

## **O'TA O'TKAZUVCHANLIK VA UNING AMALIY AHAMIYATI**

**Usmonov Uyg'unjon Umidjon o'g'li**

Buxoro Davlat Universiteti fizika ta'lim yo'nalishining

2-kurs magistranti

Ilmiy rahbari: **f.-m.f.d., prof. Djurayev D.R.**

### **ANNOTATSIYA**

*O'ta o'tkazuvchanlik hodisasi yaratilgandan beri, bunday xususiyatga ega bo'lgan moddalarning fan, texnika, qishloq xo'jaligi, harbiy, tibbiyot va ko'plab turli sohalarda qo'llanilganda, mazkur sohalarda boshqa usullar bilan erishilib bo'lmaydigan samarali, foydalanilgan soha uchun muhim va katta o'zgarishlarga olib kelishi mumkin bo'lganligi sababli dunyo olimlarini o'ziga jalb etib kelmoqda. Ushbu moddalarning qo'llanilishi insoniyat uchun zarur bo'lgan sohalarning jadal suratlar bilan o'sishiga, ushbu sohaning rivojlanishiga katta hissa qo'shishi bilan bir qatorda fan va texnika, texnologiyada xususan ishlab chiqarishda ham katta foyda keltiradi.*

**Kalit so'zlar:** *O'ta o'tkazuvchanlik, BKSh nazariyasi, kritik harorat, qarshilikning termik koeffitsiyenti, solishtirma qarshilik, kelvin, selsiy, spin.*

### **АННОТАЦИЯ**

*С момента создания явления сверхпроводимости вещества с этим свойством использовались в науке, технике, сельском хозяйстве, военном деле, медицине и многих других областях, и в этих областях они оказались эффективными, чего невозможно достичь другими методами. привлекает мировых ученых тем, что может привести к важным и большим изменениям для прикладной области. Использование этих веществ будет в значительной степени способствовать быстрому росту необходимых человечеству областей, развитию этой области, а также большой пользе в науке и технике, особенно в производстве.*

**Ключевые слова:** *сверхпроводимость, теория БКШ, критическая температура, термический коэффициент сопротивления, удельное сопротивление, кельвин, цельсий, спин.*

### **KIRISH**

Tajribalardan ma'lumki, harorat ortgani sayin moddalar, xususan o'tkazgichlar qarshiligi ortadi, chunki yuqori haroratda elektronlar issiqlik harakat tezligining ortishi natijasida ularning tartibli harakat siljishi kamayishi natijasida tok kuchi

kamayadi, bu hodisa o'tkazgich qarshiligining ortishi bilan bog'liq. Agar  $0^{\circ}\text{C}$  dagi o'tkazgich qarshiligi  $R_0$  bo'lib, uning harorati  $\Delta t^{\circ}$  ga ko'tarilsa, uning qarshiligi moddaning tabiatiga bog'liq holda  $\Delta R$  ga ortadi. Qarshilikning haroratga bog'liqligini quyidagi matematik bog'lanish orqali yozishimiz mumkin:

$$\Delta R = \alpha R_0 \Delta t^{\circ} \quad (1)$$

$$\Delta R = R - R_0 \quad \text{ekanligidan 1-tenglamani}$$

quyidagicha yozamiz:

$$R = R_0 + \alpha R_0 \Delta t^{\circ} \quad (2)$$

$$R = R_0 (1 + \alpha \Delta t^{\circ}) \quad (3)$$

Bu yerda  $\alpha$ -qarshilikning termik koeffitsiyenti bo'lib, tekshirilayotgan o'tkazgichni  $1\text{ K}$  ( $1^{\circ}\text{C}$ ) ga isitilgandagi qarshilikning nisbiy o'zgarishiga teng. Hamma metallar uchun ( $\alpha > 0$ ) bo'lib, sof metallarda  $\alpha = \frac{1}{273}\text{ K}^{-1}$  ga teng bo'ladi.

### AMALIY NATIJALAR

Qarshilikning termik koeffitsiyenti turli moddalar uchun turlicha qiymatlarga egadir. 3-tenglamadan ko'rinib turibdiki, harorat  $0^{\circ}\text{C}$  dan pasaya borsa, o'tkazgichning qarshiligi kamaya boradi. Quyidagi 1-jadvalda ayrim metallar qarshiligining termik koeffitsiyentining qiymatlari keltirilgan:

(1-jadval)

<i>Ba'zi metallar uchun <math>0^{\circ}</math>-<math>100^{\circ}\text{C}</math> da <math>\alpha</math> ning o'rtacha qiymatlari. (<math>\text{K}^{-1}</math>)</i>		<i>Turli moddalarning <math>18^{\circ}\text{C}</math> da Om-metr bilan ifodalanadigan solishtirma qarshiligi</i>	
1-jadval		2-jadval	
Temir	0,00625	Temir	$8,6 \cdot 10^{-8}$
Kumush	0,00400	Kumush	$1,6 \cdot 10^{-8}$
Mis	0,00445	Mis	$1,7 \cdot 10^{-8}$
Konstantan	0,00004	Konstantan	$50,0 \cdot 10^{-8}$
Aluminiy	0,00423	Aluminiy	$3,0 \cdot 10^{-8}$
Simob	0,00027	Manganin	$43,0 \cdot 10^{-8}$

Bu hodisa, ya'ni qarshilikning temperaturaning pasaya borishi bilan kamayib borishi bir qator olimlarni qiziqtirib qo'yadi. Agar amalda harorat Selsiy shkalasi bo'yicha noldan ( $273,15\text{ K}$ ) kamaya borib, uning son qiymati  $t = -\frac{1}{\alpha}$  grad bo'lsa,  $1 + \alpha t^{\circ} = 0$  bo'lib, qarshilik ham  $R = 0$  bo'lishi kerak. Bunday sharoitda o'tkazgichdan elektr toki o'tayotganda juda kam yoki deyarli qarshilikka uchramasdan harakat qiladi va natijada o'tkazgichdan elektr toki o'tishi natijasida o'tkazgichning qizishi (Joul-Lens qonuni) deyarli yuz bermasligi kerak edi.

Mazkur hodisani tajribada kuzatish imkoniyati faqatgina 1908 yilda paydo bo'ldi. Ya'ni, o'ta o'tkazuvchanlik hodisasining kashf etilishi inert geliy gazining suyultirilishi bilan chambarchas bog'liq, ushbu yutuqqa mashhur gollandiyalik fizik, Leydendagi past haroratlar fizikasi laboratoriyasining asoschisi va rahbari Gayk Kamerling Onnes 1908 yilda erishdi, ya'ni u havo tarkibida juda oz miqdorda bo'lgan inert geliy gazini suyuq holatga aylantirishga erishdi, harorati  $4,2 K^{*)}$  bo'lgan suyuqlik olindi. Kamerling Onnes 1908-yilning oktyabr oyida, past haroratlar fizikasi sohasida olib borgan tadqiqotlari va erishgan yutuqlari haqida Parijda o'tkazilgan past haroratlar fizikasi yo'nalishidagi birinchi xalqaro kongressda ma'ruza qildi.

Suyultirilgan geliyning olinishi, olimlar uchun, absolyut nolga yaqin bo'lgan ( $1 \div 10 K$ ) haroratlarda ham ilmiy tadqiqot ishlarini olib borish uchun imkoniyat yaratdi.

Ma'lumki, geliy gazining suyultirilishi bu vodoroddan keyingi o'rinda turuvchi inert gazning suyultirilishidir. Gazlarning suyulish haroratini aniq tasavvur etish maqsadida 2-jadvalda keltirilgan ma'lumotlarga e'tiborni qaratamiz. Unda moddalarning qaynash ( $T_{qay}$ ) va erish ( $T_{erish}$ ) haroratlari keltirilgan. Ushbu jadvalda keltirilgan past haroratlarning olinishi, metallar elektr qarshiligining haroratga bog'lanishini ifodalovchi qonuniyatni tajribda aniqlash uchun juda qo'l keldi. Ilk marotaba bunday tajribalarni amalga oshirish imkoniyatiga Kamerling Onnes ega bo'ldi. U metallar qarshiligini haroratga bog'lanishi qanday ko'rinishda bo'lishini tekshirib ko'rish maqsadida ilmiy izlanishlar olib borib, qator metallar uchun, harorat xona haroratiga yaqin bo'lganda ularning elektr qarshiligining haroratga bog'lanishi to'g'ri chiziqli proporsional bog'lanishda ekanligini va haroratning pasayishi bilan qarshilik kamayishi tezligining sekinlashishini kuzatdi.

2-jadval

Modda	He	$H_2^{*)}$	Ne	$N_2$	$O_2$	$H_2O$
$T_{qay}, K$	4,2	20,3	27,2	77,4	90,4	373,16
$T_{erish}, K$	$\lambda$ nuqta <sup>**)</sup> 2,18	14,0	24,5	63,3	54,7	273,16

<sup>\*)</sup>  $n K = (n - 273,16)^\circ C$ . Ushbu formula kel'vin va gradus Sel'siy orasidagi bog'lanishni ifodalaydi.

<sup>\*)</sup> Vodorod gazining suyultirilishi Jeyms D'yuar tomonidan amalga oshirildi.

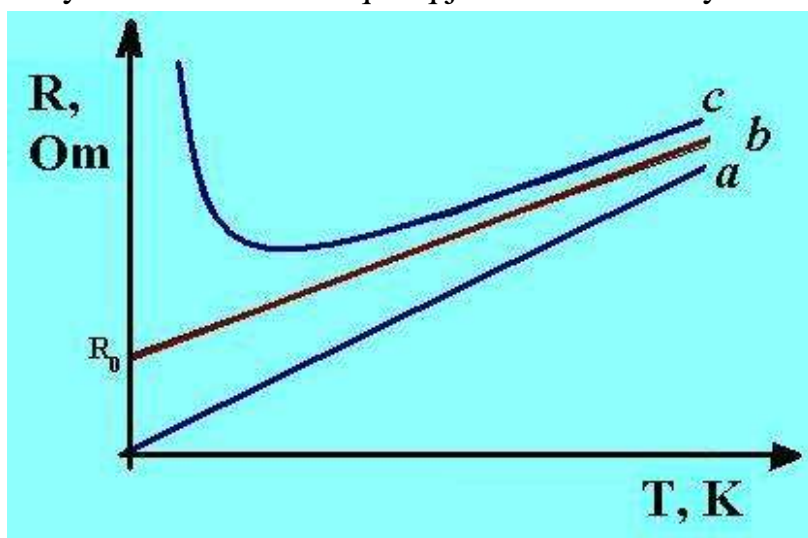
<sup>\*\*)</sup>  $\lambda$  nuqtada-2,18 K. Ushbu nuqtada suyuq geliy o'ta o'quvchanlik holatiga o'tdi. Suyuq geliy 4,2 K dan 2,18 K gacha harorat oralig'ida bo'lsa geliy I va 2,18 K da geliy II holatlarga o'tadi. Suyuq geliyning geliy II holatida qovushqoqligi yo'qoladi va issiqlikni hech qanday sarfsiz o'tkazadi. Mazkur hodisa birinchi bo'lib, 1938 yilda taniqli fizik olim P.L.Kapitsa tomonidan tajribada kuzatildi va o'ta o'quvchanlik deb nomlandi. Uning nazariyasi 1941 yilda buyuk fizik olim L.D.Landau tomonidan yaratildi.

Agar qarshilik xuddi shunday chiziqli kamaya boshlasa harorat nolga yetganda uning qiymati manfiy bo'lishi mumkinligini aniqladi. Ushbu izlanishlarning natijalari tadqiqotchini metallar elektr qarshiligining haroratga bog'liqligini quyidagi uch xil ko'rinishda bo'lishi mumkin degan xulosaga olib keldi:

- harorat kamayishi bilan metallning elektr qarshiligi nolga intiladi (1(a)-rasm);
- qarshilik o'zgarmas  $R_0$  qiymatga intiladi (1(b)-rasm);
- qarshilik kamayib ma'lum bir qiymatga erishgandan so'ng cheksiz katta qiymatga intiladi (1(c)-rasm).

Ushbu mulohazalarni amalda tekshirib ko'rish uchun toza metallar platina va oltindan foydalanildi. Mazkur o'tkazgichlar uchun haroratning kamayishi bilan ularning qarshiligini o'zgarmas qiymatga intilishi va hatto juda kichik, ya'ni kuzatilishi qiyin, hattoki o'lchab bo'lmaydigan darajada kichrayishini tajribada kuzatganligi haqida Onnes qator ilmiy anjumanlarda ma'lumot berdi va ma'ruza qildi. Uning olgan natijalari o'sha davrning jadal sur'atlar bilan rivojlanayotgan kvant nazariyasiga zid emas edi.

A.Eynshteyn<sup>\*)</sup> juda past haroratlarda atomlarning tebranish energiyasini eksponentsial kamayishini ifodalovchi qattiq jismlar modelini yaratdi.

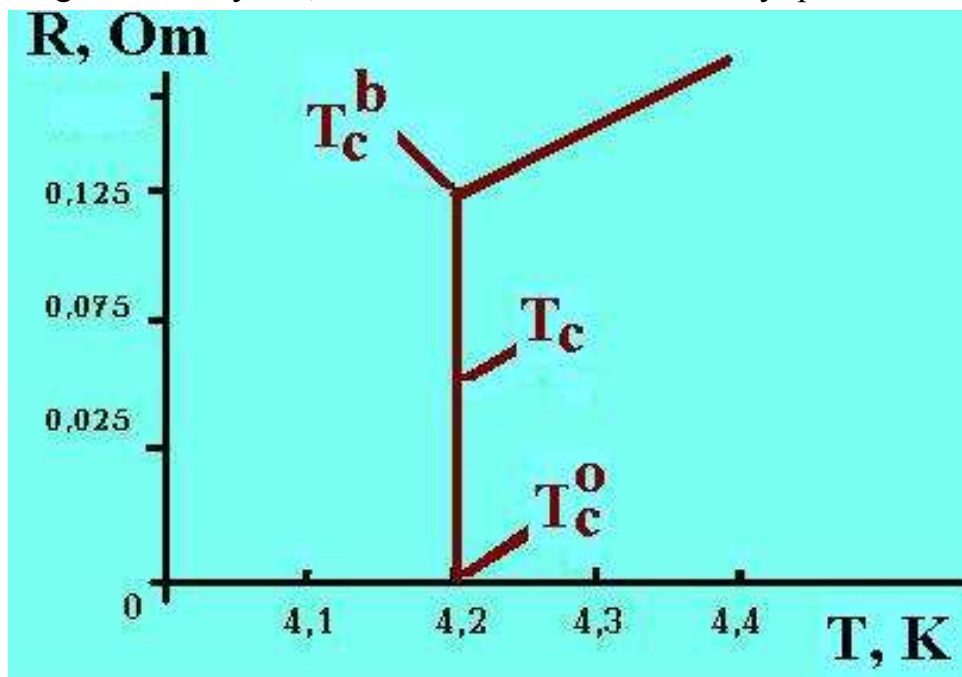


1-rasm. Metallar elektr qarshiligining haroratga bog'lanish grafiklari.

Onnesning fikricha juda sof moddalarning qarshiligi ularning kristall panjaralardagi atomlarning tebranishi orqali aniqlanishi kerak edi. Keyingi olib borilgan ilmiy izlanishlar natijalari bu fikrning haqiqatga yaqin ekanligini tasdiqladi.

<sup>\*)</sup> A.Eynshteyn (1879-1955) fotoeffekt hodisasini yorug'lik kvantlari gipotezasi yordamida asoslagani uchun Nobel mukofoti bilan taqdirlandi.

Onnes o'z ilmiy mulohazalarini tasdiqlash maqsadida, o'sha vaqtning toza <sup>\*\*</sup>) metalli hisoblangan simobdan ilmiy tadqiqot ob'ekti sifatida foydalandi. Simob moddasi elektr qarshiligining haroratga bog'lanishi o'rganilayotganda, uning qarshiligi harorat 4,2 K ga yaqinlashgach to'satdan keskin kamayishi kuzatildi. Qarshilik shunchalik kichik qiymatgacha kamaydiki, uni o'lchash mumkin bo'lmay qoldi.



2-rasm. Simob elektr qarshiligining haroratga bog'lanishini ifodalovchi chizma.

Keyinchalik takomillashgan qurilmalarda o'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatdiki, simobning qarshiligi haroratning yuzdan bir kel'vini oralig'ida keskin kamayar ekan.

Onnes tomonidan 1913 yilda olingan simob elektr qarshiligining haroratga bog'lanishi 2 –rasmda o'z aksini topgan.

Ushbu rasmda keltirilgan chizma, ya'ni qarshilikning ma'lum haroratda keskin kamayishi haqida Onnes shunday deganedi: "Harorat 4,2 K dan pastroq qiymatga yetganda, ya'ni yuzdan bir kel'vin atrofida, simobning qarshiligi to'satdan, qarshilikning tebranma nazariyasiga mos kelmaydigan holda, keskin kamaydi, qarshilik o'zining boshlang'ich qiymatidan million marotabadan ham ko'proq martaba kamaydi. Demak, simob yangi holatga o'tdi. Uning farqli o'laroq, elektr

<sup>\*\*</sup>) Toza simob distillash yo'li bilan olinishi mumkin.



xossalarini e'tiborga olib, buholatni "o'ta o'tkazuvchanlik" holati deb atasa ham bo'ladi".\*)

O'ta o'tkazuvchanlik hodisasining kashf etilishi, asosli ravishda, fundamental fikrlarni amalda tadqiq qilish jarayonida tasodifan yaratildi deb ham aytish mumkin.

O'ta o'tkazuvchanlik hodisasining yaratilishini insoniyat uchun naqadar zarur va ahamiyatli ekanligini, 1913 yilda, Onnesga o'ta o'tkazuvchanlik holatini kashf etganligi va past haroratlar fizikasi fanida erishgan yutuqlarini yuqori baholanib unga Nobel mukofotidan ham bilsa bo'ladi. Demak, fanda yangi bir yo'nalish «*o'ta o'tkazuvchanlik*» sohasi ochildi. Ushbu fan sohasi bilan bog'liq ixtirolar va yaratilgan ilmiy yangiliklar mualliflari ham Nobel mukofoti bilan taqdirlandilar. Keyingi yillarda olib borilgan ushbu yo'nalishdagi tadqiqotlar natijasida chop etilgan ishlar va shug'ullanuvchi olimlar sonidan ham insoniyat tomonidan qiziqishning oshib borayotganligidan dalolat beradi.

2-rasmda keltirilgan  $T_c^b$ -o'ta o'tkazuvchanlikka o'tishning boshlanishini ko'rsatuvchi harorat,  $T_c^o$ -o'ta o'tkazuvchanlikka to'la o'tishini ko'rsatuvchi harorat ( $R=0$ ).  $T_c^o$ -o'ta o'tkazuvchanlik holatiga o'tishni ko'rsatuvchi kritik harorat bo'lib, uning qiymati qarshilikning keskin kamayish amplitudasining yarmiga moskeluvchi haroratga teng.

Olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, moddalar elektr qarshiligining yo'qolishi, ularning sofligiga ham bog'liq emas ekan. Ushbu fikrning haqiqatga yaqin ekanligini 3-jadvalda keltirilgan o'ta o'tkazgichlar orasida eng yuqori kritik haroratga ega bo'lgani metalloksidli keramika ekanligidan ham bilsa bo'ladi.

3-jadval

№	O'ta o'tkazgich	Kritik harorat, K	Kristall panjara parametrlari, Å		
			a	B	c
1.	$Y_1Ba_2Cu_3O_{6+x}$	94	3,88	3,86	11,71
2.	$La_1Ba_2Cu_3O_{6+x}$	75	3,95	3,95	11,79
3.	$Nd_1Ba_2Cu_3O_{6+x}$	70	3,89	3,89	11,73
4.	$Sm_1Ba_2Cu_3O_{6+x}$	82	3,88	3,88	11,73
5.	$Eu_1Ba_2Cu_3O_{6+x}$	88	3,86	3,86	11,74
6.	$Gd_1Ba_2Cu_3O_{6+x}$	92	3,89	3,89	11,73
7.	$Ho_1Ba_2Cu_3O_{6+x}$	88	3,89	3,89	11,52
8.	$Er_1Ba_2Cu_3O_{6+x}$	87	3,83	3,85	11,65
9.	$Lu_1Ba_2Cu_3O_{6+x}$	85	3,83	3,87	11,73

\*) Zamonaviy asboblarda yordamida o'ta o'tkazgichlarning solishtirma qarshiligi  $10^{-24}$  Om·sm aniqlik bilan nolga tengligi aniqlandi. Solishtirish maqsadida toza misning 4,2 K dagi solishtirma qarshiligini keltiramiz u  $10^{-9}$  Om·sm ga teng. Boshqacha qilib aytganda o'tkazgichning o'ta o'tkazuvchan va normal holatdagi qarshiliklar farqi xuddi mis va izolyator qarshiliklari orasidagi farqdek bo'lib, undan ham kattaroq qiymatga tengdir.

10.	$Bi_2Sr_2Ca_1Cu_3O$	116	5,399	5,414	30,904
11.	$Bi_{1,7}Pb_{0,2}Sb_{0,1}Sr_2Ca_2Cu_3$	160	-	-	-
12.	$Tl-Ba-Cu-O$	100	-	-	-
13.	$MnB_2$	38-48	-	-	-
14.	$Nb_3Ge$	23,2	5,166	5,166	5,166
15.	$Nb_3Ga$	20,3	5,165	5,165	5,165
16.	$Nb_3Al$	18,55	5,187	5,187	5,187
17.	$Nb_3Sn$	18,0	5,289	5,289	5,289
18.	$V_3Si$	17,1	4,722	4,722	4,722
19.	$NbN$	16,3	4,389	4,389	4,389

Ushbu jadvalda keltirilgan o'ta o'tkazgichlardan tayyorlangan halqalardan tok yuborilganda, kritik haroratdan past haroratlarda undan tok so'nmay uzluksiz oqadi, ya'ni ulardan elektr toki yuborilganda yuqorida keltirganimizdek Joul-Lens issiqligi ajralib chiqmaydi. Ushbu tajriba ilk marotaba Kamerling Onnes tomonidan amalga oshirildi. U 2,5 yil davomida o'ta o'tkazuvchan halqadan oqayotga tokning qiymatini o'zgarishini nazorat qilib, katta aniqlik bilan uning kamaymasligini aniqladi.

O'ta o'tkazgichlarda qarshilikning nolga tengligidan tashqari ularning ajoyib ideal diamagnitlik xossasi (Meysner hodisasining kuzatilishi) va juda katta kritik toklarning yuborish xususiyatlari ha mavjud. Ushbu xususiyatlaridan amaliy maqsadlarda keng foydalanish imkoniyatlarda foydalanish imkoniyatlari mavjud.

O'ta o'tkazuvchanlikning qo'llanilish sohasi shunchalik kengki, ular juda kichik o'lchamdagi SKVID (o'ta o'tkazgichli kvant interferentsiyali datchiklar) qorilmalaridan tortib ulkan magnit va elektromagnit qurilmalarini o'z ichiga oladi.

O'ta o'tkazgichlarning amaliyotda qo'llanilishi bilan u yaratilgan birinchi kunlardan boshlab shug'ullanish boshlangan bo'lishiga qaramasdan hozirgi kungacha uni kengaytirish imkoniyatlarini harorat chegaralab kelmoqda. Albatta, qarshilikning bo'lmasligi birinchi navbatda energetika sohasida, elektrotexnikada qo'llash katta samara beradi. Keyinchalik o'ta o'tkazgichlarda kuzatilgan o'ziga xos xususiyatlar Meysner effekti, tunnellanish hodisasi, Jozefson effektlari va boshqalar undan keng miqiyosda foydalanish imkoniyatlarini yaratdi. Ushbu faqatgina o'ta o'tkazgichlarga xos xususiyatlardan insoniyat uchun juda katta misli korilmagan darajadagi samara beradigan asbob-uskunalar va qurilmalar yaratish ustida jahonning turli rivojlangan mamlakatlar laboratoriyalarida va sinov maydonlarida tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Yuqori haroratli o'ta o'tkazgichlarning kashf etilishi esa (1986 yil) ushbu yo'nalishdagi ishlarni yanada jadallashtirib yubordi.

O'ta o'tkazgichlarning fizikaviy xossalardan foydalangan holda uning fan va texnika rivojlanishidagi o'rni beqiyos ekanligini ko'rishimiz mumkin.

Bugungi kunda uzunligi katta bo'lgan (16 km gacha) simlar va lentalar ko'rinishdagi o'ta o'tkazgichlar sanoat miqiyosda tayyorlanmoqda. Ulardan turli maqsadlarga mo'ljallangan keng miqiyosdagi qurilmalar, masalan kriodvigatellar, tibbiy diagnostik tomograflar, katta quvvatli elektr o'tkazgich tarmoqlari uchun kabellar, transformatorlar, tok chegaralagichlar, elektr energiya jamlagichlari, termoyadro sintezi va tezlatgich texnikasi uchun magnit sistemalar va boshqalarni keltirish mumkin.

Demak, o'tkazgichlardan juda kichik o'lchamli asbob va qurilmalardan tortib to juda yirik o'lchamli magnit qurilmalargacha bo'lgan uskunalarni tayyorlash mumkin ekan.

### **XULOSA**

Xulosa qilib shuni aytish mumkin-ki, o'ta o'tkazuvchanlik hodisasining kashf etilishi, ularda kuzatiladigan o'ziga xos elektrofizikaviy xususiyatlar, magnit va tunnelli, Jozefsonli xossalar katta ilmiy va amaliy ahamiyatga ega ekan.

Yuqori haroratli o'ta o'tkazgichlarning olinishi esa ushbu sohaning yanada istiqbolli ekanligidan va imkoniyatlari keng bo'lishidan dalolat beradi.

Ushbu sohadagi tadqiqotlarni xalqaro hamkorlikda, iqtidorli yoshlarni jalb qilgan holda olib borish samarali natijalarni berishiga ishonch hosil qilsa bo'ladi.

### **REFERENCES**

1. В.Л.Гинзбург. Сверхпроводимость и сверхтекучесть (что удалось и чего не удалось сделать). УФН, 1997, т.167, вып.4.
2. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников.//М.: Наука, 1982, 238 стр.
3. EA Antonova, DR Dzhuraev, GP Motulevich, VA Sukhov Superconducting energy gap of niobium nitride.//Sov. Phys.-JETP (Engl. Transl.);(United States) 53 (6)
4. GP Motulevich, DR Dzhuraev, EA Antonova, VA Sukhov Tunneling of current carriers in niobium nitride junctions.//JETP Lett.(Engl. Transl.);(United States) 36 (9)
5. DR Dzhuraev Connection of electronic characteristics with superconducting parameters of compounds with A15, B1 and perovskite-type structures.//Uzbekiston Fizika Zhurnali 2003, 5 (1), 15-23
6. BY Sokolov, DR Dzhurayev, KM Mukimov Topology of superconducting cluster in HTSC ceramics.//Physica status solidi (b) 225 (2), 353-359
7. DR Dzhuraev, BY Sokolov Superconducting cluster in  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$



ceramic.//Technical Physics 45 (5), 623-626

8. ДР Джураев, БЮ Соколов Сверхпроводящий кластер в  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$  керамике.//Журнал технической физики 70 (5), 102-105

9. ДР Джураев, ГП Мотулевич Оптические свойства и электронные характеристики пленок нитрида ниобия со структурой В1.//Физика твердого тела 27 (9), 2640-2646

10. Джураев Д.Р. Связь электронных характеристик соединений со структурой перовскита, В1 и А15 с их сверхпроводящими параметрами // Узбекский Физический Журнал, 2003, т. М5. - № 1. - С. 15-23.

11. D.R.Djurayev “O’ta o’tkazuvchanlik fizikasi” –Buxoro “Dizayn Press” nashriyoti 2013.

**Foydalanilgan internet saytlar:**

1. <http://www.scientific.ru/journal/news>
2. <http://www.physicsweb.org>
3. <http://www.perst.issp.ras.ru>