsiya etilmoqda. Eritrotsitlar nanokapsulalarni tashisa, immun sistemasi eritrotsitlarni o'ziniki deb biladi va ularga tashlanmaydi. Immun sistemasi eritrotsit sirtiga bog'langan nanokapsulaga e'tibor bermaydi va bu dori tashuvchi eritrotsitlar bemalol kasal hujayragacha yetib boradi. Eritrotsitlar o'rtacha 120 kun yashaydi. Tajribalar ko'rsatadiki, nanokapsulalarning o'rtacha yashash davri ular eritrotsitlarga bog'langan bo'lsa, oddiy kiritilgan dorilarga nisbatan 100 baravar ortiq bo'ladi.

Olimlar aniqladiki, saraton hujayralari sirtiga foliy kislotasi molekulalari yaxshi yopishadi. Agar nanokapsulaning tashqi qobig'ida foliy kislotasi molekulalari bo'lsa, bunday nanokapsulalar aynan saraton hujayralariga yopishadi. Bu nanokapsulalarga ultrabinafsha bilan yoritiladigan yana qandaydir molekulalar biriktirilsa, saraton hujayralarini ko'rinadigan qilish mumkin. Nanokapsula tashqi qobig'iga saraton hujayralarini o'ldiradigan dori biriktirilsa, bu

hujayralarni nafaqat topish, balki yo'qotish imkoniyati tug'iladi.

### **Nanotuklar sirtini toza saqlaydi.**

O'lchami 10 mkm dan ortiq bo'lgan har qanday zarralar nanotukli sirtida tushib qolgan hech qachon unga yopishmaydi. Faqatgina uning bir necha nuqtasiga tegadi. Shuning uchun nanotukli sirtga tushib qolgan chang zarralari bu sirtidan to'kilib ketadi. Tukli sirtidan changning o'z-o'zidan tushib ketishiga lotos (nilufar) effekti deyiladi. Chunki nilufar guli ham nano tuklar bilan qoplangan va unga tushgan chang va suv zarrachalari o'z-o'zidan to'qilib ketadi. Kapalak qanotlari ham nanotuklardan tashkil topgan. Ular ho'llanganda uchib bilmas edi. Ammo nanotukchalardan ortiqcha suv to'kilib ketadi.

Shunday qilib, nanotexnologiyalar vositasida o'z-o'zidan tozalanadigan sirtlarni ishlab chiqish mumkin. Avtomobillar uchun o'z-o'zidan tozalanadigan oyna ishlab chiqarish yo'lga qo'yilmoqda. Bu oynaning tashqi sirti nanotuklar bilan qoplangan bo'ladi. Ularga oyna tozalagich shyotkalarining kerakgi bo'lmay qoladi. Hozirgi kunda avtomobil shinalari uchun doimiy toza diskalar sotilmoqda. Bo'yoq sanoatida uyning tashqi qismlarini bo'yash uchun foydalaniladigan bo'yoqlar ishlab chiqarilmoqda-ki, ular chang va loyni o'ziga sinddirmaydi.

### **Titan oksidi nanozarrachalari – nanosovun.**

$TiO_2$  titan oksidi juda katta katalitik aktivlikka ega. Uning sirtida har qanday organik birikmalar karbonat angidrid gazi va suvga bo'linib ketadi. U organik birikmalarni ultrabinafsha tashkil etuvchini o'zida saqlangan quyosh nuri ta'sirida parchalaydi. Shuning uchun titan oksidi asosida havo, suv va tuproqni zararli organik moddalarning tozalovchi fotokatalizatorlar tayyorlanadi.

Shishaga titan oksidi nanozarrachalaridan iborat plyonka surtilsa, u shaffof, ya'ni ko'zga ko'rinmaydi. Ammo quyosh nuri ta'sirida har qanday organik ifloslanishlardan tozalanadi. Organik balchiqlarning barchasi karbonat angidrid

gazi va suvga aylanadi. Natijada bunday shisha kamroq terlaydi.

Ammo titan oksidi yopiq xonalarda ishlamaydi, chunki sun'iy yorug'likda ultrabinafsha yo'q. Olimlar titan oksidi strukturasi sal o'zgartirib uni spektrning ko'rinuvchi qismi uchun ham sezgir qilish mumkin degan fikrni ilgari surishmoqda.

Titan va tseriy oksidlari nanozarrachalari nafaqat murakkab organik birikmalarni, balki odam hayoti uchun havfli azot va uglerod monooksidlarini ham parchalaydi. Shuning uchun bu zarrachalarning kukuni yoqilg'iga qo'shiladi va natijada chiqindi gaz tarkibidagi zararli aralashma miqdori kamayadi.

Ultrabinafsha nurlanish xususiyatiga ega bo'lgani uchun titan oksidi quyoshning muhofazalovchi vositalarni ishlab chiqarishda foydalaniladi.

Chiqindi gaz tarkibidagi zararli aralashma miqdori kamayadi.

Ultrabinafsha nurlanish xususiyatiga ega bo'lgani uchun titan oksidi Quyoshning muhofazalovchi vositalarni ishlab chiqishda foydalaniladi.

Oxirgi yillarda nanotexnologiyalarga va ularga investitsiya kiritishga qiziqish ortdi. Chunki nanotexnologiyalar iqtisodiy o'sishni ta'minlaydi. Iqtisodiy o'sish o'z navbatida insoniyatning turmush sifatini yaxshilaydi. Davlatning texnologik va muhofaza qudratini oshiradi, tabiiy resurslardan oqilona foydalanib, energiya sarfini kamaytiradi. Hozir barcha rivojlangan davlatlarda nanotexnologiya sohasidagi milliy dasturlar ishlab chiqilgan. Ularni moliyalashtirish davlat tomonidan va boshqa fondlar tomonidan amalga oshirilmoqda.

Nanotexnologik tadqiqotlar 10-15 yil muqaddam boshlandi. 2000 yilda Amerika Qo'shma Shtatlarida Kongress tomonidan "National Nanotechnology Initiative" (Milliy nanotexnologik tashabbus) dasturi ishlab chiqildi. Shundan buyon 2001-2008 yillar davomida AQSh davlat byudjeti tomonidan rivojlanish uchun 9 mlrd. Dollar mablag' ajratildi. Xususiy investitsiyalar davlat byudjetidan kiritilgan mablag'larga nisbatan 10 baravar ko'proq kiritildi. Nanotexnologiyalarda band bo'lgan olimlar 100000 tani tashkil etdi. AQSh da bu tadqiqotlarni moliyalashtirish 10 yil davomida 10 marta oshdi.

1999 yildan Yaponiyada "Nanotexnologiyalar bo'yicha milliy dastur" ishlab

kelmoqda. Xitoyda 2001-2005 yillarda ajratilgan 300 mln. dollar mablag' bu davlatning ishlanmalar bo'yicha jahon darajasiga chiqishiga imkoniyat berdi. Yevropa ittifoqida nanotexnologiyalar dasturining rivojlanishi nanoantenna va nanoqurilmalardan boshlab kasal odam organlarini tiklovchi nanorobotlar ishlab chiqishga yo'naltirilgan. 2007 yilda. "Nanofanlar, nanomateriallar va yangi texnologiyalar" tematik yo'nalishida Yevropa ittifoqi tomonidan 3,5 mlrd. yevro ajratildi.

Ma'lumotlarga ko'ra, keyingi 10 yil davlatlarda nanotexnologiyalarni rivojlantirish uchun 3 trillion dollar sarfladi. Nanotexnologiyalarga investitsiya kiritishga Yaponiya (6 mlrd dollar), AQShlar 5,6 mlrd dollar) va Yevropa davlatlari (4,6 mlrd. dol) eng ko'p mablag' ajratdi.

2007 yilda nanotexnologiyalar asosida ishlab chiqarilgan tovar bozori 700 mlrd dollarni tashkil etdi. 2014-yilgacha nanoindustriya bozorining ulushi 3 trln dollarni tashkil etishi va bu boradagi barcha tovarlarning 20 % ini tashkil etishi bashorat qilinmoqda.

Rossiyada "Rossiya nanotexnologiyalar korporatsiyasi" tashkil etilib, 2011 yilgacha uning rivojlanishi uchun 8 mlrd. Dollar investitsiya kiritildi. 2020-yilgacha nanotexnologiyalar bo'yicha mutaxassislar dunyodagi eng kerakli mutaxassislarning 10 ligiga kiradi.

O'zbekistonda ham nanotexnologiyalar jadal rivojlanmoqda. Respublika Fanlar akademiyasi tomonidan nanotexnologiyalar rivojlanish kontseptsiyasi ishlab chiqildi. Bu kontseptsiyani ishlab chiqishda Fanlar Akademiyasi Issiqlik fizika bo'limi va yadro fizikasi instituti qatnashdi. Po'lat Habibullaev boshchiligida bu yo'nalishda bir qator tadqiqotlar olib borildi. Issiqlik fizikasi bo'limida perspektiv tadqiqotlar laboratoriyasida nanofizika yo'nalishida ishlar olib borilmoqda. Issiqlik fizika bo'limida 10 dan ortiq xalqaro grantlar yutildi.

Bu yo'nalishdagi ilmiy yo'nalishlardan birinchi suv molekullari hosil qilgan nanoo'lchamli sohalarda vodorodni saqlashdir.

Ma'lumki, vodorod energetikasi hozirgi kunda uglerod energetikasiga alternativ hisoblanadi.

2- yo'nalish bu nanoo'lchamli strukturalarda tok va informatsiyani uzatish. Nanoo'lchamli strukturalar bu – kvant nuqtalar, kvant iplar, nanoo'lchamli tranzistorlar.

O'zbekiston FA qoshidagi Yadro fizikasi institutida nanotexnologiyalar laboratoriyasi faoliyat yuritmoqda. Bu yerda havo, suv va tuproqni nanokatalizatorlar vositasida tozalashning muammolari ustida ilmiy ishlar bajarilmoqda.

2012 yil 10-13 oktyabr kunlari Samarqandda “Nanotexnologiyalar sohasidagi yutuqlar” mavzusida xalqaro konferentsiya o'tkazildi.

2010 yilda grafen moddasining ochilishi uning avtorlariga Nobel mukofotini taqdim etdi. Grafen bo'yicha yosh o'zbek olimlari ham tadqiqot olib borishmoqda. Ulardan biri Hamdam Raximov. Uning ilmiy ishlari ko'plab xorij jurnallaridan nashr qilingan. Bugungi kunda grafen dunyoda eng g'ayrioddiy material bo'lib, uning mustahkamligi olmosdan yuqori, elektron o'tkazuvchanligi misdan yuqori va bakteritsid xususiyatlari har qanday doridan yuqoridir. Eng asosiy yo'nalishlardan yana biri bu kvant informatikasidir. Nanoo'lchamdagi kompyuterlar va ularning dasturiy ta'minoti yaratilsa, energetika muammosi yechilgan bo'lur edi. Solishtirish uchun misol keltiramiz. Oddiy kompyuterda 1 bit informatsiyani yozish uchun 100 mlrd atom talab etilsa, kvant kompyuterida 1 yoki 1 necha 10 atom qatnashgan bo'lar edi.

Nanotexnologiyalar va ilmiy – intellektual potensialning mamlakatimizda rivojlanishi, ilmiy – texnik ba'zaning mustahkamlanishi va xalqaro aloqalarning kengayishi kelajakda respublikamizning iqtisodiy rivojiga va barqarorligiga hissasini qo'shadi.

### **Xulosa**

BMI ning II bobida Elementar zarrachalarning o'zaro ta'sirotini ifodalovchi Standart model saralgan bo'lib, bu modelni tasdiqlovchi bir qator nazariy fikrlar keltirilgan. Shu bilan bir qatorda 21-asr olamshumul yangiliklaridan biri bo'lmish Xiggs bozonining ochilishi, bu bozon Standart modelni yana bir karra isbotlashi

ifodalangan.

Standart modelni elementar zarrachalarning to'qnashuvi natijasini bilishda foydalansak, konkret jarayonga bog'liq ravishda turli hisoblashlarni amalga oshirish mumkin:

- Elektromagnit hodisalar uchun elektronlarning sochilishi, energetik sathlar uchun aniq milliondan birgacha. Elektronning anomal magnit moment milliarddan bir ulushgacha aniqlikda hisoblangan.

- Ko'plab yuqori 56uy o56ute jarayonlar o'ta katta aniqlikda o'lchanadi.

- Uncha katta bo'lmagan energiyalarda kuchli o'zaro tasirlarni hisoblashda qiyinchiliklar tug'uladi.

BMI ning bu bobida nanotexnologiyalarning rivojlanishi ham ko'rib o'tilgan. 2020 yilgacha nanotexnologiyalar bo'yicha mutaxassislar dunyodagi eng kerakli mutaxassislarning 10 ligiga kiradi.

O'zbekistonda ham nanotexnologiyalar jadal rivojlanmoqda. Respublika Fanlar akademiyasi tomonidan nanotexnologiyalar rivojlanish kontseptsiyasi ishlab chiqildi. Bu kontseptsiyani ishlab chiqishda Fanlar Akademiyasi Issiqlik fizika bo'limi va yadro fizikasi 56uy o56ute qatnashdi. Po'lat Habibullaev boshchiligida 56uy o'nalishda bir qator tadqiqotlar olib borildi. Issiqlik fizikasi bo'limida perspektiv tadqiqotlar laboratoriyasida nanofizika yo'nalishida ishlar olib borilmoqda. Issiqlik fizika bo'limida 10 dan ortiq xalqaro grantlar yutildi.

O'zbekiston FA qoshidagi Yadro fizikasi institutida nanotexnologiyalar laboratoriyasi faoliyat yuritmoqda. Bu yerda havo, suv va tuproqni nanokatalizatorlar vositasida tozalashning muammolari ustida ilmiy ishlar bajarilmoqda.



## **Xotima**

BMI ning I bobida Koinotning asosiy 75% qismini tashkil etuvchi qorong'i energiya va qorong'i materiya o'rganilgan bo'lib, quyidagi xulosalarga kelingan:

1. Qorong'i energiyaning hisobiga bir-biridan uzoqda joylashgan galaktikalar va galaktikalar to'plami o'zaro bir-biridan itarishadi.

2. Bizdan qandaydir masofada joylashgan galaktikalar Xabbl qonuni bo'yicha aniqlanadigan tezlik bilan emas, balki undan kattaroq tezlik bilan bizdan uzoqlashmoqda ekan.

BMI ning bu bobida gravitatsion to'lqinlar ham qaralgan bo'lib, 2016 yilning 11 fevralida xalqaro LIGO ilmiy hamkorligidagi mutaxassislar Vashingtonda maxsus matbuot anjumanida gravitatsion to'lqinlari haqiqatda mavjudligi va qayd etilganini e'lon qilinganligi keltirilgan. Gravitatsion to'lqinlar mavjudligining tajribada tasdiqlanishi maydon nazariyasining yangi talqinda ko'rish imkoniyatlarini ochadi.

BMI ning II bobida Elementar zarrachalarning o'zaro ta'sirotini ifodalovchi Standart model saralgan bo'lib, bu modelni tasdiqlovchi bir qator nazariy fikrlar keltirilgan. Shu bilan bir qatorda 21-asr olamshumul yangiliklaridan biri bo'lmish Xiggs bozonining ochilishi, bu bozon Standart modelni yana bir karra isbotlashi ifodalangan.

Standart modelni elementar zarrachalarning to'qnashuvi natijasini bilishda foydalansak, konkret jarayonga bog'liq ravishda turli hisoblashlarni amalga oshirish mumkin:

- Elektromagnit hodisalar uchun elektronlarning sochilishi, energetik sathlar uchun aniq milliondan birgacha. Elektronning anomal magnit moment milliarddan bir ulushgacha aniqlikda hisoblangan.

- Ko'plab yuqori 57uy o57ute jarayonlar o'ta katta aniqlikda o'lchanadi.

- Uncha katta bo'lmagan energiyalarda kuchli o'zaro tasirlarni hisoblashda qiyinchiliklar tug'uladi.

BMI ning bu bobida nanotexnologiyalarning rivojlanishi ham ko'rib o'tilgan.

2020 yilgacha nanotexnologiyalar bo'yicha mutaxassislar dunyodagi eng kerakli mutaxassislarning 10 ligiga kiradi.

O'zbekistonda ham nanotexnologiyalar jadal rivojlanmoqda. Respublika Fanlar akademiyasi tomonidan nanotexnologiyalar rivojlanish kontseptsiyasi ishlab chiqildi. Bu kontseptsiyani ishlab chiqishda Fanlar Akademiyasi Issiqlik fizika bo'limi va yadro fizikasi 58uy o58ute qatnashdi. Po'lat Habibullaev boshchiligida 58uy o'nalishda bir qator tadqiqotlar olib borildi. Issiqlik fizikasi bo'limida perspektiv tadqiqotlar laboratoriyasida nanofizika yo'nalishida ishlar olib borilmoqda. Issiqlik fizika bo'limida 10 dan ortiq xalqaro grantlar yutildi.

O'zbekiston FA qoshidagi Yadro fizikasi institutida nanotexnologiyalar laboratoriyasi faoliyat yuritmoqda. Bu yerda havo, suv va tuproqni nanokatalizatorlar vositasida tozalashning muammolari ustida ilmiy ishlar bajarilmoqda.

### Foydalanilgan adabiyotlar.

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2016-yil 8-oktabrdagi F-4724-son farmoyishi.
2. James B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity, Pearson Education Ltd., 2013, 554 p.
3. Arnab Rai Choudhuri, Astrophysics for Physics, Cambridge University Press, 2010, 471 p.
4. Max Camenzind, Compact Objects in Astrophysics, Springer, 2007, 682 p.
5. T. Padmanabhan, Theoretical Astrophysics, Volume I-III, Cambridge University Press, 2010.
6. L. Rezzolla, O. Zanotti, Relativistic Hydrodynamics, Oxford University Press, 2013, 752 p.
7. Бочкарев Н.Г.б Магнитные поля в космосе, М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 216 с.
8. Дьячков П.Н. // Природа № 11, 2000. «Углеродные нанотрубки. Материалы для компьютеров XXI века» 34-36 стр.
9. Козырев С.В. Роткин В.В. // ФТП.1993.Т.27.вып. 9стр.
10. Миронов В.Л. г. Нижний Новгород: РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МИКРОСТРУКТУР, 2004. «Основы сканирующей зондовой микроскопии» 24-25стр
11. Пул Ч., Оуэнс Ф. М.: Техносфера. 2005. «Нанотехнологии» 44-48стр.
- Рамбиди Н.Г., М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. «Нанотехнология и молекулярные компьютеры» 22-55стр
12. Суздаев И.П. М.: КомКнига. 2006. «Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов.» 3-7стр
13. Харрис П. М.: Техносфера. 2003 «Углеродные нанотрубки и родственные структуры. Новые материалы XXI века.» 28-62 стр

14. Чаплыгин А.Н. М.: Техносфера. 2005. «Нанотехнологии в электронике» 5-18 стр

### **Internet ma'lumotlari**

1. [http://hea.iki.rssi.ru/HEAD\\_RUS/links\\_k.htm](http://hea.iki.rssi.ru/HEAD_RUS/links_k.htm)
2. <https://books.google.com/books?isbn=0226069710>
3. <https://books.google.com/books?isbn=0226724573>