



## YUQORI HARORATLI O'TA O'TKAZUVCHANLIKNI IFODALOVCHI MODELLAR VA ULARNI ANIQ MISOLLARDA IFODALASH

**Djurayev Davron Raxmonovich**

Fizika matematika fanlari doktori. Professor

**Jahonqulova Maftuna Jamshid qizi**

10-1fiz24guruh magistranti

jahonqulova@gmail.com

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19945428>

### ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 26-aprel 2026 yil

Ma'qullandi: 28-aprel 2026 yil

Nashr qilindi: 30-aprel 2026 yil

### KEY WORDS

*o'ta o'tkazuvchanlik, yuqori harorat, kupratlar, Josephson effekti, nanotrubkalar, SKVID, kritik harorat, kvant hodisalar, kriogenika, energetika.*

### ABSTRACT

*Ushbu maqolada o'ta o'tkazuvchanlik hodisasining tarixiy kashfiyoti, nazariy modellari, turli toifalarga mansub materiallar asosidagi yuqori haroratli o'ta o'tkazgichlarning fizik xossalari va ularning amaliy qo'llanilishi ko'rib chiqiladi. Kamerling-Onnes tomonidan suyuq geliy yordamida 1911 yilda aniqlangan o'ta o'tkazuvchanlik hodisasi bugungi kunga kelib nafaqat fundamental fizikada, balki texnika, energetika va kvant hisoblash sohalarida ham muhim texnologik yechimlarga olib kelmoqda. Ayniqsa, 1986 yildan so'ng kashf etilgan yuqori haroratli o'ta o'tkazuvchan materiallar bu sohani tubdan o'zgartirib yubordi. Maqolada mis oksidli kupratlar, temir asosli oksipniktidlar, gidridlar, karbonli nanomateriallar va boshqa zamonaviy YHO'O'lar misolida o'ta o'tkazuvchanlikning nazariy asoslari va amaliy tadbiqlari chuqur tahlil qilinadi. Shuningdek, nanostrukturalar bilan bog'liq holda kuzatilgan yangi xususiyatlar va istiqbolli tadqiqot yo'nalishlariga ham e'tibor qaratiladi.*

**O'ta o'tkazuvchanlik** – tabiatning juda qiziqarli hodisalaridan ekanligi ma'lum. Uning eng soda ta'rifi – moddaning o'zidan elektr tokini qarshiliksiz o'tkazish xossasidir. O'ta o'tkazuvchanlik hodisasining kashf etilishida moddalarni o'ta past haroratlarda sovutish texnologiyasining rivojlanishi asos bo'ldi, desak xato qilmagan bo'lamiz. 1877 yilda frantsiyalik muhandis Lui Kayete va shveytsariyalik fizik Raul` Pikte bir-biri bilan bog'lanmagan holda kislorodni suyuq holatga o'tgunga qadar sovutishga erishishdi. 1883 yilda Zigmunt Vrublevski va Karol` Ol'shevski azotni suyultirishdi. 1898 yilda esa Djeyms D`yuar suyuq vodorod olishga muassar bo'ldi. 1893 yildan gollandiyalik fizik Xeyke Kamerling-Onnes o'ta past haroratlarni olish muammosi bilan shug'ullana boshladi. Unga dunyoning eng yaxshi kriogen laboratoriyasini tashkil etish nasib etdi, mazkur laboratoriyada 1908 yilning 10 iyulida suyuq geliy olindi. Keyinchalik haroratni 1 Kelvingacha pasaytirishga erishildi. Kamerling-Onnes suyuq geliydan metallarning xossalari o'rganishda foydalandi, jumladan, ularning elektr qarshiligining haroratga bog'lanishini o'lchashda. O'sha davrda mavjud bo'lgan mumtoz

nazariyaga muvofiq haroratning kamayishi bilan qarshilik sekin-asta, uzluksiz kamayib borishi kerak edi, biroq boshqacha fikr ham bor edi, ya'ni ushbu fikrga, asosan, o'ta past haroratlarda elektronlar amalda harakatlanmay qolib, metall umuman tokni o'tkazmay dielektrik bo'lib qolishi ham mumkin. Kamerling-Onnes o'zining assistentlari Kornelis Dorsman va Gilles Xol'st bilan birgalikda avval haroratning kamayishi bilan qarshilikning sekin-asta uzluksiz kamayishini tasdiqlashdi. Biroq, 1911 yilning 8 aprelida harorat 3 Kel'vin atrofida ( $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$  yaqinida) bo'lganda simobning qarshiligi tasodifan kutilmaganda keskin nolgacha kamayib qolishi kuzatildi. 11 mayda o'tkazilgan keyingi tajribada harorat 4,2 Kel'vinga (aniqrog'i, keyingi o'lchashlar harorat 4,15 Kel'vinga tengligini ko'rsatdi) etganda qarshilik sakrab, keskin nolgacha kamayishi kuzatildi. Ushbu kuzatilgan Samara (effekt) kutilmagan natija edi va o'sha davrda mavjud bo'lgan nazariyaga asosan tushuntirish imkoniyati mavjud emas edi. 1912 yilda yana ikkita metallda (qo'rg'oshin va qalayda) ham o'ta o'tkazuvchanlik xossasi kuzatildi. 1919 yilda talliy va uran o'ta o'tkazgichlar ekanligi qayd etildi

Keyinchalik o'ta o'tkazgichlarning ikkita katta oila birinchi tur (unga misol qilib simobni keltirish mumkin) va ikkinchi tur (unga misol qilib turli metallarning qotishmalarini keltirish mumkin) bo'linishi aniqlandi. Ikkinchi tur o'ta o'tkazuvchanlikni kashf etilishida 1930 yillardagi L.V.Shubnikov va 1950 yillardagi A.A.Abrikosovning ishlari muhim rol o'ynadi. 1962 yilda Brayan Jozefson tomonidan kashf etilgan Jozefson effekti o'ta Yuqori sezgirlikka ega bo'lgan elektromagnit qayd etgichlarni yaratish imkoniyatini bergan bo'lsa, uning juda katta amaliy ahamiyatga ega ekanligi hozirgi kundagi fan va texnikaning rivojlanishida namoyon bo'lmoqda. 1986 yilda Karl Myuller va Georg Bednorts 15 yangi turdagi Yuqori haroratli o'ta o'tkazgichlar (YuHO'O) deb nomlanadigan metal oksidlari asosidagi o'ta o'tkazgichlarni kashf etishdi. Agar 1987 yilning boshlarida lantan-strontsiy-mis-kislorod ( $\text{La—Sr—Cu—O}$ ) birikmasida 36 K da qarshilik nolgacha kamaygan bo'lsa, 1987 yilning mart oyida ilk marotaba suyuq azotning qaynash haroratidan (77,4 K) yuqori haroratlarda ham, ya'ni ittriy-bariy-mis-kislorod ( $\text{Y—Ba—Cu—O}$ ) birikmasida ushbu hodisa kuzatildi. Keyingi tadqiqot-izlanishlar o'ta o'tkazuvchanlik xossasini Hg-Ba-Ca-Cu-O(F) keramik birikmada 138 K haroratda va uni bosim ostida (400 kbar) 166 K ga etkazish mumkinligini ko'rsatdi.

Ushbu 1- rasmda o'ta o'tkazgichlar kritik haroratlarining yillar davomida o'zgarish xronologiyasi keltirilgan. Undan ko'rinib turibdiki, 1986 yildan boshlab kritik harorat keskin oshib borgan, ya'ni 24 K dan 166 K gacha. Bu esa olimlarni xona haroratida ham o'ta o'tkazuvchanlik hodisasiga ega bo'lgan materiallarni olish mumkinligiga ishonitirmoqda. Shu paytgacha olib borilgan tadqiqotlar natijasida tayyorlangan o'ta o'tkazgichlarni shartli ravishda quyidagicha klassifikatsiyalash mumkin:

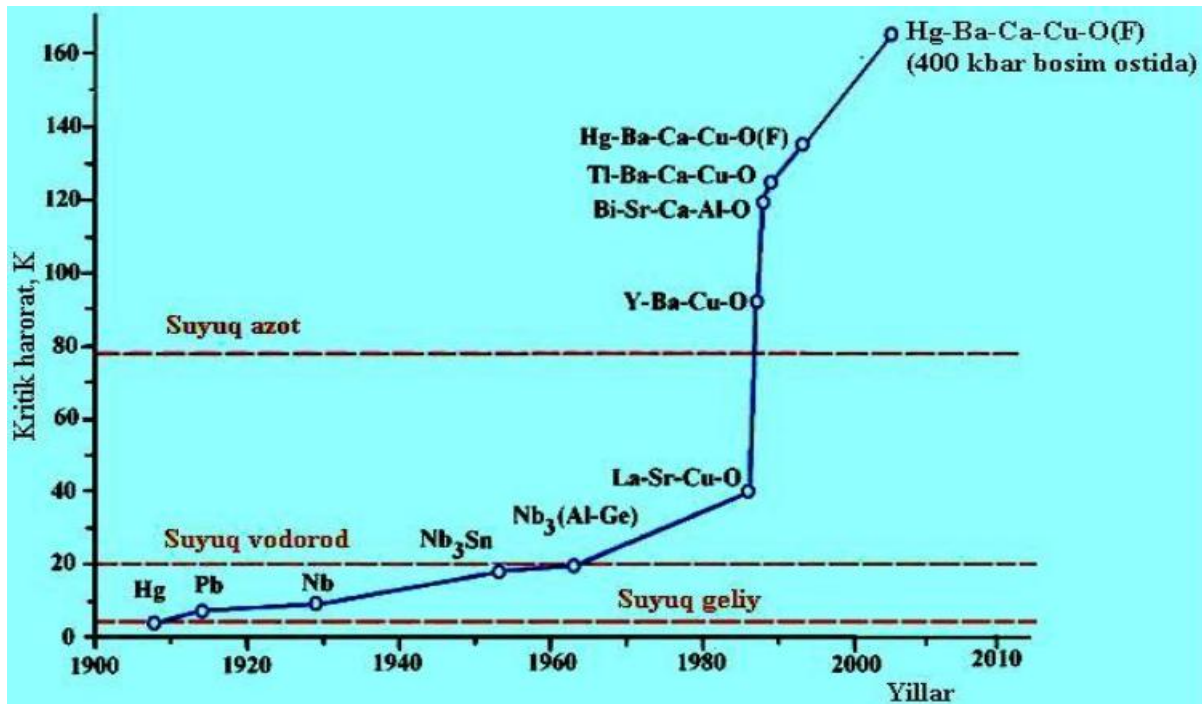
Organik o'ta o'tkazgichlar 1979 yilda kashf etildi, uning maksimal kritik harorati  $T_c=11,5$  K ga teng bo'lgan.

A15 turdagi birikmalar, klassik past haroratli o'ta o'tkazgichlar ilk marotaba 1954 yilda kashf etilgan, uning maksimal kritik harorati  $T_c=23,2$  K ga teng. bo'lgan.

**Magnitli o'ta o'tkazgichlar**, yoki Cheverel fazasi 1979 yilda kashf etilgan bo'lib, ferromagnitli va antiferromagnitli o'ta o'tkazgichlarni birlashtiradi ular uchun maksimal kritik harorati  $T_c=15$  K ga teng bo'lgan, ammo amalda yuqori magnit maydoni  $H_c2=60$  Tl ga egadir.

Og'ir fermionlar uchun maksimal kritik harorat  $T_c=18$  K ga teng bo'lib, ularda o'ta o'tkazuvchanlik ferromagnetizm va antiferromagnetizm bilan birgalikda mavjud bo'lishi namoyon bo'ladi.

**Missiz oksidli o'ta o'tkazgichlar-** YuHO`O` larning ilk marotaba olinganida kritik harorati  $T_c=31$  K ga teng bo'lgan, 1999 yilda natriy aralashtirilgan vol`fram oksidi-perovskitli dielektrik monokristalli sirtqi qatlamida kritik harorat  $T_c=91$  K ga ega ekanligini namoyon qildi.



1-rasm. O'ta o'tkazuvchanlikka o'tishning kritik haroratlari bilan ular kuzatilgan vaqt orasidagi bog'lanishni ifodalovchi xronologik chizma.

**Oksipniktidlar** – mis elementi bo'lmagan nodir yer elementli tuzilmalar 2008 yilda kashf etilgan bo'lib, tez orada YuHO`O` lardan keyingi o'rinni egalladi (uning kritik harorati  $T_c=55$  K ga teng). Ular ham YuHO`O` dek qatlamli kristall tuzilmaga va mos ravishdagi FeAs li o'tkazuvchan tekislikka egadir.

Piroxlorid oksidlari, ya'ni titan, tantal va niobiy tarkibida bo'lgan minerallar guruhi bo'lib, uncha yuqori bo'lmagan kritik haroratga ega, ya'ni  $T_c=9,6$  K.

Rutenkupratlar – YuHO`O` larga juda yaqin o'xshash bo'lib, ularda o'ta o'tkazuvchanlik ferromagnetizm bilan birga mavjud bo'ladi, ularning maksimal kritik harorati  $T_c=50$  K ga teng.

**Yuqori haroratli o'ta o'tkazgichlar** – 1986 yilda kashf etilgan o'ta o'tkazuvchan kupratlar, o'ta o'tkazuvchanlik CuO<sub>2</sub> tekisligi bo'ylab amalga oshiriladi, bugungi kunda rekord yuqori kritik haroratga ( $T_c=166\pm 1,5$  K) ega.

Nodir er elementli borokarbidlarda kritik harorat  $T_c=23$  K ga erishilgan.

Kremniyli o'ta o'tkazgichlar yuqori qo'shimcha bosim ostida (o'ta o'tkazuvchan materiallarda o'ta o'tkazuvchanlikni oshiruvchi asosiy faktorlardan biri bo'lgan) kritik harorat  $T_c=14$  K ekanligini ko'rsatdi.

Xalbkogenidlar – oltingugurt va selen asosidagi tuzilmalar bo'lib, uncha katta bo'lmagan kritik harorat,  $T_c=4,15$  K ekanligini namoyish etdi.

Uglerodli o'ta o'tkazgichlar – ulardagi o'ta o'tkazuvchanlik tadqiqotlarida eng ko'p qarama-qarshi va munozarali natijalar kuzatilgan bo'lib, ularga hamrohlik qilgan fullerenli tuzilmalarda kuzatilgan kritik

harorat  $T_c=40$  K ekanligi tasdiqlandi.

MgB<sub>2</sub> va o'xshash tuzilmalar ( $T_c=39K$ ). 1950 yillarning boshida ushbu ma'lum, arzon va ommabop materiallarda (magneziyning barcha dorixonalarda sotib olish mumkin!) yetarlicha yuqori kritik haroratga ega bo'lgan o'ta o'tkazuvchanlik kuzatildi, bu esa juda ham taajublanarli edi, chunki kashfiyot faqatgina 2001 yilda, ya'ni 1986 yilda kashf etilgan YuHO'O' dan, o'ta o'tkazuvchanlik sohasiga bag'ishlangan shiddatli kashfiyotlardan ancha keyin amalga oshirildi.

Borgan sari insoniyat uchun muhimligi oshib borayotgan energetika muammosini echish, yangi turdagi energiya manbailarini yaratish, hamda uni saqlash va yetarlicha uzoq masofalarga uzatish bilan bog'liq eksperimental qurilmalarni ilmiy yo'nalishlar orasida birinchilar qatoriga

ko'tardi. Ushbu muammoning naqadar muhim ekanligini fizika yo'nalishidagi Nobel mukofoti qumitasining o'ta o'tkazuvchanlik va aralash tadqiqot vakillarini e'tibordan chetda qoldirmaganidan ham bilsa bo'ladi.

Agar **yuqori haroratli o'ta o'tkazgichlarni elektrik qo'llanilishi tarixiga** e'tiborni qaratsak, ular quyidagilardir:

- 2009 yilda yuqori haroratli o'ta o'tkazuvchan Bi-Sr-Ca-Cu-O birikma asosida 10 kVt o'zgarmas tok kabeli tayyorlandi;
- 2007 yilda yuqorida keltirilgan birikmadan foydalanilgan holda 365 kVtli dvigatel va uyasining diametri 200 mm bo'lgan 8 tesla magnit maydonini beruvchi magnit tayyorlandi;
- 2006 yilda yuqoridagi birikma asosida 200 amper tok o'tkazish qobiliyatiga ega bo'lgan, 100 metrli katta quvvatli yer osti kabeli tayyorlandi;
- 2005 yilda ushbu birikma asosida kemalarni shatakka olish uchun va yuqori tezlikli poezdlarni harakati uchun suyuq azot bilan sovutiladigan mos ravishdagi dvigatel va transformator tayyorlandi.

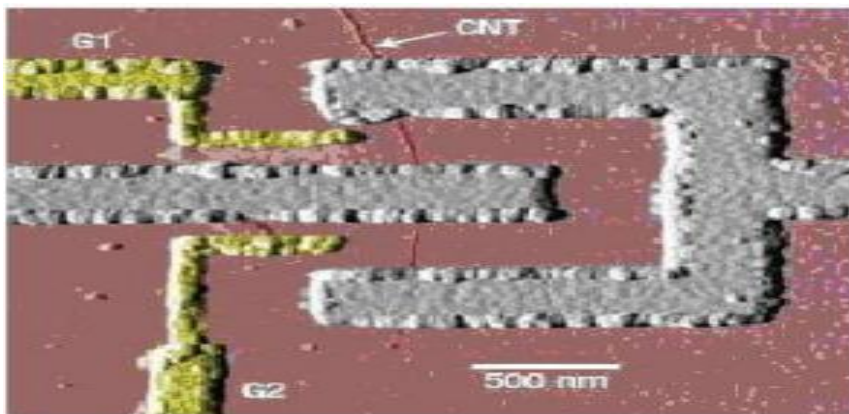
**J.X.Schon, Ch.Klok, B.Batloglarning** yuqori haroratli o'tkazuvchanlik hodisasini aktseptorlar kiritilgan fulleritlarda kuzatganlari ushbu yo'nalishda ham yechimini kutayotgan masallar talaygina ekanligidan dalolat beradi. Mazkur yo'nalishda jahonning ko'pgina etakchi ilmiy tadqiqot laboratoriyalarida tadqiqotlar olib borilmoqda. Masalan, juda kichik diametrga ega bo'lgan -0,4 nm uglerodlinanonaychalar (nanotrubbkalar) sintezlandi va ularning o'ta o'tkazuvchanligi harorat  $<20 K$  bo'lganda kuzatildi.

Turli diametrdagi nanonaychalarni olish va ularni metallar bilan to'ldirish yo'li bilan parametrlari oldindan berilgan xossalarga ega bo'lgan kvant simlarni hosil qilish uchun muvaffaqiyatli yo'nalishlardan biridir. Shuning uchun metall bilan to'ldirilgan nanonaychalarning elektron strukturasi modelini yaratish dolzarb masala hisoblanadi. Masalan O.M.Kenn va P.N D'yachkovlarning ishida nanonaycha ichidagi metallning alohida atomlaridan tashkil topgan zanjirning elektron strukturasi hisoblangan. Metallning o'tkazuvchan elektronlari orasidagi o'zaro ta'sir va ularni o'rab olgan nanonaychaning uglerodli karkasi cheksiz baland devorli ikki o'lchamli silindrsimon o'ra ko'rinishida modellashtirildi. Yuqori haroratli o'ta o'tkazgichlardan BSCCO - 2212 metalloksidning kristallari sirtida skanerli tunneli mikroskop (STM) yordamida 3 o'lchamli o'ta o'tkazuvchan nanodomenlardan iborat sohalar borligi kuzatildi. Bundan quyidagi esa o'z navbatida quyidagi savollar kelib chiqadi:

1. Mazkur nanodomenlardan iborat nanostrukturalar yuqori haroratli o'ta o'tkazgichlar uchun umumiy mi, ya'ni boshqa YBCO TBCCO metall oksidli o'ta o'tkazgichlarda ham kuzatiladimi?

2. Ushbu nanodomenlardan iborat nanostrukturalar faqat sirtida kuzatiladimi yoki massiv yuqori haroratli o'ta o'tkazgichlarda ham mavjud bo'ladimi?

Keyingi olib borilgan tadqiqotlar yuqoridagi savollarga aydinlik kiritdi. Jahonning etakchi ilmiy tadqiqot laboratoriyalarida YBCO-123 va TBCCO-2212 metal oksidi asosidagi yuqori haroratli o'ta o'tkazuvchan plyonkalarda o'tkazilgan tajribalar natijalari bunday nanodomenli nanostrukturalar faqatgina BSCCO - 2212 uchun xos emas, balki boshqa metall oksidi asosidagi o'ta o'tkazgichlar uchun ham xos ekanligi va ularning o'ta o'tkazgichning yuzasida emas hajmida ham mavjudligi ilmiy isbotlandi. Uglerodli nanotrubkalarining o'ta o'tkazgichlar bilan bog'langan holda amaliy tadbiq etish maqsadida olib borilgan tadqiqotlar asosida SKVIDlar ham tayyorlandi. Bunday Jozefson kontaktlari asosidagi SKVIDlardan birining rasmi



Yuqori haroratli o'ta o'tkazgichlar va nanomaterial asosida tayyorlangan SKVID ning ko'rinishi.

Ushbu keltirilgan tasvir Fransiyadagi CNRS ilmiy markazining bir guruh olimlari tomonidan zamonaviy nanotexnologiyalar yutuqlaridan foydalangan holda tayyorlandi. Rasmdagi o'lchamlarning keltirilishidan bu naqadar nozik katta kuch va e'tiborni talab etadigan tajriba ekanligini ko'rishimiz mumkin.

Bunday SKVIDlar asosidagi qurilmalar nanozarralar magnit xossalarini o'rganishda noyob asbob bo'lib juda ham qo'l keladi. Demak o'ta o'tkazuvchanlik va nanostrukturalar bir-biri bilan bog'liq ekanligi, ularning bir-birini to'ldirishini hamda ham amaliy, ham nazariy ahamiyatga ega ekanligiga ishonch hosil qildik.

Nanostrukturalar darajasida o'ta o'tkazuvchanlik hodisalarini tadqiq etilishi insoniyat uchun hozirgi kunda yechilmagan muammo bo'lib qolayotgan o'ta o'tkazuvchanlik hodisasini tushuntira oladigan va xona haroratida ham bunday hodisani kuzatish mumkinmi degan savollarga javob topishda imkoniyat yaratadigan tadqiqotlar yo'nalishiga kiritish mumkin.

Finlandiya fiziklari shuni ham baholashdiki, agar yuqori haroratli o'ta o'tkazgichlardan, yuqori quvvatli elektr tarmoqlarida foydalanilsa, Evropa hamkorligi mamlakatlarida 53 million tonna uglerod dioksidini emissiyasi kamayadi, ya'ni Evropa hamkorligi mamlakatlari talabi asosidagi Kioto protokoliga mos ravishda ekologik hamda iqtisodiy ijobiy natijalarga erishiladi.

Jahonda energiyadan foydalanish jadal suratlar bilan o'smoqda yiliga 2,3% ya'ni har 30 yilda ikki martaga oshadi. 2001 yilda yiliga 8 teravatt (1TW=109 kW). Ishlab chiqariladigan energiya shartli yoqilg'i masalasi hisobida o'lchanadi (1 kg shartli yoqilg'i yonganda 29,3 Mjoul

energiya ajralib chiqadi: ko`mir kamroq beradi neft va gaz ko`proq. Bunday miqdordagi energiyani ishlab chiqarish uchun milliard tonnaga yaqin yoqilg`i sarf etish talab etiladi).

Ma`lumki termoyadroviy reaktorlarda qo`llaniladigan o`ta o`tkazgichlar kuchli magnit maydoniga va bundan tashqari kuchli radiaktiv nurlanishga, ya`ni yuqori energiyali zarralar oqimi – neytronlar, protonlar elektronlar va turli ionlarning kuchli ishdan chiqaruvchi ta`siriga ham chiday oladigan bo`lishi kerak. Bu esa har tomonlama keng va chuqur o`tkazilgan fundamental tadqiqotlarni talab qiladi. Chunki o`ta yuqori haroratli qurilmada plazmani ushlab turuvchi magnit, nurlanish ta`sirida ishdan chiqsa, magnit g`altakda yig`ilgan ulkan energiya tashqariga otilib chiqadi (kuchli portlash sodir bo`lishi mumkin). Bu esa har tomonlama juda ehtiyotkorlikni talab etadi.

### **Yuqori haroratli super o`tkazuvchilarga misollar**

**1 Kupratlar –  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$**  Kupratlar sinfi yuqori haroratli super o`tkazuvchilarning eng ko`p o`rganilgan guruhi bo`lib, struktura jihatdan  $\text{CuO}_2$  qatlamlarini o`z ichiga oladi. Masalan,  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  (YBCO) sinfi —  $T_c \approx 92-93$  K. Ularning xususiyatlari: kuchli anizotropiya (katlam ichida va perpendikulyar yo`nalishda farq), d-toifa gap simmetriyasi, pseudogap fazasi, dopingga katta bog`liqlik.

Nazariy jihatdan — antiferromagnit korrelyatsiyalar, spin-to`lqinlanish, dopant nazorati va fazaviy o`tishlar bu materialni yozishda asos bo`lgan.

**2 Temir asosli supero`tkazuvchilar – misol uchun FeSe, LaFeAsO** Temir pniktidlar va xalkerjenidlar sinfi (2008-yildan boshlab) yuqori haroratli superconductivity ( $T_c \sim 30-60$  K) bilan qiziqarli bo`lgan. Ular normal holatda nematik, magnit kateqoriya xususiyatlarini ko`rsatadi — shu spin/strukturaviy o`zgarishlar superconductivity bilan bog`lanadi. Masalan, interfeys bazasidagi FeSe/SrTiO<sub>3</sub> birikmasida oddiy FeSe bulk  $T_c \sim 8$  K bo`lsa, interfeys holatda  $\sim 65-80$  K darajasiga ko`tarilgan. Bu misol superconductivityni oshirish yo`llarini ham ko`rsatadi: qatlam interfeyslari, elektron-fonon bog`lanishi kuchaytirilgan, struktura nazorati bilan  $T_c$  oshirilgan.

**3 Gidrid va vodorodga boy supero`tkazuvchilar.** H-rich materiallar bosim ostida yuqori  $T_c$  qiymatlarini ko`rsatdi. Masalan,  $\text{H}_3\text{S}$  bosim ostida  $T_c \sim 203$  K,  $\text{LaH}_{10}$  esa  $\sim 250$  K darajasida bosimli sharoitda superconducting holat ko`rsatgan. Bu materiallar “konvensional” superconductivity mexanizmi (fonon-elektron coupling) bo`yicha tushunilishi mumkin deb hisoblangan, lekin ularning yuqori bosimlardagi sharoiti ularni amaliy sharoitda qo`llashni cheklaydi.

**Xulosa:** O`ta o`tkazuvchanlik hodisasi fizika fanining eng qiziqarli, chuqur va hozirgi kungacha to`liq tushuntirib berilmagan sirli hodisalaridan biridir. 1911 yilda Kamerling-Onnes tomonidan kashf etilgan bu hodisa bugunga kelib fundamental fan, texnologik rivojlanish va amaliy qo`llanmalar sohasida tub burilish yasadi. Dastlab faqat o`ta past haroratlarda (4 K atrofida) kuzatilgan o`ta o`tkazuvchanlik, 1986 yildan boshlab yuqori haroratlarda ham sodir bo`lishi mumkinligi aniqlanib, yangi materiallar — yuqori haroratli o`ta o`tkazgichlar (YuHO`O`) kashf etildi.

Mazkur hodisaning nazariy asoslari hali ham to`liq ishlab chiqilmagan bo`lsa-da, d-toifadagi juftlanish, spinli to`lqinlanishlar, elektron-kuchli korrelyatsiyalar kabi modellarning mavjudligi uni chuqurroq anglash imkonini bermoqda. Shu bilan birga, gidridlar va qatlamli temir asosli materiallarda yuqori kritik haroratlarda erishilgan bo`lib, bu istiqbolli yo`nalishlardan biri sanaladi.

Yuqori haroratli o'ta o'tkazgichlar nafaqat fundamental ilmiy izlanishlar obyekti, balki amaliy texnologiyalar uchun ham muhim poydevor bo'lib xizmat qilmoqda. Xususan, magnit levitatsiyali poezdlar (Maglev), tibbiy tomografiya (MRI), kvant hisoblash qurilmalari (Josephson tugunlari asosida), kuchli energiya uzatish kabellari va SKVIDlar bu materiallarning real hayotdagi muhim qo'llanmalari sifatida paydo bo'lmoqda. Nanomateriallar bilan integratsiyalashgan YuHO'O'lar esa o'ta sezgir o'lchov uskunalarini yaratishga imkon bermoqda.

Biroq, ushbu hodisani xona haroratida barqaror ishlaydigan texnologiyaga aylantirish yo'lidagi to'siqlar past harorat talab etilishi, mexanizmlarining murakkabligi va ishlab chiqarishdagi texnik muammolar —hanuzgacha dolzarb bo'lib qolmoqda. Shunga qaramay, yangi avlod kvant materiallari va nanostrukturalar asosida olib borilayotgan izlanishlar insoniyatni kelajakda energetika, ekologiya, axborot texnologiyalari va sog'liqni saqlash sohalarida tub o'zgarishlarga olib kelishi mumkin bo'lgan texnologiyalarga yaqinlashtirmoqda.

#### Foydalanilgan adabiyotlar:

1. D.R.Djuraev va boshqalar O'ta o'tkazuvchanlikning ba'zi masalalari.//Toshkent, Press-Dizayin, 2012 yil, 196 bet.
2. Дж.Бардин, Дж.Шриффер Новое в изучении сверхпроводимости, М.: Физматгиз,1962, 124 стр..
3. Дж.Шриффер Теория сверхпроводимости, М.: Наука, 1970, 128 стр.
4. В.М.Агранович, В.Л.Гинзбург Кристаллооптика с учётом простран-ственной дисперсии и теория экситонов, М.: Наука, 1965, 164 стр.
5. Д.Пайнс Элементарные возбуждения в твёрдых телах, М.: Мир,1965,
6. М.Коэн, Г.Гледстоун, М.Йенсен, Дж.Шриффер Сверхпроводимость полупроводников и переходных металлов.//Москва, Мир, 1972, 316 стр.
7. Бурнштейн Э, Лундквист С. Туннельные явления в твердых телах.// М.:Мир, 1973, 421 стр
8. В.Миронов Мир физики и техники. Основы сканирующей зондовой микроскопии.//Москва, Техносфера, 2009, 143 стр/
9. Богатство Наномира. Фоторепортаж из глубин вещества.//[Гудилин Е.А. и др.]; под Пред.Ю.Д.Третьякова.- Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010,-171 стр/
10. Соколов В. И., Станкевич И. В. Фуллерены - новые аллотропные формы углерода: структура, электронное строение и химические свойства//Успехи химии, т.62 (5), с.455, 1993.
11. Новые направления в исследованиях фуллеренов//УФН, т. 164 (9), с. 1007, 1994.
12. Дьячков П. Н., Кенн О. М. "Электронная структура нанотрубок с металлами внутри". Успехи физических наук, 2010, №2, с. 115–130.
13. Европейское энергетическое агентство. Доклад по перспективам применения высокотемпературных сверхпроводников в энергетике. – Брюссель, 2020