

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI
NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

Qo‘l yozma huquqida

UDK 821.512.133-9

MO‘MINOV XURSHIDBEK ADHAMJON O‘G‘LINING

« Mahalliy minerallar asosida yaratilgan kompozitlarni
elektrofizik xususiyatlarini o‘rganish »

mavzusidagi

**Magistr ilmiy darajasini olish uchun
yozilgan**

D I S S E R T A T S I Y A

Ilmiy rahbar: **f.m.f.n X.Qo‘chqarov**

Namangan - 2016

MUNDARIJA

KIRISH.....	3
I-BOB. TO'LDIRUVCHILARNI MATRITSADA TAQSIMLANISHI	
§1. Perkolyatsiya (oqim) nazariyasi.....	15
§ 2. Anizotrop perkolyatsiya.....	23
§ 3. Termoelektrik materiallar xossalarini samaradorligini ta'minlash usullari.....	27
§ 4. Zaryad tashuvchilar konsentratsiyasini optimallashtirish.....	29
§ 5. Material kimyoviy tarkibini optimallashtirish.....	30
§ 6. Nanostrukturalangan termoelektrik materiallar.....	32
§ 7. Termoelektrik nanokompozitlar.....	34
II-BOB. TERMOELEMENTLARNING TEXNIKADA QO'LLANILISHI.	
§ 8. Termogeneratorlar tuzilishi.....	35
§ 9. Termoelektrik generatorlar modulidan foydalanish.....	37
§ 10. Issiqlik oqimini o'lchash. Teplomerlar.	39
§ 11. Termogenerator modullarini o'rnatish.....	40
§ 12. Kichik issiqlik oqimidan foydalanib kam quvvatli qurilmalarni energiya bilan ta'minlash.....	43
§ 13. Kichik temperaturalar farqida sinov natijalari.....	44
III-BOB. O'LCHOV QURILMALARI VA TAJRIBA NATIJALARI.	
§ 14. Termoelement elektr yurituvchi kuchini temperaturalar farqiga bog'lanishi.	
§ 15. Kompozit namunada elektr o'tkazuvchanlikni optimallashtirish.	52
IV-BOB. XULOSA.	
FOYDALANGAN ADABIYOTLAR	

KIRISH

O'tgan 2015 yil bizning bosh maqsadimiz bo'lmish asosiy vazifa – odamlarimizning munosib hayot darajasi va sifatini tahminlash va rivojlangan demokratik davlatlar qatoridan o'rin egallash bo'yicha avvalo muhim islohotlarni amalga oshirish yo'lida katta qadam bo'ldi, deb aytishga to'liq asoslarimiz bor.

Bu borada gap, avvalo, har tomonlama puxta o'ylangan, uzoqni ko'zlaydigan keng ko'lamli Dasturni hayotga joriy etish haqida bormoqda. Ushbu dastur mohiyat ehtibori bilan chuqur tarkibiy o'zgarishlarni amalga oshirish, kichik biznes va xususiy tadbirkorlik manfaatlarini ishonchli himoya qilish, eng muhimi, Konstitutsiyamizda ko'zda tutilganidek, xususiy mulkning qonuniy, me'yoriy-huquqiy va amaliy jihatdan ustuvor rolini ta'minlash, O'zbekiston iqtisodiyotida davlat ishtirokini bosqichma-bosqich kamaytirishga qaratilgani sizlarga yaxshi ma'lum, albatta.

Ta'kidlash joizki, taraqqiyotimizning hozirgi bosqichida faqat uglevodorod homashyosi, qimmatbaho va rangli metallar, uran homashyosini qazib oladigan va qayta ishlaydigan korxonalarni, shuningdek, tabiiy monopoliyalarning strategik infratuzilma tarmoqlarini – temir va avtomobil yo'llari, aviatashuvlar, elektr energiya ishlab chiqarish, elektr va kommunal tarmoqlarini to'g'ridan-to'g'ri davlat boshqaruvida saqlab qolish maqsadga muvofiq, deb topildi.

2015 yilda korporativ boshqaruv tizimidagi prinsip va yondashuvlarni tubdan o'zgartirishimiz uning haqiqiy bozor xususiyatlariga ega bo'lishini ta'minlash va konservativ qarashlardan xalos bo'lishida katta hissa bo'ldi.

Barcha aksiyadorlik jamiyatlarining faoliyati to'liq inventarizatsiyadan o'tkazildi, natijada 462 ta jamiyatni yoki ularning 43 foizini tugatish yoki boshqa tashkiliy-huquqiy shaklga o'zgartirish to'g'risida qarorlar qabul qilindi.

Korxonalarni korporativ boshqarish bo'yicha ilg'or xalqaro tajribani o'rganish asosida aksiyadorlik jamiyatlarining yangi na'munaviy tuzilmasi ishlab

chiqildi va tasdiqlandi. SHu tariqa, zamonaviy korporativ boshqaruv tizimi talablarini inobatga olgan holda, Lavoziim va kasblarning yangi klassifikatori ishlab chiqildi va tasdiqlandi, unga bozor iqtisodiyoti talablariga mos keladigan 566 ta yangi toifa kiritildi.

Ana shu klassifikator asosida rahbarlar tarkibi attestatsiyadan o'tkazildi. Rahbar kadrlarning korporativ boshqaruvning zamonaviy usul va prinsiplari, menejment va marketing bo'yicha bilimlarini baholash ushbu sinovning asosiy maqsadi qilib qo'yildi. Uning natijalariga ko'ra, attestatsiya qilingan 721 nafar rahbar xodimning yarmi – 49 foizi attestatsiyadan o'tgan bo'lsa, ularning har uchinchisi attestatsiyadan shartli ravishda o'tkazilgan, 20 foizi yoki har beshinchi rahbar esa egallab turgan lavozimiga loyiq emas, deb topilgan.

Mamlakatimiz iqtisodiyotini tarkibiy o'zgartirish, tarmoqlarni modernizatsiya qilish, texnik va texnologik yangilashga doir loyihalarni amalga oshirish uchun investitsiyalarni jalb qilish borasida bajarilayotgan ishlar alohida ehtiborga loyiq.

2015 yilda ana shu maqsadlarga barcha moliyalashtirish manbalari hisobidan 15 milliard 800 million AQSH dollari miqdorida investitsiyalar jalb etildi va o'zlashtirildi. Bu 2014 yilga nisbatan 9,5 foiz ko'p demakdir. Jami investitsiyalarning 3 milliard 300 million dollardan ziyodi yoki 21 foizdan ortig'i xorijiy investitsiyalar bo'lib, shuning 73 foizi to'g'ridan-to'g'ri chet el investitsiyalaridir.

Investitsiyalarning 67,1 foizi yangi ishlab chiqarish quvvatlarini barpo etishga yo'naltirildi. Bu esa 2015 yilda umumiy qiymati 7 milliard 400 million dollar bo'lgan 158 ta yirik ishlab chiqarish ob'ekti qurilishini yakunlash va foydalanishga topshirish imkonini berdi.

Masalan, Toshkent issiqlik elektr stantsiyasida 370 megavatt quvvatga ega bo'lgan bug'-gaz qurilmasi barpo etildi, Chorvoq GESi gidrogeneratorlari modernizatsiya qilindi, Qo'ng'iro't soda zavodida kaltsiylashtirilgan soda ishlab chiqarish kengaytirildi, «Samarqandkimyo» aksiyadorlik jamiyatida 240 ming

tonna quvvatga ega bo'lgan murakkab tarkibli yangi o'g'itlar ishlab chiqarish korxonasi ishga tushirildi. Shuningdek, «Motor zavodi» aksiyadorlik jamiyatining faoliyat ko'rsatmayotgan ishlab chiqarish maydonlarida traktor tirkamalari, jumladan, katta hajmli tirkamalar, maishiy texnika uchun tarkibiy qismlar va boshqa mahsulotlar ishlab chiqarish tashkil etildi.

Ana shunday muhim ob'ektlar haqida gapirganda, janubiy koreyalik investor va mutaxassislar bilan hamkorlikda Surg'il koni negizida barpo etilgan Ustyurt gaz-kimyo majmuasini alohida ta'kidlamogchiman. Umumiy qiymati 4 milliard dollardan oshadigan ushbu majmua dunyodagi eng zamonaviy, yuqori texnologiyalar asosida ishlaydigan, yirik korxonalardan biri bo'ldi. Majmuaning ishga tushirilishi yiliga 83 ming tonna noyob polipropilen mahsulotini ishlab chiqarish imkonini beradi. Holbuki, bu mahsulot ilgari mamlakatimizga chetdan, katta valyuta hisobiga olib kelinar edi. Ayni vaqtda mazkur korxona polietilen ishlab chiqarish hajmini 3,1 barobar ko'paytirish, mingdan ziyod yuqori malakali mutaxassislarni ish bilan ta'minlash uchun imkoniyat yaratishi bilan ulkan ahamiyatga egadir.

Xorazm viloyatida «Jeneral motors – O'zbekiston» aksiyadorlik jamiyatida umumiy qiymati qariyb 6 million dollarlik loyiha asosida «Shevrole Labo» kichik yuk mashinasi ishlab chiqarish yo'lga qo'yildi. Bu yerda yiliga fermerlarimiz va xususiy tadbirkorlarimiz uchun juda zarur bo'lgan 5 mingta ana shunday mashina ishlab chiqariladi. Shuni tahkidlash joizki, ushbu modelg' yangi «Xorazm avto» zavodida tayyorlanayotgan «Damas» va «Orlando» avtomobillaridan keyingi uchinchi turdagi avtomobilg' bo'ldi.

Namangan viloyatining Pop tumanida 130 kilovatt quvvatga ega bo'lgan quyosh fotoelektr stantsiyasi ishga tushirildi. Hozircha bu loyiha sinovdan o'tkazilmoqda. 2020 yilga borib mamlakatimizda har biri 100 megavatt quvvatga ega yana uchta quyosh elektr stantsiyasini foydalanishga topshirish rejalashtirilmoqda.

Samarqand – Qarshi temir yo'l uchastkasida yuqori tezlikda harakatlanadigan «Afrosiyob» elektr poezdi qatnovi yo'lga qo'yildi. Bu Toshkent – Qarshi yo'nalishi bo'yicha yo'lovchi tashish sifati va surhatini oshirish imkonini bermogda. Natijada poytaxtimizdan Qashqadaryo viloyatiga va Qarshidan Toshkentga yo'lovchilar tashish vaqti ikki barobar qisqardi.

Iqtisodiyot va xizmat ko'rsatish sohasining yuqori surhatlar bilan barqaror o'sishi biz uchun eng muhim ustuvor yo'nalish bo'lgan – **aholi bandligini tahminlash, avvalambor, kasb-hunar kollejlari va oliy o'quv yurtlari bitiruvchilarini ishga joylashtirish** uchun zarur sharoitlar yaratdi.

2015 yilda mamlakatimizda 980 mingdan ortiq ish o'rni tashkil qilingan bo'lsa, shuning 60 foizdan ziyodi qishloq joylarda yaratildi.

Kollejlarning 480 mingdan ortiq bitiruvchisi ish bilan tahminlandi. Tijorat banklari tomonidan ularga o'z biznesini tashkil qilish uchun 280 milliard so'mga yaqin imtiyozli kreditlar ajratildi va bu 2014 yilga nisbatan 1,3 barobar ko'pdir.

2015 yilda iqtisodi erishganimiz aholi daromadlarini yanada ko'paytirish, odamlarimizning hayot darajasi va sifatini oshirish uchun yotimizni yuqori surhatlar bilan barqaror rivojlantirishga mustahkam asos yaratdi.

O'tgan yili **ta'lim-tarbiya sohasini** yanada isloh etish va takomillashtirish masalasi ham diqqat markazimizda bo'ldi. Mamlakatimizda tahlim-tarbiya sohasiga har yili sarflanayotgan xarajatlar yalpi ichki mahsulotga nisbatan 10-12 foizni tashkil etmogda. Bu YUNESKOning mamlakatni barqaror rivojlantirishni tahminlash uchun tahlimga yo'naltirilishi zarur bo'lgan investitsiyalar miqdori bo'yicha tegishli tavsiyalaridan, yahni 6-7 foizdan qariyb 2 barobar ko'pdir.

2015 yilda bu sohada 384 ta obhektning moddiy-texnik bazasini yanada rivojlantirish va mustahkamlash bo'yicha qiymati 423 milliard so'mlik ishlar amalga oshirildi, namunaviy loyihalar asosida 29 ta yangi umumtahlim maktabi barpo etildi, 219 ta maktab rekonstruktsiya qilinib, 136 tasi kapital tahmirlandi.

O'zbekiston davlat jahon tillari universitetida 2 ming 200 talabaga mo'ljallangan yangi zamonaviy o'quv korpusi, sport majmuasi, shuningdek, o'quv jarayoniga jalb etilgan xorijlik mutaxassislar uchun mehmonxona barpo etildi. Navoiy davlat konchilik institutida yangi o'quv binosi qurilishi nihoyasiga yetkazildi.

Oliy tahlim sohasida oliy o'quv yurtlarining professor-o'qituvchilarini muntazam qayta tayyorlash bo'yicha mutlaqo yangi, takomillashtirilgan tizim joriy qilindi. 15 ta tayanch oliy o'quv yurtida oliy tahlim muassasalari rahbarlari va pedagog kadrlarini qayta tayyorlash hamda malakasini oshirish kurslari tashkil etildi. Mazkur kurslarda oliy o'quv yurtlarining 2 ming 700 ga yaqin o'qituvchisi malaka oshirdi.

O'tgan 2015 yilda amalga oshirgan keng ko'lamli ishlarimiz bilan faxrlanishga bugun bizning barcha asoslarimiz bor.

Biz ozod va obod Vatanimiz mustaqilligining qutlug' 25 yilligi keng nishonlanadigan 2016 yilga katta maqsad va rejalar bilan qadam qo'ydik. Yangi tariximizning eng yorqin sahifasini tashkil etadigan ana shu buyuk sanaga har tomonlama munosib va salmoqli hissa qo'shish O'zbekistonning har bir fuqarosi uchun ulkan sharafdir, desam, ayni haqiqatni aytgan bo'laman.

Albatta, 2016 yil biz uchun oson bo'lmaydi, ammo, ishonchim komil – ko'pni ko'rgan xalqimizning fidokorona mehnati, azmu shijoati bilan barcha ko'rsatkichlar bo'yicha yangi yilimiz 2015 yildan ziyoda bo'ladi, aslo kam bo'lmaydi. Bunga hech qanday shubha bo'lishi mumkin emas¹.

Mavzuni asoslanishi va dolzarbligi; Ilmiy texnik rivojlanishni muhim yo'nalishlaridan biri turlicha maxsus xossalarga ega bo'lgan, jumladan antistatik , elektrotexnik,p'ezo va piroelektrik kabi elektrofizik xarakteristikalarga ega kompozit materiallar yaratishdan iborat. Hozirgi kunda yaratilgan kompozit

¹ Ўзбекистон Республикаси Президенти Ислон Каримовнинг мамлакатимизни 2015 йилда ижтимоий-иқтисодий ривожлантириш яқунлари ва 2016 йилга мўлжалланган иқтисодий дастурнинг энг муҳим устувор йўналишларига бағишланган Вазирлар Маҳкамаси мажлисидаги маърузаси

materiallarni ko'plab qismi elektrotexnika, mikro va nanoelektronika sanoatining talablarini qondirishga sarflanmoqda va yanada talabga to'laroq javob beradigan materiallar yaratish ustida ko'plab izlanishlar olib borilmoqda. Umuman olganda kerakli elektrofizik xarakteristikalarga ega materiallar olish uchun polimer matritsali kompozitlardan foydalanish yaxshi yo'lga qo'yilgan bo'lib, unda to'ldiruvchi turi, konsentratsiyasi, shakli va o'lchamini tanlash orqali material xususiyati boshqarishga erishilmoqda. Lekin polimer matritsali kompozitlar asosida olingan materiallardagi ayrim tomonlar, jumladan keng diapazondagi issiqlik ta'sirida mexanik mustahkamlik va elektrofizik xususiyatlarni barqarorligini bir vaqtda ta'minalashga doimo erishilavermaydi. Masalan, elektr o'tkazuvchanlik yuqori bo'lsa, unda issiqlik otkazuvchanlik ham yuqori bo'ladi. Past darajadagi issiqlik o'tkazuvchanlik va yuqori darajadagi elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan material olish ancha muammoli sanaladi. Shuningdek, elektr o'tkazuvchanlik mexanizmi faqat dipollar harakati tufayli ro'y beradigan yuqori mustahkamlikga ega materialni yaratishda polimerli kompozitlardan foydalanish samaraliroq sanalsada ulardan yuqori issiqlik o'tkazuvchanlikka ega material yaratish ancha qiyinchiliklar tug'diradi. Bulardan ko'rinadiki, oldindan belgilangan xossaga ega bo'ladigan kompozit tayyorlash uchun dastlabki matritsani tanlash ham kiritiladigan to'ldiruvchini tanlash ham o'ta ahamiyatli hisoblanadi. Umuman material xususiyatini talabga ko'ra shakllantirish uchun e'tiborga olinishi lozim bo'lgan parametrlar juda ko'p bo'lib, ularni ilmiy asosda tanlanishi maqsadga tezroq eltishi mumkin. Yana ularni turini tanlashdan tashqari material holiga keltirish texnologiyasi usullarini ham e'tibordan qochirmaslik kerak.

Aytish kerakki, hozirgi kunda texnologik rivojlanish yuksalgani sari energetikada, yuqori texnologik qurilmalarda, mikro va nanoelektronikada qo'llaniladigan materiallarni elektr, issiqlik, fizik va kimyoviy xossalari ma'lum talablarga qat'iy javob berishi zarurati yuzaga kelmoqda.

Buning uchun turli xildagi matritsalar va to'ldiruvchilar xususiyatlari o'rganilib, ilmiy asosda ularni kombinatsiyalaridan material olish lozim bo'ladi. hozirda polimerli kompozitlar elektr xususiyatlarini o'rganish bilan bir qatorda turli noorganik minerallar asosidagi kompozitlar elektrofizik xususiyatlarini o'rganish ham ayrim kutilgan natijalarga olib kelishi mumkinligi ayon bo'lib bormoqda. Ayniqsa, bunday kompozitalarni tashqi ta'sirlarga chidamliligi va arzonligi izlanuvchilarni birday qiziqtiradi. Ko'p hollarda turli xildagi tabiiy minerallar tarkibi Ca, Si, Al, Fe, Mg, Na, K, Ti, P kabi noorganik oksidlaridan iborat bo'lib, ularni konsentratsiyalari ulushiga qarab minerallar o'z nomiga ega bo'ladi va o'ziga xos xususiyatlarini namoyon etadi. Garchi bunday minerallarni o'zi kompozit sanalsada, ularga yangi turdagi to'ldiruvchilarni kiritish orqali olinadigan materiallar elektr xususiyatlarini o'zgartirish va ayrim noyob materiallar o'rnini bosadigan qilib tayyorlash mumkin. Hozirda minerallar tarkibini o'zgartirish va uning xususiyatlarini o'rganishga yetarlicha e'tibor qaratilgan [1-3] lekin mahalliy $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ kaltsiy alyuminat mineralini elektr xususiyatlari turli xildagi elektr o'tkazuvchan zarralar kiritilishi natijasida qanday o'zgarishi deyarli o'rganilmagan. Ayniqsa, bu mineralga temir oksidi, Fe_2O_3 , temir karbonili Fe_2CO_3 , grafit kabi noorganik mayda zarralar kiritilib hosil qilingan kompozit elektr xususiyatlari hali o'rganilmagan.

Namangan viloyati pop tumanida mavjud $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ kaltsiy alyuminat mineralidan yetarlicha tabiiy xom ashyo sifatida foydalanish mumkin. Shu mineralga kiritilgan metal oksidlari konsentratsiyasi va tayyorlash texnologiyasiga bog'liq holda elektrofizik xususiyatlarini o'zgarishiga ham e'tibor qaratilmagan. Bunday moddalardan iborat kompozitlarni elektrofizik xususiyatlarini o'rganishni ahamiyati shundaki, birinchidan turli xil elektrofizik xususiyatli materiallarni yaratishda, energiya tejamkorligi va qayta tiklanuvchan alternativ manbalarini yartishda, butlovchi elementlar funksiyalarini takomillashuvida, elektr energiyasini uzatishdan tortib turli xil tashqi ta'sirlar ostida barqaror ishlaydigan turli qurilmalar yaratishda ishlatiladigan va qat'iy talablarni qanoatlantiruvchi

elektrofizik xossaga ega materialni mahalliy xomashyo asosida yaratish o'ta dolzarb hisoblansa, ikkinchidan minerallar asosida yaratilgan kompozitlardan kutilmaganda noyob xususiyatlar yuzaga kelish ehtimoli mavjudligi ularga bo'lgan qiziqishni yanada ortiradi. Gap shundaki, tanlangan minerallar tuzilishida asosiy kristalllanish strukturasini uch kalsiy alyuminat tashkil etadi va u material yaxshi izolyator sifatida ishlatilib, elektr tokini va issiqlikni deyarli o'tkazmaydi. Bordini shu kristallanayotgan mineralni uzluksiz faza sifatida tanlab, to'ldiruvchi sifatida grafit yoki temir oksidi zarralaridan foydalanilsa bir necha fazalardan iborat geterostrukturali tizim yuzaga keladi va uni kompozit materiallar turkimiga kiritish mumkin bo'ladi. Bunda mineral yuqori izolyatsion xususiyatga ega bo'lsa, to'ldiruvchilar elektr tokini yaxshi o'tkazadi. Komponentalar massalari foizini

turlicha miqdorda tanlab, ularni yetarlicha aralashtirishdan so'ng tayyorlangan kompozit material issiqlikni yomon o'tkazgani holda yaxshi elektr tokini o'tkazadigan xususiyatga ega bo'lishiga umid qilish mumkin. Bunday xususiyatga ega material olishni ahamiyati shundaki, quyosh batareyalarini foydali ish ko'effitsiyentini ortirishda kichik temperaturalar farqida ham EYuK yuzaga kela oladigan materialdan foydalanilsa batareyani umumiy foydali ish ko'effitsiyenti ancha ko'tarilishi mumkin. Bunda kichik temperaturalar farqi saqlanib turishi uchun issiqlik o'tkazuvchanlikni pasaytirish, elektr o'tkazuvchanlikni ortirish lozim bo'ladi bundan tashqari ularni elektr o'tkazuvchanlik, termoEYuK, p'ezoelektrik xossalari o'rganish ham qiziqarli sanaladi.

Ishning o'rganilganlik darajasi; Umuman turli xildagi tabiiy minerallarni elektrofizik, mexanik, issiqlik, optik xossalari ko'plab o'rganilgan. [4-7]. Ularni komponentalarini o'zgartirib har xil texnologiyalar asosida yaratilgan materiallar xossalari ham yetarlicha o'rganilgan. Lekin mahalliy uch kalsiy alyuminat mineraliga grafit, temir oksidi, temir karbonili kabi moddalar nanozarralarni turli konsentratsiyalarda kiritilib, ulardan tayyorlangan material elektr o'tkazuvchanligini va elektr o'tkazuvchan material bilan tutashuvga kelganida

temperaturalar farqi evaziga yuzaga keladigan elektr yurutuvchi kuch kattaligini to'ldiruvchi turiga va konsentratsiyasiga bog'lanishi o'rganilmagan.

Ishning maqsadi; Mahalliy uch kalsiyli alyuminat mineral asosida o'tkazuvchan (temir oksidi , temir karbonili , grafit) moddalar zarralarini turli konsentratsiyalarda kiritib yangi kompozit yaratish va ularni elektr o'tkazuvchanligi va termoEYuK qiymatlarini to'ldiruvchi konsentratsiyasiga bog'lanishini o'rganish orqali elektr o'tkazuvchanligi yetarlicha yuqori , issiqlik o'tkazuvchanligi uncha katta bo'lmagan termoelektrik generatorlarda ishlatishga yaraydigan tarkibni aniqlashdan iborat.

Tadqiqot vazifalari; Yuqoridagi maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

1. Mahalliy uch kalsiy alyuminat mineralini elektr o'tkazuvchanligini aniqlash.
2. $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ mineral mayda dispers zarralari bilan grafit , Fe_2O_3 , Fe_2CO_3 moddalar nanozarralarini ma'lum ulishida aralashtirib kukun holiga keltirish va bosim ostida shakl berib so'ngra pishirish bilan namuna tayyorlash.
3. Yaratilgan kompozit elektr o'tkazuvchanligi o'zgarishini komponentalar konsentratsiyasiga bog'liqligi va mis o'tkazgich bilan tutashuvga kelganda elektr yurutuvchi kuch kattaligini turli namunalarda tekshirish.
4. Tajriba natijalariga asosan to'ldiruvchi konsentratsiyalarini optimal qiymatini aniqlash.

Tadqiqot ilmiy farazi; Elektrotexnikada uch kalsiyli alyuminat qotishmadan issiqlikni yaxshi o'tkazmaydigan izolyator sifatida foydalaniladi. Faraz qilish mumkinki, matritsa sifatida metal olmasdan mahalliy mineraldan foydalanilsa unda issiqlik o'tkazuvchanlik jiddiy tarzda o'zgarmay, pastligini saqlaydi. Bu mineral kukuniga o'tkazuvchan moddalar nanozarralaridan kiritib to'ldiruvchi sifatida

foydalanilsa , unda aralashmaga turli xildagi termik , mexanik aralashtirish , bosim ta'siri kabi ishlovlar natijasida tayyorlangan namunalarda quyidagi holatlar ro'y berishi mumkin. Kiritiladigan nanozarralar o'lchamlari, shakli, konsentratsiyasiga bog'liq holda o'tkazuvchanlikni o'zgarishi kuzatilib to'ldiruvchi nanozarralarni ma'lum kritik konsentratsiyasida o'tkazuvchanlik keskin ortadi va bu holatda issiqlik o'tkazuvchanlik deyarli o'zgarmay qoladi deb faraz qilish mumkin. Chunki, nanozarralar o'lchamlari issiqlik uzatishda faol hisoblangan fononlar to'lqin uzunliklari tartibida bo'lgani uchun fononlar nanozarralarda sochilib, issiqlik uzatilishi qiyinlashadi. Natijada temperaturalar farqini saqlab turish ancha osonlashadi va EYuK qiymati barqaror bo'ladi. Undan tashqari elektr o'tkazuvchanlikni keng diapazonda o'zgartirishdan turli konstruksion rezistiv material tayyorlashda foydalanish imkonini yaratish mumkin.

Tadqiqot ob'ekti; Mahalliy $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ uch kalsiyli alyuminat mineraliga Fe_2O_3 Fe_2CO_3 ,grafit nanozarralarini turlicha ulushlarda kiritilib , ulardan bosim ostida tayyorlangan namunalarni elektrofizik xususiyatlarini o'rganish tadqiqot ob'ekti sifatida qabul qilindi.

Tadqiqot predmeti; Mahalliy minerallar asosida tayyorlangan kompozit namunalarni o'tkazgich material bilan tutashuvga keltirib ularning uchlarida temperatura farqi evaziga yuzaga keladigan elektr yurutuvchi kuch kattaligini hamda, namunalar qarshiligini turli xildagi to'ldiruvchi konsentratsiyasiga bog'lanishi o'rganishdan iborat.

Tadqiqot usuli; Namunalar elektrofizik xususiyatlarini tadqiq etishda ko'prik usulidan va ma'lum qarshilikni ulamasdan oldin va ulangandan so'ng kuchlanish qiymatlarini o'lchash usulidan foydalanib namunalar qarshiligi va elektr yurutuvchi kuch kattaliklarini to'ldiruvchi konsentratsiyasiga bog'lanishi o'rganiladi.

Tadqiqot ilmiy yangiligi;

1. Birinchi marta mahalliy uch kalsiyli alyuminat mineral kukuni bilan temir oksidi , grafit , temir karbonili nanozarralari aralashmasidan tayyorlangan kompozit namunalarda elektr qarshilikni to'ldiruvchilar konsentratsiyasiga bog'lanishi o'rganildi va o'tkazuvchan nanozarralar konsentratsiyasi kritik qiymatga yetganda qarshilikni keskin kamayishi aniqlandi. keskin kamayishining ro'y berishi Fe_2O_3 uchun $V_1=0.4$, grafit uchun, $V_2=0.5$ Fe_2CO_5 uchun, $V_3=0.6$ hajmiy ulush qiymatlarida ro'y berdi.
2. Namuna bilan mis o'tkazgichni tutashuvga keltirilib temperaturalar farqi hosil qilinganda yuzaga kelgan elektr yurutuvchi kuch kattaligini uch kalsiyli alyuminat mineraliga kiritilgan o'tkazuvchan nanozarralar konsentratsiyasiga bog'lanishi o'rganildi. Elektr yurutuvchi kuch kattaligi barcha namunalar uchun o'tkazuvchan nanozarralar konsentratsiyasi mineral hajmiy ulushidan ortiq bo'lganda sezilarli bo'lishi aniqlandi.

Himoyaga olib chiqiladigan asosiy holatlar;

1. Mahalliy uch kalsiyli alyuminat mineraliga ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) o'tkazuvchan nanozarralarni (Fe_2O_3 , grafit, Fe_2CO_3) turli ulushdagi aralashuvchidan hosil bo'lgan kompozit namunada elektr o'tkazuvchanlik perkolatsiya qonuni doirasida ro'y beradi.
2. Uch kalsiyli alyuminat mineralga o'tkazuvchan nanozarralar kiritilib yaratilgan kompozit namunalarda Zeebek effekti kuzatilishi temir karbonilli to'ldiruvchiga ega namunalarda boshqalariga nisbatan sezilarli darajada bo'ladi va to'ldiruvchi konsentratsiyasi mineral hajmiy ulushiga teng va yuqori bo'lganda o'zining maksimum $E=0,08 \text{ V}$ qiymatiga temperaturalar farqi (100-150) $^{\circ}\text{C}$ bo'lganda erishiladi.

Tadqiqot natijalarini ilmiy amaliy ahamiyati;

1. Mahalliy minerallar yordamida tayyorlangan kompozitlar elektr o'tkazuvchanligini to'ldiruvchi konsentratsiyasiga bog'lanishi grafigidan foydalanib kerakli qarshilikga ega material olishda amaliy foydalanish

mumkin. Shuningdek olingan natijalar kompozitlar o'tkazuvchanligi haqida tasavvurlar kengayishiga xizmat qiladi.

2. Tayyorlangan namunalarda kuzatilgan Zeebek effekti temir karbonilli aralashmad sezilarli bo'lgani uchun shu yo'nalishda izlanishlarni davom etdirilishi EYuK qiymatini ko'tarilish imkonini berishi mumkin.

Natijalarni amalga oshirishi; Namunalardagi to'ldiruvchi konsentratsiyasini o'zgartirilishi evaziga uning qarshiligi qiymatini kerakli qiymatga teng qilib tayyorlash mumkin. Shuning uchun tajribadagi $R(v)$ bog'lanishdan foydalanib konstruksion rezistiv material tayyorlash mumkin.

Ishning sinovdan o'tishi; Dissertatsiya ishining asosiy natijalari Fizika kafedrasining professor-o'qituvchilari yo'nalish mutaxassislari, hamda magistrlar ishtirokida 2014 yil 20-dekabr va 2015 yil 25-martda bo'lib o'tgan ilmiy semionarlarda muhokama qilingan va ma'qullangan. Shuningdek xalqaro va Respublika konferensiyalari (yosh olimlar va talabalar «XXI ASR – INTELLEKTUAL AVLOD ASRI» shiori ostidagi hududiy ilmiy-amaliy anjumani. 6-7 iyun 2014 yil, professor A.T.Teshaboyevning 90 yilligiga bag'ishlangan “YARIMOTKAZGICHLAR FIZIKASINING DOLZARB MUAMMOLARI” O'zMU, Toshkent, 2014 yil, 22 noyabr, “O'ZBEKISTON FIZIKA JURNALI” 2016 yil 1- son)da ma'ruza qilingan.

Natijalar e'lon qilinganligi; Ishning natijalari bo'yicha 4 ta ilmiy maqolalari va konferentsiya tezislari chop etilgan.

Dissertatsiya hajmi va tuzilishi; tadqiqot ishi kirish, 4 bob, 22 paragraf, boblar bo'yicha xulosalar, umumiy xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan tashkil topgan. Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati 11 ta darslik va o'quv qo'llanmalar, 35 ta ilmiy jurnallardagi maqolalar va 5 ta Internet saytlaridan iborat.

I-BOB To'ldiruvchilarni matritsada taqsimlanishi

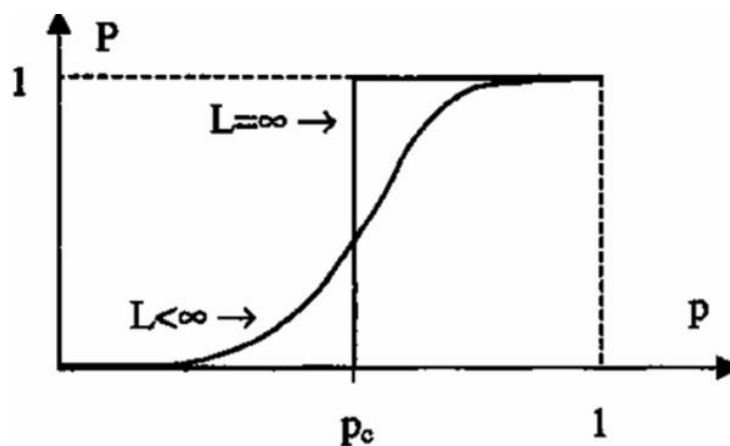
§1. Perkolyatsiya (oqim) nazariyasi.

Dastlab perkolyatsiya so'zi diffuziyaga qarama-qarshi qo'yish uchun ishlatilgan. Diffuziya holida regulyar muhitda zarralarning tasodifiy kezib yurishini tushunsak, perkolyatsiya holida tasodifiy muhitda regulyar harakatni (misol uchun tok yoki suyuqlik oqimini) tushunamiz. Aytaylik, 3×3 kvadrat to'r (setka) olib, ma'lum qismini qora rangga bo'yaylik. Bizning holda ular uchta. Bo'yalgan kvadratlar ulushi $p = \frac{1}{3}$ bo'ladi. Bu kvadratlarni mustaqil va tasodifiy tanlash mumkin; yoki unga qandaydir qoida kiritish mumkin. Birinchi holda tasodifiy perkolyatsiya deyiladi (matematiklar uni Bernulli perkolyatsiyasi deb atashadi). Ikkinchi holda – korrelyatsiyalangan – qoidaga bo'ysungan perkolyatsiya deb ataladi. Perkolyatsiya nazariyasini javob topishi kerak bo'lgan asosiy savollaridan biri, bo'yalgan kvadratlarning qanday P_c ulushida to'r (setka)ning yuqori va past qismini bog'laydigan qora kvadratlar zanjiri hosil bo'lishini bilishdir.

Osongina aytish mumkinki, chekli o'lchamdagi to'r uchun bunday zanjir turlicha konsentratsiyada yuzaga keladi (1-rasm). Bordiyu to'r o'lchamlarini cheksizlikka intiltirsak, unda kritik konsentratsiya P_c to'la aniqlangan bo'ladi (2-rasm). Bu qat'iy isbotlangan bo'lib, bunday kritik konsentratsiyani perkolyatsiya chegarasi, yoki o'tish, sakrash chegarasi deyiladi.



1-rasm. Panjarani turli variantlarda to'ldirilishi



2-rasm. Perkolyatsiya P yuzaga kelish ehtimolligini to'ldirilgan tugunlar p ulushiga bog'lanishi. Tekis bog'lanish chekli o'lchamdagi panjaraga mos keladi. Pog'onali o'zgarishi cheksiz katta panjaraga mos keladi.

Elektr o'tkazuvchan to'ldiruvchi kiritilgan hol uchun namunani yuqori va past qismini bog'lovchi o'tkazuvchan zarralar zanjiri yuzaga kelmagunga qadar izolyator material bo'lib turaveradi.

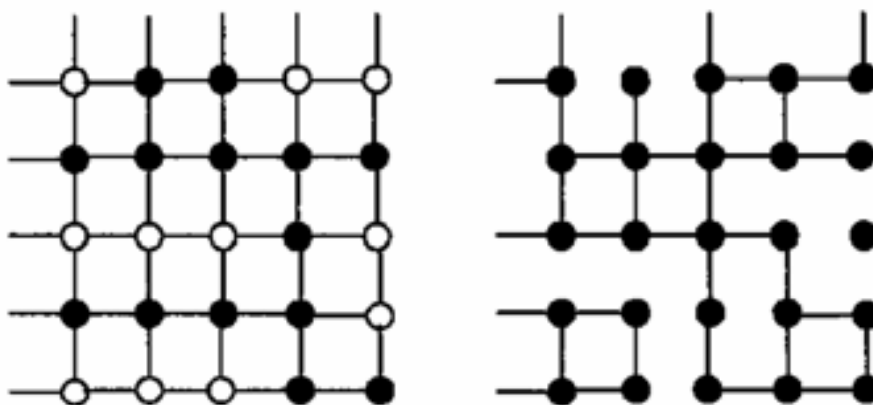
Agar qora kvadratlarni molekula sifatida qarasak, unda butun tizimdan o'tadigan molekulalar zanjiri hosil bo'lishi, ya'ni gel hosil bo'lishiga mos keladi.

Agar qora kvadratlar bu mikrodarzlilar deyilsa, unda bunday darzlilar zanjirini hosil bo'lishi namunani buzilishiga olib keladi.

Shunday qilib, perkolyatsiya nazariyasi tizim parametrlaridan biri sekin asta o'zgarishi bilan (biror narsani konsentratsiyasi) tizim xossasi sakrab o'zgaradigan turli tabiatga ega bo'lgan jarayonlarni ifodalash imkonini beradi. Shunday sodda model masalan, paramagnetiklarni–ferromagnetikka fazaviy o'tishini, epidemiyalarni tarqalish jarayonini, o'rmon yong'ini kabi turli jarayonlarni yetarlicha ifodalashga qodir ekan.

Oqim nazariyasini masalasi tahlil etilayotgan muhitni fizik va geometrik xarakteristikalarini o'zaro mos holdagi bog'lanishini aniqlashdan iborat. Sodda va shu bilan birga eng ko'p o'rganilgani regulyar panjaralarga asoslangan strukturalardir. Bular uchun odatda tugunlar masalasi va bog'lar masalasi ko'rib o'tiladi. Ular tasodifiy holda tanlangan panjara tugunlaridan ma'lum ulushdagi (3-rasm) tugun olib tashlangandagi (ular bilan birga bog'lar ham) panjarani fizik

xossalarini ko'rib chiqayotganda yuzaga keladi (aniqlik uchun elektr o'tkazuvchanlik xossasini aytaylik). Yoki bo'lmasa, tasodifiy tanlangan bog'lar ulushini olib tashlash. Bog'lar masalasida asosan qanday ulushdagi bog'ni olib tashlash (kesib qo'yish) kerakki, to'r ikki qismga bo'linib ketsin degan savolga javob topish kerak.



3-rasm. Kvadrat panjarada tugunlar masalasi (chapda) va bog'lar masalasi (o'ngda)

Tugunlar masalasida esa, tugunlar to'sib qo'yiladi (tugun olib tashlanib, u tugunga kiruvchi barcha bog'lar kesib tashlanadi) va to'silgan tugunlarni qanday ulushida to'r parchalanishi qidiriladi.

Kvadrat to'r faqat mumkin bo'lgan modellarning bir ko'rinishi xolos. Perkolyatsiyani uchburchakli, oltiburchakli setkalarda, shoxlarda uch o'lchamli panjaralarda masalan, kubli, o'lchamlari uchdan ortiq bo'lgan fazoda ko'rish mumkin. Setka regulyar bo'lishi shart bo'lmasdan, tasodifiy panjaralarda ham jarayonlarni ko'rish mumkin.

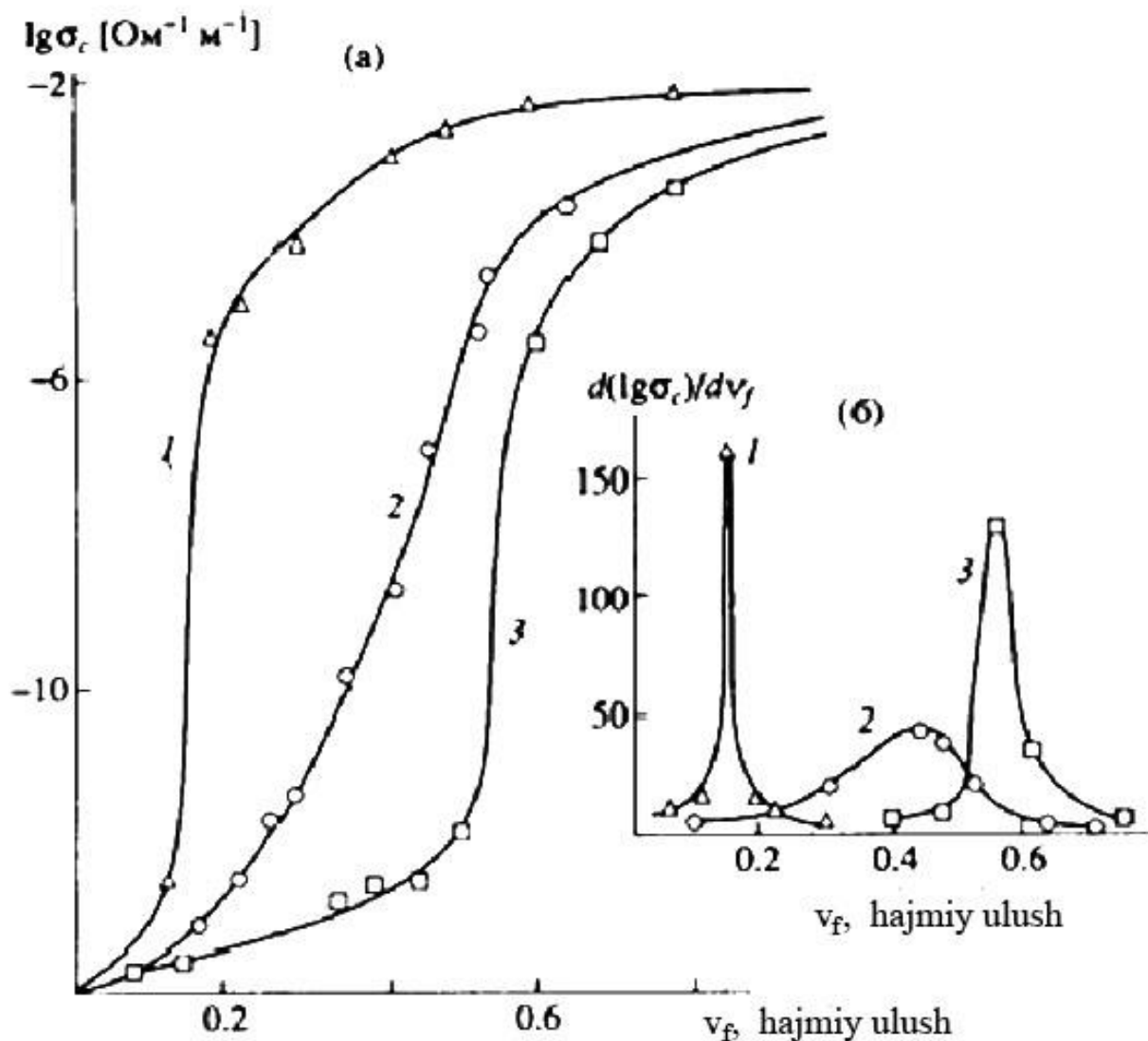
Bog'langan ob'yektlar zanjiridagi, masalan qora kvadratlarni perkolyatsiya nazariyasida klaster (cluster - shingil, uyum, to'plam) deb yuritiladi. Tizimni ikki qarama-qarshi tomonini bog'lovchi klasterni perkolyatsiyali, cheksiz, tortishib siquvchi yoki bog'lovchi klaster deb yuritiladi.

Perkolyatsiyali o'tish geometrik fazaviy o'tishdan iborat. Bunda perkolyatsiya chegarasi yoki kritik konsentratsiya ikkita fazaga ajratadi. Birinchi fazada chekli

klasterlar, ikkinchisida bitta cheksiz klaster mavjud bo'ladi. Kompozit materiallarni elektr xususiyatlarini ifodalash uchun eng mos keladigan perkolyatsiya masalasi bu uzluksiz muhit uchun tuzilgan masalalar hisoblanadi. Bu masalaga ko'ra fazoning har bir nuqtasida $p = V_f$ ehtimollik bilan $\sigma = \sigma_f$ o'tkazuvchanlik, va $p=1$ ehtimollik bilan $\sigma = \sigma_m$ o'tkazuvchanlik javob beradi.

Bu yerda indeks f to'ldiruvchini (filler), indeks m esa, matritsani (matrix) bildiradi. Oqim chegarasi (v_f^*) bu holda fazoning minimal ulushiga teng bo'lib, o'tkazuvchan sohalarni egallagan bo'ladi va bu holatda ham tizim o'tkazuvchan bo'lib turadi. V_f qiymatini o'zgarishi 0 bilan 10 orasida bo'lganda kompozitni elektr o'tkazuvchanligi σ_m dan σ_f gacha ortadi va bu odatda 20 tartibni tashkil etadi. σ ni ortishi nomonoton tarzda bo'lib, uni eng keskin o'zgarishi odatda to'ldiruvchi konsentratsiyasini tor sohasida kuzatiladi (4-rasmga qarang). Bu esa, dielektrik-metal o'tishi haqida gapirishga imkon beradi va uni boshqacha V_f oqim chegarasiga teng bo'lganda perkolyatsiyali o'tish deb yuritiladi. Bu o'tishni ikkinchi tur fazaviy o'tish deb ham yuritiladi.

Tizimda to'ldiruvchini turli V_f miqdorda bo'lganida o'tkazuvchanlik taqsimotini ko'rib o'taylik. To'ldiruvchining V_f - kichik qiymatlarida barcha o'tkazuvchan zarrachalar chekli o'lchamdagi klasterlarga birlasha boshlaydi. Lekin klasterlar bir-biridan izolyatsiyalangan bo'ladi. Asta sekin V_f ortishi bilan klasterlarni o'rtacha o'lchami ortib $v_f = v_f^*$ qiymatga yetganda izolyatsiya holdagi klasterlarni juda katta qismi o'zaro qo'shib cheksiz klaster deb nomlangan holatga o'tadi va u butun tizim orasidan o'tadi va natijada o'tkazuvchanlik kanali yuzaga keladi.



4-rasm. Turli usulda olingan polipropilen + alyuminiy KM elektr o'tkazuvchanligini hajmdagi alyuminiyning miqdoriy ulushiga bog'lanishi. 1-komponentalarni kukun holida aralashtirilib keyin presslangan, 2-polimerlanishdagi to'ldirish, 3-vallarda aralashtirib tayyorlangan.

Keyingi V_f ortishi cheksiz klaster hajmini keskin ortishiga olib keladi. U chekli klasterni o'ziga biriktirib, ayniqsa ulardan eng kattasini yopishtirib oladi. Natijada chekli klasterlar o'rtacha o'lchami kamayadi. Tadqiqotchilar cheksiz klaster topologiyasini o'rganib, klasterni asosiy qismi zanjirda yig'ilgan bo'lib, tupiklarda tugaydi degan xulosaga kelishdi. Bu zanjirlar cheksiz klaster zichligiga va dielektrik singdiruvchanlikka o'z ulushini beradi, lekin o'tkazuvchanlikka ulush

qo'shmaydi. Bularni "uchlari o'lik" zanjir deb atashadi. O'lik uchlarsiz cheksiz klasterni, cheksiz klaster skeleti deb ataladi. Cheksiz klaster skeletini birinchi modelini Shklovskiy–De Jen taklif qilganlar. U tugunlari orasidagi o'rtacha masofa to'ldiruvchi konsentrat-siyasini oqim chegarasiga yaqinligiga bog'liq bo'lgan noregulyar panjaradan iborat model edi. Unga ko'ra, oqim chegarasi yaqinida ikki komponentali binomial taqsimotga ega aralashma zarrachalarining o'tkazuvchanligi: σ_c

$$\sigma_c = \sigma_f (v_f - v_f^*)^\beta, \quad v_f > v_f^* \text{ hol uchun}$$

$$\sigma_c = \sigma_f (v_f - v_f^*)^\beta, \quad v_f < v_f^* \text{ hol uchun}$$

$$\sigma_c \approx \sigma_f X^\delta, \quad v_f \approx v_f^* \text{ hol uchun}$$

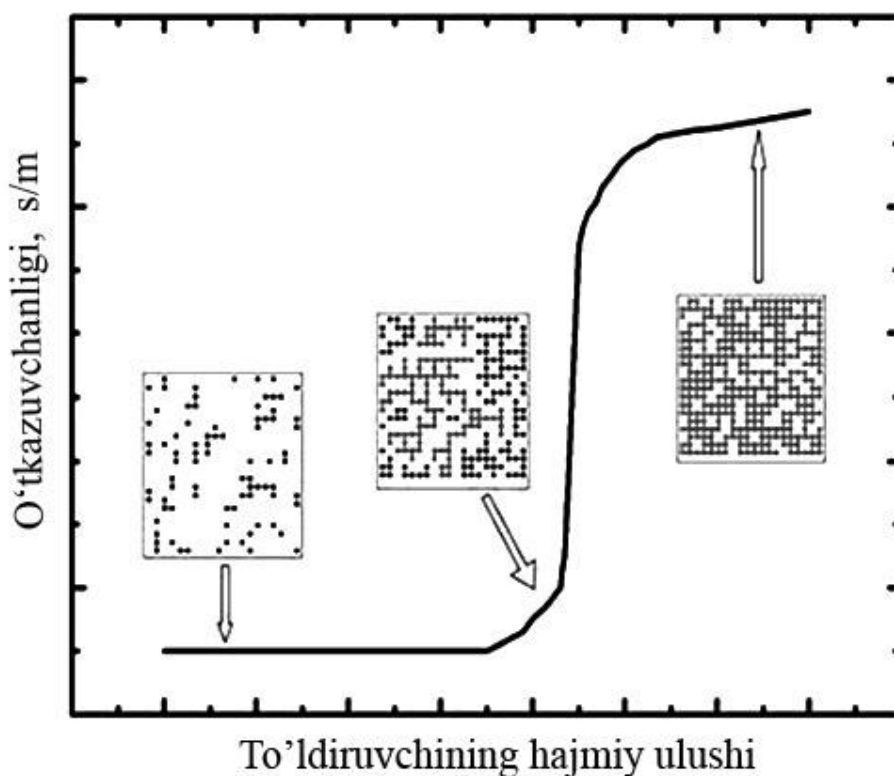
Bu yerda $X = \sigma_2/\sigma_1 \ll 1$, α , β va $\delta = \beta/(\alpha + \beta)$ parametrlarni turli modellar uchun qiymatlari jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Chegara oqimi yaqinida ba'zi bir oqim modellari parametrlari keltirilgan

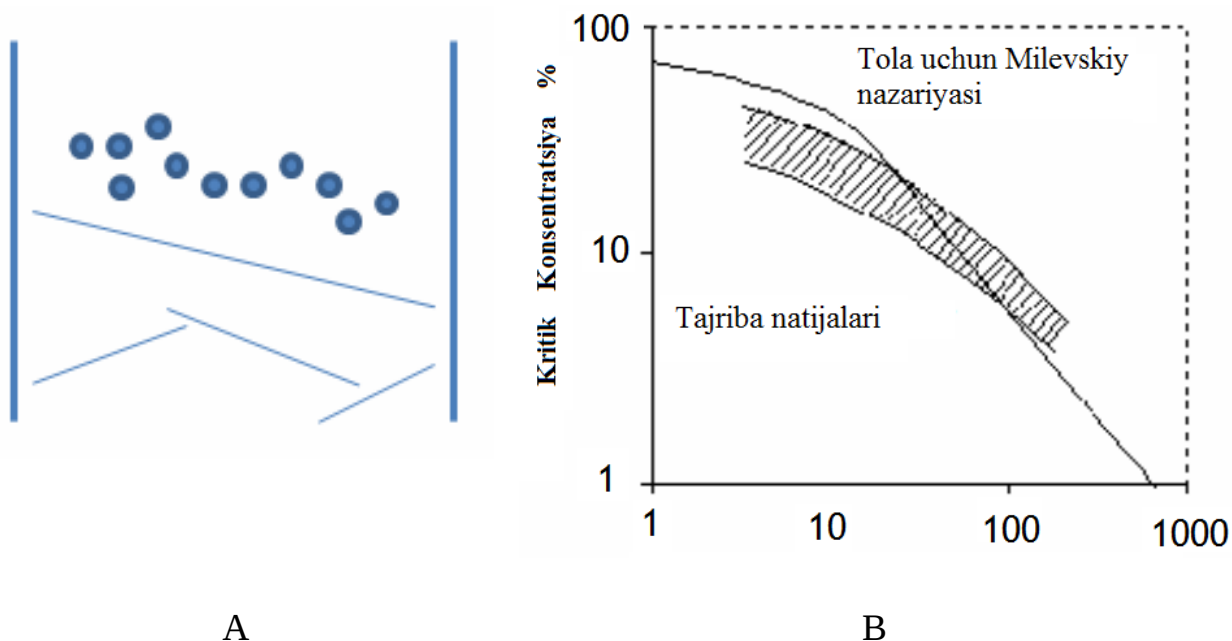
	C_n	α	β	Δ
Uch o'lchamli bog' masalasi (kub panjara)	0,25	1	1,6	0,67
Ikki o'lchamli bog' masalasi (kvadrat panjara)	0,5	1	1,1	0,51
Uch o'lchamli oqim modeli (uzliksiz muhit)	0,145	1	1,4	0,65

5-rasmda o'tkazuvchanlikni o'zgarish xarakteri sifat jihatdan tasvirlangan.



5-rasm. O'tkazuvchanlikni to'ldiruvchi konsentratsiyasiga bog'lanishi

Anizotrop to'ldiruvchilar holida o'tkazuvchan faza tasodifiy yo'nalishga ega anizometrik zarralardan (tola, silindrlar) tashkil topadi. Bunday material o'tkazuvchanligi doimo izotrop, yoki bo'lmasa, o'tkazuvchan faza tasodifiy yo'nalgan zarralardan tashkil topgan bo'lib anizotrop xususiy o'tkazuvchanlikka ega. Bunday to'ldiruvchilar uchun perkolyatsiya chegarasi odatda sferik yoki sferoidli formaga ega zarralarga qaraganda juda ham past. Buni 6-rasmdan ham osongina ko'rish mumkin. Birinchi a - holda namunani qarama-qarshi yonlari orasidagi masofani qoplash uchun yetarlicha oz miqdorda zarra kerak. Bu yerda yana, b - holatda perkolyatsiya chegarasini to'ldiruvchi zarralar formasi ko'effitsiyentiga bog'lanishi ham keltirilgan. To'ldiruvchi zarralari formasi ko'effitsiyenti uzunlikni diametrga nisbatini $\frac{l}{d}$ bildiradi.



6-rasm. a) zarralar bir-birini qoplashdagi joylashishi; b) zarra formasining koeffitsiyentiga perkolyatsiya chegarasini bog'lanishi

Kompozit materiallar xossalariga daxldor parametrlarni hisoblashni boshqa yana bir modeli effektiv muhit nazariyasi bo'lib, unda o'zaro mos maydon tamoyilidan foydalaniladi. U model shundan iboratki, kompozit materialni mikroskopik elementi ichidagi maydonni hisoblashda, u shunday effektiv muhit bilan o'ralgan bo'ladiki, uning dielektrik singdiruvchanligi izlanayotgan dielektrik singdiruvchanlik bilan aynan bir xil bo'ladi deb hisoblanadi.

O'rtacha maydon to'ldiruvchi evaziga o'zgarishga uchramaydi deb qaraladi. Shunday faraz asosida butun namuna bo'yicha maydonni o'rtachalashtirib, uni berilgan makroskopik maydonga tenglashtiriladi va effektiv dielektrik singdiruvchanlikni aniqlovchi tenglamani olinadi. Muhit morfologiyasiga qarab, ikki xil turlicha hisoblash usulidan foydalaniladi. Birinchisi simmetrik model bo'lib, unda ikkita uzluksiz fazalar bilan aralashma hosil qilingan. Ya'ni matritsa va to'ldiruvchi komponentalarini aniq bo'linishi bo'lmaydi. Bu holda o'rtachalashtirish olib boriladigan mikroskopik elementlar kompozit materialni birinchi yoki ikkinchi komponentasi bilan to'ldirilgan qismi hisoblanadi. Effektiv muhit modelini ikkinchi turida assimmetrik yaqinlashishdan foydalaniladi. Bu

muhitdagi aralashmani bir komponentasi matritsa ikkinchisini to'ldiruvchi deb atash mumkin bo'ladi. Bu holda o'rtachalashtirish olib borilayotgan mikroskopik element ikki fazali bo'ladi va u matritsa materiali qatlami bilan o'ralgan to'ldiruvchi materialidan iborat yadroni tashkil etadi. Perkolyatsiya nazariyasi ham, effektiv muhit modeli ham o'zining cheklanishlariga ega.

§ 2. Anizotrop perkolyatsiya.

Oqim chegarasi p_c dan yuqorida geterogen material izolyator va o'tkazgichni aralashmasidan iborat kompozitni elektr o'tkazuvchanligi σ , o'tkazuvchan faza konsentratsiyasi P ga darajali bog'langan:

$$\sigma \sim (p - p_c)^t$$

Bu yerda kritik indeks t tizim o'lchamiga bog'liq:

$$t = 1,2 \pm 0,1 \quad \text{ikki o'lchamli}$$

$$t = 1,7 \pm 0,1 \quad \text{uch o'lchamli.}$$

Bu muammoni ba'zi bir umumlashgan tomoni bor. U tizimga anizotroplik kiritishga imkon yaratib, o'tkazuvchanlikni tenzor kattalik orqali baholashga olib keladi.

- 1) O'tkazuvchan faza ma'lum yo'nalish olgan zarralardan (tola, silindrlar) tashkil topgan bo'lishi mumkin va unday material o'tkazuvchanligi doimo izotrop.
- 2) O'tkazuvchan faza anizotropli xususiy o'tkazuvchanlik bilan yo'nalish olgan zarralardan tashkil topadi. Bu masala Shklovskiy tomonidan juda batafsil o'rganilgan va bunday material hamma vaqt anizotrop ekani ko'rsatilgan. Faqat juda kichik oqim chegarasiga yaqin sohada u bajarilmaydi va unda anizotroplik chegara yaqinida Streyl qonuni bo'yicha quyidagicha pasayadi:

$$\frac{\sigma_{\parallel}}{\sigma_{\perp}} = 1 + (p - p_c)^{\lambda},$$

Bu yerda λ – yangi kritik indeks.

Anizotroplik muammosini bog'lar masalasi doirasida panjarali model yordamida ham qarash mumkin.

- 3) Turli yo'nalishlardagi bog'lar turlicha ehtimollik bilan yangi shakllanishni yuzaga keltiradi, lekin bir xil qarshilikka ega bo'ladi. Bu holda o'tkazuvchanlik oqim chegarasi yaqinidan tashqari sohada anizotrop bo'ladi.
- 4) Barcha bog'lar bir xildagi ehtimollik bilan yangi shakllanishni yuzaga keltiradi, lekin qarshilik turli yo'nalishda turlicha bo'ladi.

Bu holda o'tkazuvchanlik ham oqim chegarasiga yaqin izotrop sohadan tashqari barcha p larda anizotrop bo'ladi. Panjarali qarshilik modeli yana renormallashtirish guruhi nuqtai nazaridan ham qarab o'tiladi, natijalar effektiv muhit yordamida sonli modellashtirish orqali olingan natijalarga yaqin bo'ladi.

Shklovskiy tomonidan anizotrop sferalari yoki izotrop cho'zilgan zarralari bor kompozit materiallarni elektr xususiyatlari batafsil tadqiq etilgan. Bir xil hajmda qolib sferani ellipsoidga o'tkazadigan koordinata o'zgarishlarida har ikki hol ekvivalent bo'lgan.

Agar $\sigma_{||}$ va $\sigma_{\perp}$ kattaliklar z o'qi bo'ylab yo'nalish olgan ellipsoidlar tizimining z va x o'qlari bo'ylab makroskopik o'tkazuvchanligi deyilsa, hamda $\sigma'_{||}$ va $\sigma'_{\perp}$ z' - o'qqa mos va ko'ndalang anizotrop sferalarni makroskopik o'tkazuvchanligi bo'lsa, ular quyidagi munosabat bilan bog'langan bo'ladi:

$$\sigma_{||} = \left(\frac{l}{d}\right)^{\frac{4}{3}} \sigma'_{||}, \sigma_{\perp} = \left(\frac{d}{l}\right)^{\frac{2}{3}} \sigma'_{\perp}$$

Bu yerda $\frac{l}{d}$ ellipsoidni katta va kichik o'qlari nisbati.

Anizotrop sferalar tizimini anizotrop bog'lar masalasi sifatida modellashtirish mumkin. Unda yo'nalgan izotrop ellipsoidlar tizimi uchun anizotroplik koeffitsiyentini kritik qiymatini o'zgarishi quyidagi

$$\frac{\sigma_{||}}{\sigma_{\perp}} = \left(\frac{l}{d}\right)^2 \left[1 + A(p - p_c)^A\right]$$

ko'rinishida bo'ladi. Kritik indeks λ kattaligi $\sim 0,4$ atrofida ekanligi, sonli hisoblashlar bo'yicha renormal guruh usuli bo'yicha hamda Keyli daraxti usuli yordamida modellash-tirishdan (panjara bog'lari va to'rtqutblilar usuli) aniqlangan.

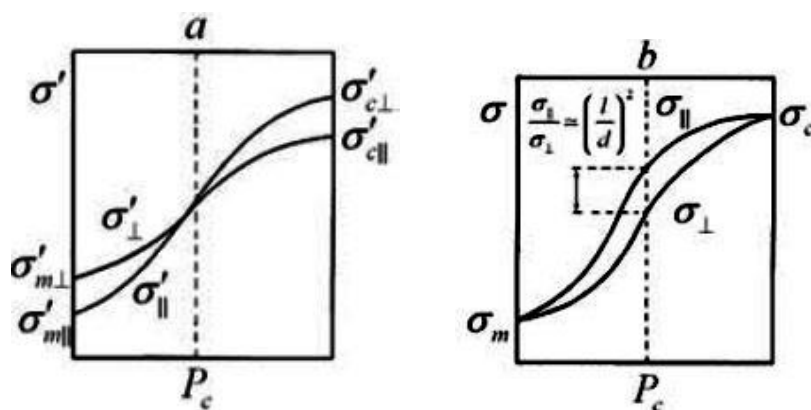
Anizotroplik kattaligi chegarada $\sim \left(\frac{l}{d}\right)^2$ ga teng bo'ladi.

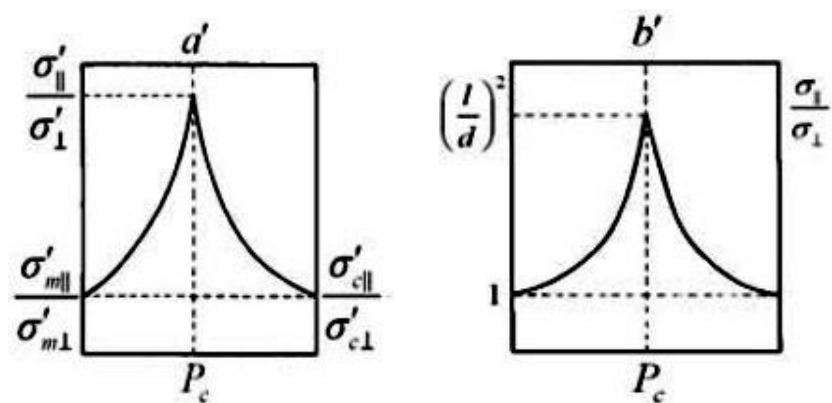
Makroskopik o'tkazuvchanlikni umumiy o'zgarishi va anizotroplik koeffitsiyentini zarralarni hajmiy konsentratsiyasi p ni funksiyasi sifatida matritsani chekli o'tkazuvchanli holi uchun o'zgarishi 2.7-rasmda tasvirlangan (σ_m anizotrop matritsa uchun- $\sigma_m^{\parallel}$ va $\sigma_m^{\perp}$)

Sonli modelashtirish va tajriba natijalari tahlilida tizimni chekli o'lchamlarini e'tiborga olish zarur, chunki ularda oqim chegarasiga yaqinlashganda, ortib boradigan va natijalarni talqin qilishni qiyinlashtiradigan o'tkazuvchanlikni statik fluktuatsiyasi katta. U holda Streyli nazariyasiga ko'ra

$$\frac{\langle \delta \sigma^2 \rangle^{\frac{1}{2}}}{\langle \sigma \rangle} \approx \frac{\xi}{L}$$

Bu yerda ξ -kogerentlik uzunligi, $\xi \sim (p-p_c)^{\nu}$, $\nu=1,35$, tizim o'lchamlari L , ya'ni tizim o'lchamlari kichiklashib borgan sari va oqim chegarasiga yaqinlashgan sari fluktuatsiya haqiqatdan ham ortib boradi.





7-rasm. Kompozit materialni elektr o'tkazuvchanligini (a, b) va elektr o'tkazuvchanlik anizotropligini $(\acute{a}, \acute{b})$ to'ldiruvchining hajmiy konsentratsiyasiga bog'lanishini umumiy ko'rinishi keltirilgan. $(a, \acute{a})$ -anizotrop matritsada anizotrop sferalar, $(b, \acute{b})$ - izotrop chekli o'tkazuvchanlikka ega matritsada cho'zilgan izotrop zarralar.

§ 3. Termoelektrik materiallar xossalari samaradorligini ta'minlash usullari.

Termoelektrik xususiyatni yaxshilashda termoelektrik koeffitsiyenti ε_0 qiymatni katta bo'lishiga erishish talab etiladi.

Ya'ni

$$\varepsilon_t = \varepsilon_0(T_2 - T_1) = \varepsilon_0 \Delta T$$

ifodadan $\Delta T = 1$ bo'lganda termoelektrik yurutuvchi kuch $\varepsilon_t = \varepsilon_0$ bo'lib, u materiallar tutashuvlari temperaturalari farqi 1°C bo'lganda qancha miqdorda elektr yurutuvchi kuch hosil bo'lishini ko'rsatuvchi koeffitsiyent hisoblanadi va faqat materialga bog'liq bo'ladi. Lekin termoelektrik materiallarni samaradorligini aniqlash uchun odatda termoelektrik asillik deb ataluvchi ZT o'lchamsiz kattalikdan foydalaniladi va Ioffe formulasi bilan foydalaniladi.

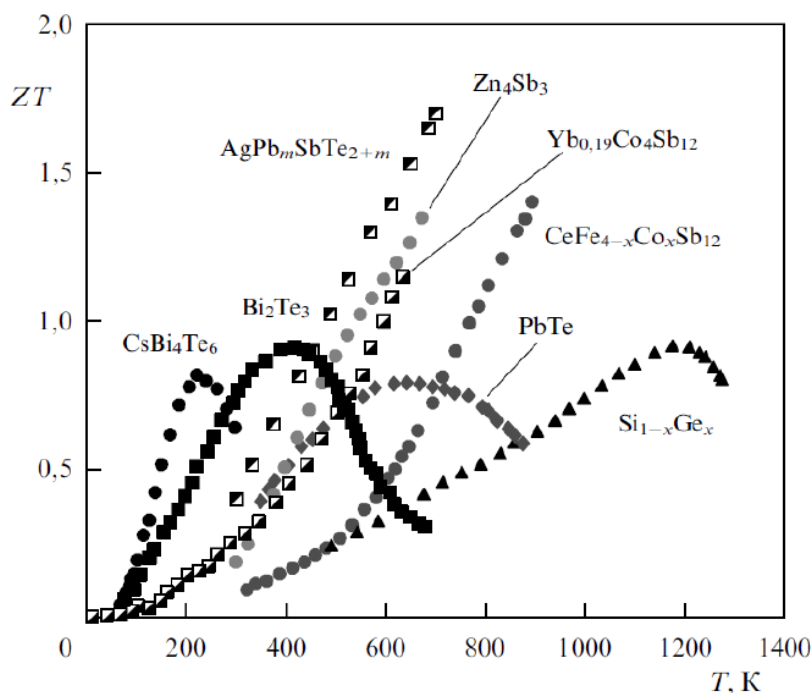
$$ZT = \frac{\sigma \varepsilon^2 T}{\kappa}$$

Bu yerda σ – elektr o'tkazuvchanlik ε – termoelektrik yurituvchi kuch, κ – issiqlik o'tkazuvchanlik, T – o'rtacha ishchi temperatura. Ko'p hollarda ZT o'rniga Z ishlatib o'lchami temperaturaga teskari bog'langan. Bundan ko'rinadiki, samarali termoelektrik material bo'lishi uchun u bir vaqtning o'zida yuqori elektr o'tkazuvchanlikka, katta termoEYuK qiymatga va past issiqlik o'tkazuvchanlikka ega bo'lishi kerak. Shuni ahamiyatliki, elektr o'tkazuvchanlik va termoEYuK materialni elektron xususiyatiga bog'liq. Bu ikki kattalikni ko'p hollarda birlashtirib quvvat faktori deb ataladi.

$$p = \sigma \varepsilon^2.$$

Issiqlik o'tkazuvchanlik esa, ikkita panjara va elektronlar ulushlaridan tashkil topadi. Metallardan farqli o'laroq, yarimo'tkazgich va dielektriklar yuqori EYuK va issiqlik o'tkazuvchanlikda elektron ulushini kuchliligi bilan xarakterlanadilar. Lekin ularda elektr o'tkazuvchanlik past bo'ladi. TermoEYuK, elektr o'tkazuvchanlik va issiqlik o'tkazuvchanlikni eng optimal ravishda tanlashda eng yaxshi termoelektrik material sifatida kuchli legirlangan yarimo'tkazgich yoki

yarim metallar bo'lishi aniqlangan (ularda zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi $\sim 10^{19} \text{ sm}^{-3}$). Quyidagi rasmda termoelektrik asllikni temperaturaga bog'lanishi keltirilgan.



8-rasm. Istiqbolli materiallar $ZT=f(T)$ bog'lanishi.

Bulardan ko'rinadiki, o'lchamsiz termoelektrik asllik eng yahshi materiallarda ham ikkidan oshmaydi, ikkinchidan ZT kattalik temperaturaga ekstrimal holatda bog'lanishga ega. ZT kattalikni temperaturaga bog'lanishida muayyan temperaturada maksimumlarni hosil bo'lishi, konkret ishchi temperatura uchun eng samarali termoelektrik material tanlash imkonini beradi. Termoelektrik materiallar ishchi temperaturaga qarab uchta guruhga bo'linadi.

- 1) Past temperaturali 273–673 $^{\circ}\text{K}$ orasida, asosan vismut va surma xolkogen;
- 2) O'rta temperaturali 673–873 $^{\circ}\text{K}$ orasida, bular qo'rg'oshin tellur, germaniy va qalayi;
- 3) Yuqori temperaturali 873 $^{\circ}\text{K}$ dan baland, kremniy-germaniy qotishmalar.

Aytish kerakki, eng yahshi termoelektrik asllikka ega material vismut-tellurda ham ZT qiymati birdan ortmaydi. Termoelektrik aslligi past bo'lgan materiallarda termoEYuK past bo'lib, ularni qo'llash chegarasini cheklaydi. Shuning uchun birinchi navbatda termoelektrik asllikni ZT orttirish uchun ularni termoelektrik

samarani belgilovchi xossalarini optimallashtirish kerak. Bunday usulda termoelektrik xossalarini oz bo'lsada orttirish mumkin. Optimallashtirish uchun quyidagi yo'nalishlarni yaratish mumkin:

- a) zarra tashuvchilar konsentratsiyasini optimallashtirish;
- b) ta'qiq zona kengligini optimallashtirish;
- v) material kimyoviy tarkibini optimallashtirish.

Bularni har birini alohida ko'rib o'tamiz.

§ 4. Zaryad tashuvchilar konsentratsiyasini optimallashtirish.

Termoelektrik material sintez qilish jarayonida legirlash sathini optimal qiymatini tanlash orqali zaryad tashuvchilar konsentratsiyasini optimallashtirish termoelektrik asllikni maksimum qiymatini ta'minlaydi.

Zaryad tashuvchilarni optimal konsentratsiyasini mavjud bo'lishi shundaki, konsentratsiya ortishi bilan solishtirma elektr o'tkazuvchanlik σ ortadi, termoEYuK qiymati esa, aksincha pasayadi. Elektr o'tkazuvchanlikni n konsentratsiyaga bog'lanishi haqiqatan ham

$$\sigma = en\mu_n$$

formuladan ma'lum. Bu yerda e – elektron zaryadi. μ_n – elektron harakatchanligi. TermoEYuKni konsentratsiyaga bog'lanishi konsentratsiya ortishi bilan tashuvchilar gazini aynishi ro'y berishi bilan bog'liq. Aynigan elektron gaz uchun Fermi sathi E_F o'tkazuvchanlik sohasiga tushadi (elektron yarimo'tkazgich uchun) va quyidagi shart bajariladi:

$$E_F - E_C > kT.$$

Bu yerda E_C – o'tkazuvchanlik zonasi tubi energiyasi, k – Boltsman doimiysi.

Bu holda elektronlar tezligi va energiyasi Fermi sathi energiya qiymati bilan aniqlanadi va temperaturaga bog'liq bo'lmaydi.

Bunday yarimo'tkazgich uchun temperatura gradiyenti borligi (ikki qarama-qarshi tomon sovuq va issiq uchlari) elektronlar oqimi juda sezilarsiz bo'ladi. Bu esa o'z navbatida EYuK ham sezilarsiz bo'ladi. EYuK qiymati ortishi, o'z

navbatida termoelektrik aslligini orttirish bilan yarimo'tkazgich va yarimmetallarda shunday sharoit yaratish mumkinki, sharoitda kuchli aynish bo'lmasin, lekin konsentratsiya yuqori bo'lsin. Shunda optimallashtirish mumkin bo'ladi. termoelektriklar uchun elektro'tkazuvchanlik termoEYuK va quvvat faktorini elektron kinetic nazariyasi asosida hisoblashlar ko'rsatadiki, n-turdagi yarimo'tkazgichlarda quvvat faktorini eng katta qiymatiga Fermi sathi o'tkazuvchanlik zonasi tubida bo'lganda va kuchli aynish bo'lmaganda erishiladi. Shuningdek, muhimi Fermi sathini bunday holatida kovaklar konsentratsiyasi juda kamligi uchun termoEYuKni ortishiga olib keladi.

Ta'qiq zona kengligini optimallashtirish.

Ta'qiq zona kengligi ΔE_g yarimo'tkazgichlarda elektron spektrlarini fundamental parametric hisoblanib, uni o'zgartirish orqali termoelektrik xossalarini optimallashtirish mumkin. Hisoblashlarni ko'rsatishicha, aynimagan yarimo'tkazgichlar uchun quyidagi shartlar bajarilishi orqali eng yahshi termoelektrik xarakteristikalariga erishish mumkin.

1) kT issiqlik energiyasidan ta'qiq zona kengligi anchagina katta bo'lishi kerak;

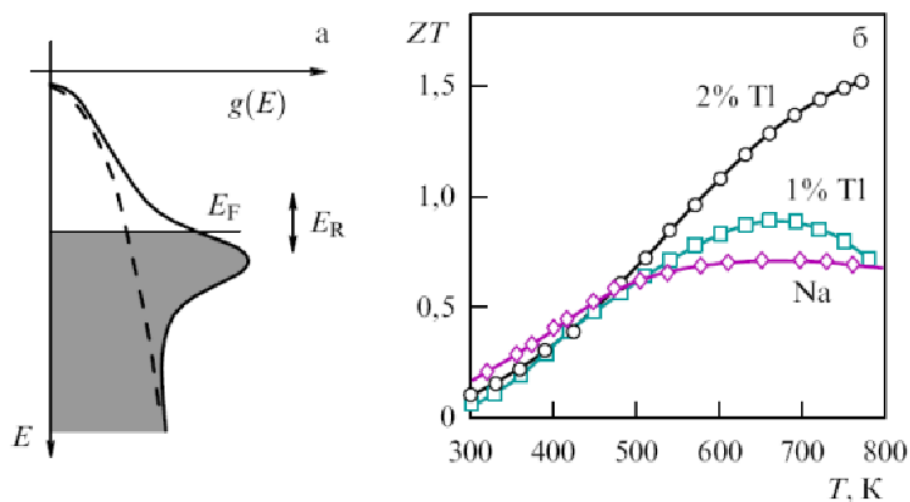
2) Fermi sathi asosiy zaryad tashuvchilarni mumkin bo'lgan zonasi tubiga yaqin joylashtirishi lozim.

Bu shartlar bajarilishi shuni bildiradiki asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi minimal bo'ladi va o'z navbatida termoEYuK monopolyar o'tkazuvchanlik bilan aniqlanib (asosiy zaryad tashuvchilar bilan) maksimal bo'ladi.

§ 5. Material kimyoviy tarkibini optimallashtirish.

Material termoelektrik xossalarini kimyoviy tarkibini modifikatsiyalash yordamida yoki ularni qattiq eritmalarini yaratish bilan, yoki bo'lmasa dastlabki materiallar asosida yangi kimyoviy birikma hosil qilish orqali yaxshilash mumkin. SnTe va PbSe qotishmalari turlicha qattiq eritmalar olishga imkon beradi va ularni issiqlik o'tkazuvchanligi alohida komponentalar issiqlik o'tkazuvchanligidan ancha past bo'ladi. issiqlik o'tkazuvchanlikni pasayishi qattiq eritmani hosil bo'lishida yuzaga kelgan turli defektlarda fononlarni sochilishi evaziga ro'y beradi. Muhimi esa, qattiq eritmalar solishtirma elektr o'tkazuvchanligi issiqlik o'tkazuvchanligiga nisbatan sezilarsiz o'zgaradi.

Elektron xususiyatlarini o'zgartirish uchun unga turli kirishmalar kiritish bilan erishiladi. Istiqbolli kirishmalardan Tl eng yahshi hisoblanib, termoelektrik xususiyatni yaxshilaydi. Tl qo'shilishi termoelektrik xususiyatni yaxshilashga olib kelishini sababi shundaki, ta'qiq zona orasida ~ 30 MeV kirishma zonasini hosil qiladi. U taxminan 60 MeV valent zona shipidan pastroqda bo'lib, kirishma zonasida holat zichligini keskin ortishiga va material termoEYuK qiymatini termoelektrik asllikni deyarli ikki marta oshiushiga olib keladi (9-rasm).



9-rasm. PbTe uchun valent zonada elektron holat zichligi (shtrixlangan) va qotishma eritma uchun yaxlit chiziq.

Hozirgi kunda past issiqlik o'tkazuvchanlikka va yuqori elektr o'tkazuvchanlikka ega materiallar qidirishda materiallar Slekka modeliga tayaniladi. Slekka samarali termoelektrik material sifatida kuchsiz bog'langan atom yoki

molekulalardan iborat moddalardan foydalanishni taklif etdi. Bunay atom va molekulalar retlar deyiladi. Ular cheklangan hajm ichida erkin aylana yoki tebrana oladi va samarali tarzda fononlarni sohib, panjaraviy issiqlik o'tkazuvchanlikni pasaytiradi. Yuqori elektr o'tkazuvchanlik esa, kichik qutbli kimyoviy bog' bilan kovalent bog'langan ta'minlanadi. Boshqacha aytganda Slekaga'oyasi issiqlik va elektr o'tkazuvchanlikni mustaqil, bog'liq bo'lmagan holda optimallashtirishga qaratilgan bo'lib, termoelektrik asllikni maksimal bo'lishiga erishishdan iborat.

Materillar orasida "Fononli shisha-elektron kristal" sifatida eng faol o'rganilayotgani to'ldirilgan skutteruditlar va yarimo'tkazgichli klatratlarni aytish mumkin. Skutterudit formulasi quyidagicha $A_xT_4E_{12}$ – bu yerda A–ishqoriy, ishqoriy yer, noyob yer elementlari indiy, qalay, T–o'tish elementlari VIII yoki VIV guruh elementlari va E–fosfor mishyak ba surma kabilar bo'ladi. bunday elementlarda $ZT=0,4$ qiymatigacha bo'lishi mumkin.

§ 6. Nanostrukturalangan termoelektrik materiallar

Samarali termoelektrik materiallar yaratishni istiqbolli yo'llaridan yana biri turli xildagi nanostrukturalar, jumladan kvant nuqta, nanoip, o'tapanjara, hajmiy nanokompozitlar kabi strukturalar yaratishdan iborat. Termoelektrik nanomateriallarni tadqiq etish keying yillarda keskin ortib bormoqda va olingan natijalar eng kamida fundamental tadqiqotlar uchun juda murakkab texnologik va muxandislik masalalarini yechishni talab etadi.

Nanomateriallarda termoelektrik asllikni orttirish ikkita fizik hodisa bilan bog'liq:

1) Kristal panjarada tugunlar issiqlik o'tkazuvchanligini pasayishi, ya'ni nanomaterialda ko'p sonli chegara bo'limlar yuzaga kelishi bilan, ular fononlar

uchun samarali sochuvchi markaz bo'lib qoladi. Lekin elektronlar tashuvida deyarli tasiri bo'lmaydi.

2) Nanomateriallarda fermi satxi yaqinida xolat zichligini ortishi bilan bir vaqtda taqiq zona kengligini ortishi ro'y beradi. Bu holda elektr o'tkazuvchanlik kamaysada termoEYuK ortadi. Ma'lum sharoitlarda quvvat faktori ham ortadi.

Panjara issiqlik o'tkazuvchanlikni pasayishi shundaki, ko'plab termoelektrik materiallarni ishchi temperaturasida fononlarni erkin yugurish yo'li uzunligi nanozarralarda sochilish bilan cheklanadi. 90 foiz issiqlikni aynan shu sochilayotgan fononlar tashigani uchun issiqlik uzatish kamayadi.

Undan tashqari termoelektrik materiallar yaratishni asosiy masalasi elektr o'tkazuvchanlikni kamaytirmay Zeebek koeffitsiyentini orttirishdan iborat.

Zeebek samarasi yuzaga kelishida yarimo'tkazgichlar elektron strukturasini termoEYuKga ta'siri Mott formulasi bilan aniqlanadi:

$$\varepsilon = \left(\frac{\pi^2 k^2 T}{3e} \frac{d \ln(\sigma(E))}{dE} \right)_{E=E_F}.$$

Bu yerda k —Boltsman doimiysi, e —elektron zaryadi. Bu ifodani boshqatdan quyidagicha yozamiz:

$$\varepsilon = \frac{\pi^2 k^2 T}{3e} \left\{ \frac{1}{\mu} \frac{d\mu(E)}{dE} + \frac{1}{g(E)f(E)} \frac{dg(E)f(E)}{dE} \right\}_{E=E_F}.$$

Bu yerda μ – harakatchanlik, $g(E)$ – elektron holat zichligi, $f(E)$ – Fermi-Dirak taxsimot funksiyasi. Bundan ko'rinadiki, yuqori EYuK olish uchun Fermi sathi yaqinida holat zichligini kuchli o'zgarishiga erishishini ta'minlash kerak. Muhimi shundaki $g(E)$ holat zichligini nanoo'lchamlarga o'tib brogan sari keskin o'zgarishlarga uchraydi. Masalan 3,2,1 o'lchamli strukturalarda holat zichligini quyidagicha aniqlanadi.

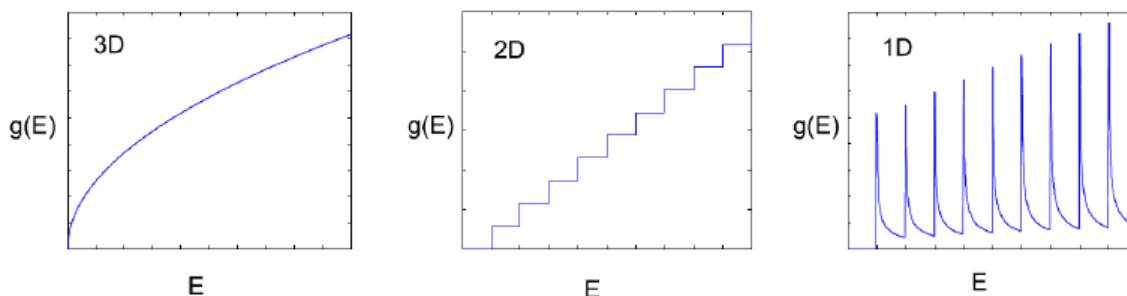
$$g_{3d}(E) = \frac{1}{2\pi^2} \left(\frac{2m_d}{\hbar^2} \right)^{3/2} E^{1/2}, \quad E \geq 0, \quad m_d = \sqrt[3]{m_x m_y m_z},$$

$$g_{2d}(E) = \frac{2m_d}{a\pi \hbar^2}, \quad E \geq E_n, \quad m_d = \sqrt{m_x m_y},$$

$$g_{1d}(E) = \frac{1}{a^2 \pi} \left(\frac{2m_d}{\hbar^2} \right)^{1/2} (E - E_{nm})^{1/2}, \quad E \geq E_{nm}, \quad m_d = m_x.$$

Bu yerda a —past o'lchamli struktura o'lchamlari; m_a —effektiv massa.

$g(E)$ —ifodasini grafik ko'rinishi



§ 7. Termoelektrik nanokompozitlar

Nanokompozit tushunchasi orqali matritsaga nanoo'lchamli to'ldiruvchi kirishi bilan yaratilgan materiallarni belgilangan. Termoelektrik nanokompozitlarda zarra o'lchami bir necha nanometrdan ortmaydi. Bundan ko'rinadiki termoEYuKni oshirish uchun quyidagi shartlarni bajarish kerak:

1) Zarra o'lchami fononni o'rtacha yugurish yo'lidan kichik, lekin zaryad tashuvchilar o'rtacha yugurish yo'lidan katta bo'lishi kerak. Shunday holda zarralararo chegara bo'limlarida fononlar zaryad tashuvchilarga nisbatan samarali sochilib issiqlik o'tkazuvchanlikni elektr o'tkazuvchanlik kamayishiga nisbatan kuchliroq kamayishiga (panjara ulushini kamayishi hisobiga) natijada termoelektrik asllik ortadi.

Ma'lumki, nanokompozitlarda zarra o'lchami kichiklashib borgan sari zarralararo chegara bo'lim ulushi ortib boradi. U esa material issiqlik o'tkazuvchanligini asta sekin kamayib borishiga olib keladi. Tabiiyki, zarralararo chegara bo'limida elektronlar sochilishi ham ro'y berib, ularni harakatchanligini pasayishga olib keladi. Lekin, hajmiy nanokompozitlarda issiqlik o'tkazuvchanlikni kamayishi elektr o'tkazuvchanlikka nisbatan ancha salmoqli bo'ladi.

Shunday qilib, hajmiy nanokompozitlarda yuqori elektr o'tkazuvchanlik va past issiqlik o'tkazuvchanlikka erishish mumkin ekan. Bularni isboti uchun [32] ishdagi natijalarni olish mumkin. Bu ishda nanotuzilmalarni strukturalanish darajasini issiqlik va elektr xossalriga ta'siri o'rganilib, unda kremniy monokristali va kremniy nanozarralari asosida hajmiy nanokompozit o'zaro taqqoslangan (kremniy nanozarralari o'rtacha o'lchamlari ~ 10 nm ga teng olingan). Si monokristalini issiqlik o'tkazuvchanligi $873,1 \text{ MVt/sm}\cdot\text{K}$, solishtirma elektr qarshilik $0,33 \text{ Mom}\cdot\text{sm}$ ga teng. Hajmiy nanokompozitda esa, bular mos holda $62,6 \text{ MVt/sm}\cdot\text{K}$ va $0,91 \text{ Mom}\cdot\text{sm}$ qiymatga teng bo'lgan. Bundan ko'rinadiki, hajmiy nanokompozitda issiqlik o'tkazuvchanlik ancha ko'p 12 marta kamaygan, elektr o'tkazuvchanlik esa 3 marta kamaygan xolos. Elektr o'tkazuvchanlikni kamayishi bu yerda zarralar harakatchanligi kamayishi bilan bog'liq (hajmiy nanokompozitda harakatchanlik $15,1 \text{ sm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$, monokristal kremniyda esa $42,8 \text{ sm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$).

Ta'kidlash lozimki, bugungi kunda hajmiy nanokompozitlar eng o'ziga jalb etuvchi ob'yekt sifatida qaralmoqda. Chunki ularda termoelektrik asllikni yuqori bo'lishi bilan birga arzon texnologiya asosida, material shakli va o'lchamiga cheklovlarsiz va massaviy tarzda olinishi mumkin.

II-BOB Termoelementlarning texnikada qo'llanilishi.

§ 8. Termogeneratorlar tuzilishi.

Hozirgi vaqtda termoparalar texnikada elektr manbai sifatida deyarli qo'llanmaydi, chunki ularning F.I.K juda kam (protsentning bir necha ulishicha). Bundan tashqari, ular sanoat uchun yaroqsiz, kichik quvvatli tok beradi. Elektr energiya manbalari sifatida ulardan tuzilgan modulli manbalar bor. Ular bilan keyinroq tanishamiz.

Lekin shuni eslatib o'tish kerakki, oxirgi paytlarda termoparalarning F.I.K ini 8% gacha orttirishga muyassar bo'lindi. Bu esa, kelgusida termoelektrdan amaliy foydalanish imkonini beradi. Bu sohada metallarni yarimo'tkazgichlar bilan almashtirish ayniqsa katta istiqbollarga bo'lib bormoqda.

Sovet olimi A.F.Ioffe termoelektr generator yaratdi. Bu generatorda kerosin lampa shishasidan chiqadigan issiq gazlar issiqlik manbai bo'lib xizmat qiladi (6-rasm). Bu gazlar termoelementning ichki kavsharlangan uchlarini 300-350⁰C gacha qizdiradi, bunda tashqi uchlari 60⁰C dan yuqori bo'lmaydi. Bunday generator radiopryomnikni bemaolol ta'minlay oladi.

Yuqorida aytib o'tilganidek, termoparaning E.Yu.K ko'p hollarda qotishma uchlarining temperaturalar farqiga to'g'ri proportsionaldir. Binobarin, termoparadan temperaturalarni o'lchash uchun qulay foydalanish mumkin. Shuning uchun amalda termoparalardan yuqori va past temperaturalarni o'lchashda, shuningdek, kichik temperaturalar farqini o'lchashda, ya'ni aniq termometrlar sifatida keng foydalaniladi. Bu holda termoparaga ulangan tashqi zanjir faqat sezgir voltmetrdangina iborat bo'ladi, biroq uning shkalasi graduslarga darajalangan bo'ladi. Bunda termoparaning bitta kavsharlangan uchi temperaturasi oldindan ma'lum bo'lgan, masalan, eriyotgan muz (0⁰C) solingan idishga ikkinchi uchi esa temperaturasi (t^0) o'lchanishi kerak bo'lgan ob'yektga joylashtiriladi. Ob'yekt temperaturasi asbob shkalasidagi strelka ko'rsatishiga qarab aniqlanadi.

Yuqori temperaturalarni o'lchashda qo'llaniladigan termoparalar qiyin eruvchi metallardan yasaladi. Masalan, termoplatina va 10% radiy qotishmasidan qilinadi. Bunday termopara 1600⁰C gacha temperaturani o'lchash imkonini beradi.

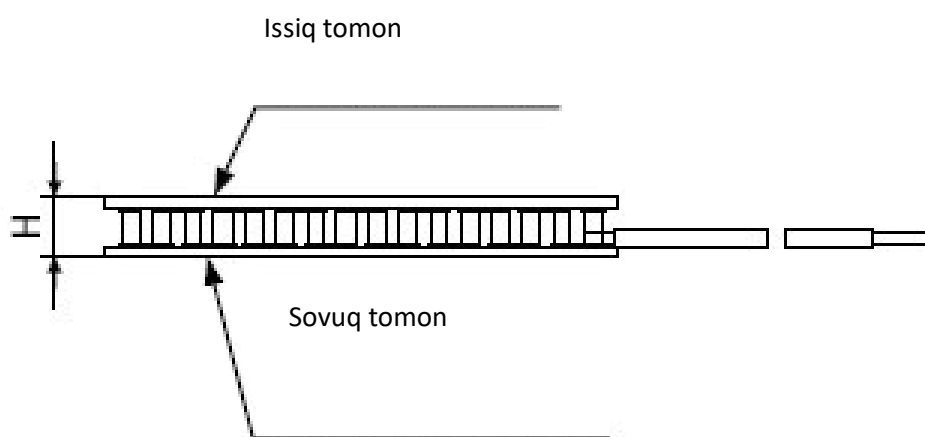
Hozirgi vaqtda voltning milliondan bir ulushini o'lchay oladigan voltmetrlar yaratilgan. Bu asboblarning sezgirligining katta bo'lishini termopara uchlaridagi temperaturalar gradusning mingdan bir ulushigacha juda kichik farq qilganda ham o'lchashga imkon beradi. Bunday asboblarning yordamida, masalan, termopara uchlaridan birining yulduz yorug'ligidan isishini bilish mumkin.

Temperaturalarning juda kichik farqini o'lchash uchun mo'ljallangan termoparalar qalinligi 0.005 mm bo'lgan juda yupqa konstantdan va manganin plastinkalaridan tayyorlanadi. Bunday maqsadlarda ko'p termoparalardan tashkil qilingan termobatareyadan foydalanish qulaydir

§ 9. Termoelektrik generatorlar modulidan foydalanish.

Ma'lumki, hozirgi kunda ko'plab olimlar ekologik toza usulda olinadigan energetikani rivojlantirish ustida ko'plab izlanishlar olib bormoqdalar. Spu yo'nalishda issiqlikni to'g'ridan to'g'ri elektr energiyasiga aylantirib beruvchi termoelektrik ganeratorlar ham alohida ahamiyatga ega.

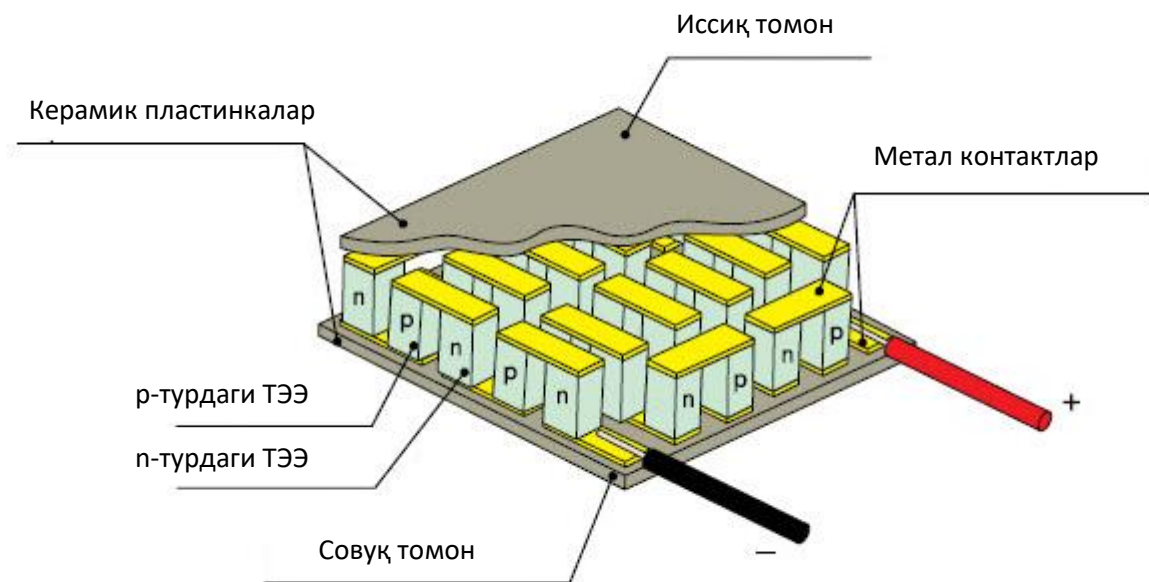
Kuchlanish va quvvatni ortirish uchun shunday termojuftliklar sonini ortirib 10 - rasmdagidek ketma-ket ulanishi kerak.



10-rasm. Termojuftliklar ulanishini yon tomondan ko'rinishi.

Odatda juda ko'p sondagi tekmojuftlarni bir to'plamga joylab termoelektrik juftliklar modulini yaratiladi.

11-rasmdagidek qurilmani termoelektrik generator moduli deyiladi. Uning yuqori qismiga issiqlik beriladi, pastki qismidan issiqlik olib ketiladi.



11-rasm. Termoelektrik generator moduli.

Bunday termoelektrik modullar yordamida olingan maksimal quvvatga tashqi yuklama va ichki qarshiliklar nisbati

$$m = \frac{R_T}{R_N} \approx 1,4$$

bo'lganda erishilishi kuzatilgan.

Termoelektrik generatorlar samaradorligi uning foydali ish koeffitsienti $\eta = P/Q_L$ orqali aniqlanadi.

FIKni oshirish uchun isitilayotgan va sovutilayotgan tomonlarga berilayotgan Q_i va olib ketilayotgan Q_c issiqlik energiyasi farqini ortirish kerak. Elektr quvvati temperaturalar farqining kvadratiga proporsional bo'ladi.

$$P = Q_L - Q_C \approx J^2 R_n \sim \Delta T^2$$

Ko'ramizki, temperaturalar farqini va moduldagi termoelementlar sonini yetarlicha tanlansa, yoritish tizimida samarali ishlatiladigan elektr energiyasi manbaiga ega bo'lish mumkin. Haqiqatdan ham kundalik yoritish tizimidagi uzilishlarni qoplashda energiyasi tez tugaydigan sham, fonar va turli akkumulyatorli yoritgichlar o'rniga termoelektrik generatorlardan foydalanib, yuklama qarshilik o'rnida diod lampalar ishlatilsa, ancha qulaylikka va iqtisodiy tejamlikka erishiladi. Aytish kerakki, bu tizimda termoparalar modulini yaratgach, issiq va sovuq temperaturalar farqini hosil qilish muammosini hal etish lozim. Buning uchun bir tomonga xonadonni isitadigan pech, o'choq, batareya va hokazolardan, ikkinchi tomondan atmosfera temperaturasidan foydalanish mumkin. Temperaturalar farqi $50 - 100^0 \text{ C}$ bo'lgandayoq EYUK hosil bo'lishi kuzatila boshlaydi va u bir necha to'plamli yorug'lik diodlarini energiya bilan tahminlashga yetarli bo'ladi.

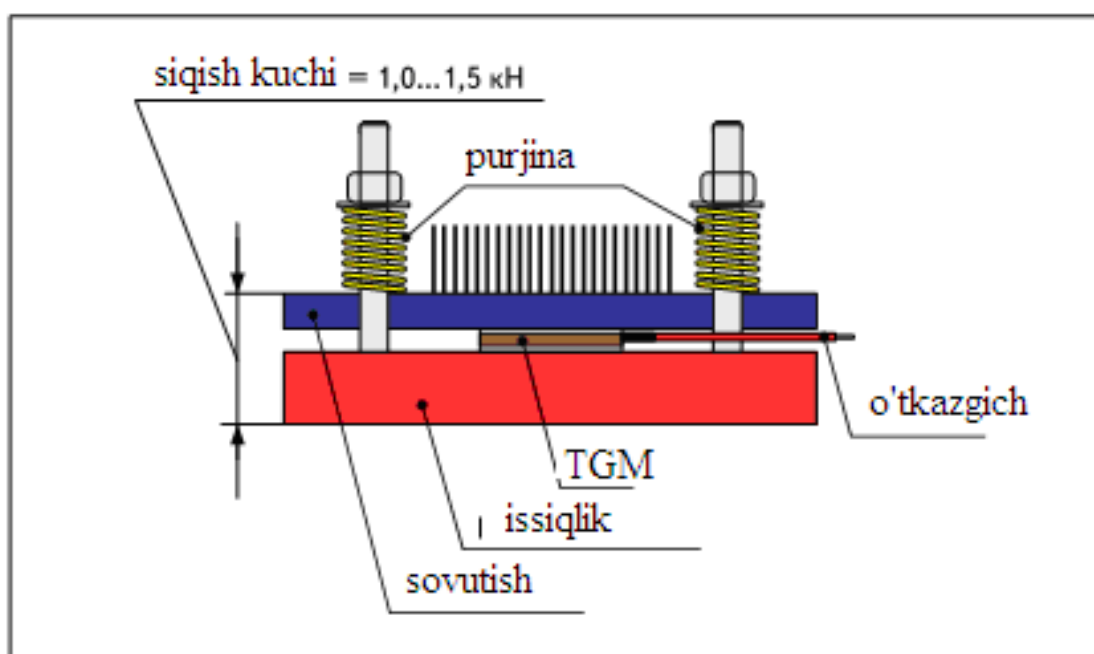
§ 10. Issiqlik oqimini o'lchash. Teplomerlar.

Issiqlik oqimi zichligini o'lchashda termoelektrik generatorlardan foydalanish mumkin. Odatda turli dvigatellarni issiqlik rejimini nazorat qilish, turli asbob va mexanizmlarda issiqlik yo'qotilishini aniqlash, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientlari haqida ma'lumot olish, biologik ob'yektlarni issiqlik chiqarishi dozalarini nazorati, texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish va ko'plab boshqa sohalarda issiqlik yo'qotilishini nazorati zarur. Teplomer sifatida termoelektrik moduldan foydalanishni asosiy ish tamoyili yordamchi devor deb ataladigan usuldan iborat. Issiqlik oqimi yo'liga o'lchov devori qo'yiladi – u ma'lum issiqlik

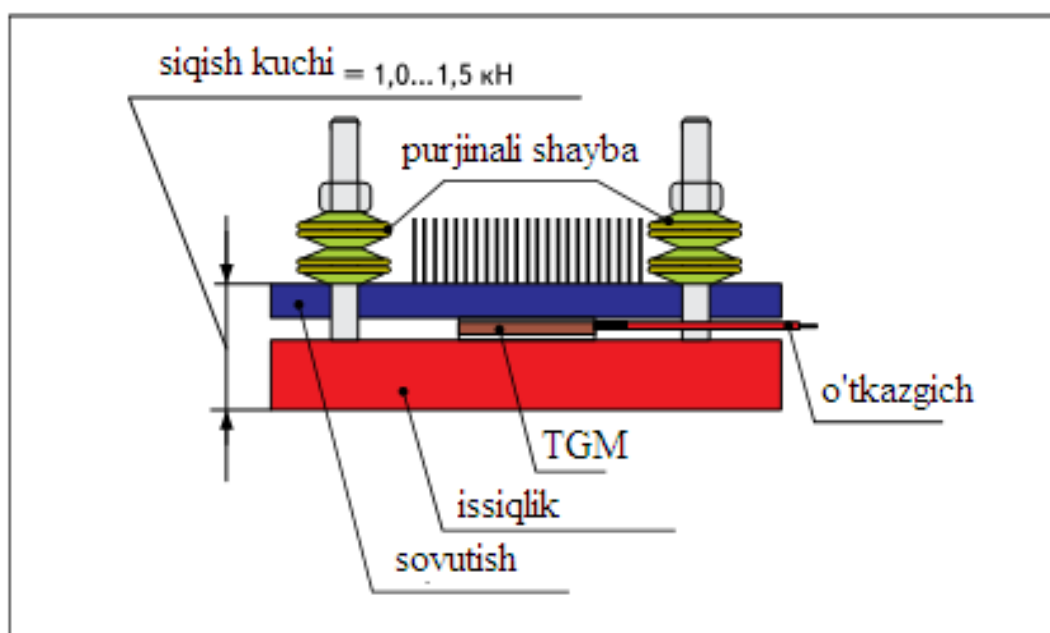
o'tkazuvchanlik koeffitsientiga ega bo'lib, termoelektrik modulda devor rolini bir tomoni o'ynaydi. Boshqa hech qanday qo'shimcha asbob talab etilmaydi. Buning afzalligi shundaki, termoelektrik modulda hosil bo'lgan EYUK qiymatiga qarab, temperaturalar farqi, ya'ni issiqlik oqimi o'lchanadi. Termogeneratorlarni teplomer sifatidagi ish rejimi bu ularning generatsiyasining xususiy holi bo'lib tashqi yuklama qarshilik cheksizga teng bo'lgan holidir.

§ 11. Termogenerator modullarini o'rnatish.

Termogenerator moduluni o'rnatish konstruksiyasi ikki xilda bo'lib, ular eng ko'p tarqalgan hisoblanadi. Birinchisi kavsharlash bilan bolt orqali siqib o'rnatish bo'lsa, ikkinchisi kavsharlanmasdan ishchi sirtini metall qoplamasi bilan tutashuvga keltiriladi va rezba orqali boltni burab tortib ikki tomonni siqib boriladi. Bu qurilma kam quvvatli va temperaturalar farqi past bo'lganda qo'llanadi. Ularni mexanik mustahkamligi yuqori bo'lmaydi. Chunki sovutish radiatori juda massiv bo'lishi talab etiladi. Eng ko'p tarqalgan termoelektrik generatorlardan biri bu kichik rezbali ingichka bolt bilan mahkamlanadigan konstruksiyaga egalaridir. Bunda boltni o'ta siqib yuborishni ham maslahat berilmaydi. Chunki turli qismlarni issiqlikdan kengayish koeffitsienti turlicha bo'lganini evaziga konstruksiya ishdan chiqishi mumkin. Shuningdek boltlarni juda bo'sh tortib ham bo'lmaydi, chunki termogenerator samarasi pasayadi. Shuning uchun siqish darajasiga ehtiyot bo'lish kerak. Buning uchun yuqori temperaturalar intervalida bir tekis siqilishini ta'minlashi kerak. Eng optimal konstruksiyalardan biri bu standart rezbali mahkamlagichga ega bo'lib, unda issiqlikdan kengayishni turlichaligini prujinali qisqich bilan kompensirlanadi. U 300°C temperaturagacha bir tekis siqilishini ta'minlaydi. Siqishdagi kuch 4×4 sm modul uchun 1~1.5 kN bo'ladi. Quyidagi 12 – va 13 – rasmlarda termogeneratorlar modulini ko'rinishi keltirilgan.



12 – rasm. Modulni spiralsimon prujina bilan yoritish.



13 – rasm. Modulni diskli prujina bilan mustahkamlash.

§ 12. Kichik issiqlik oqimidan foydalanib kam quvvatli qurilmalarni energiya bilan ta'minlash.

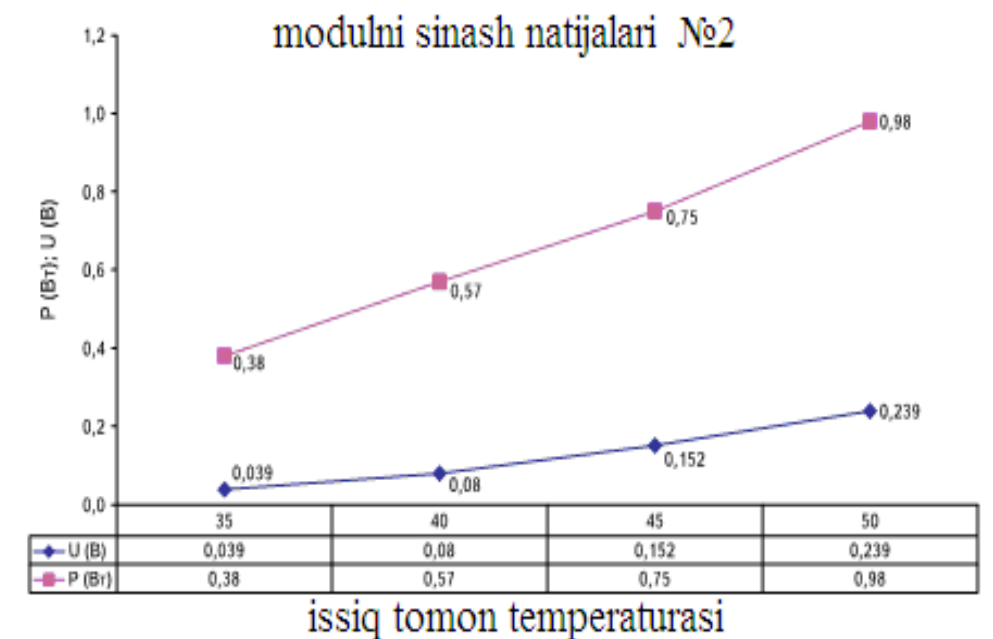
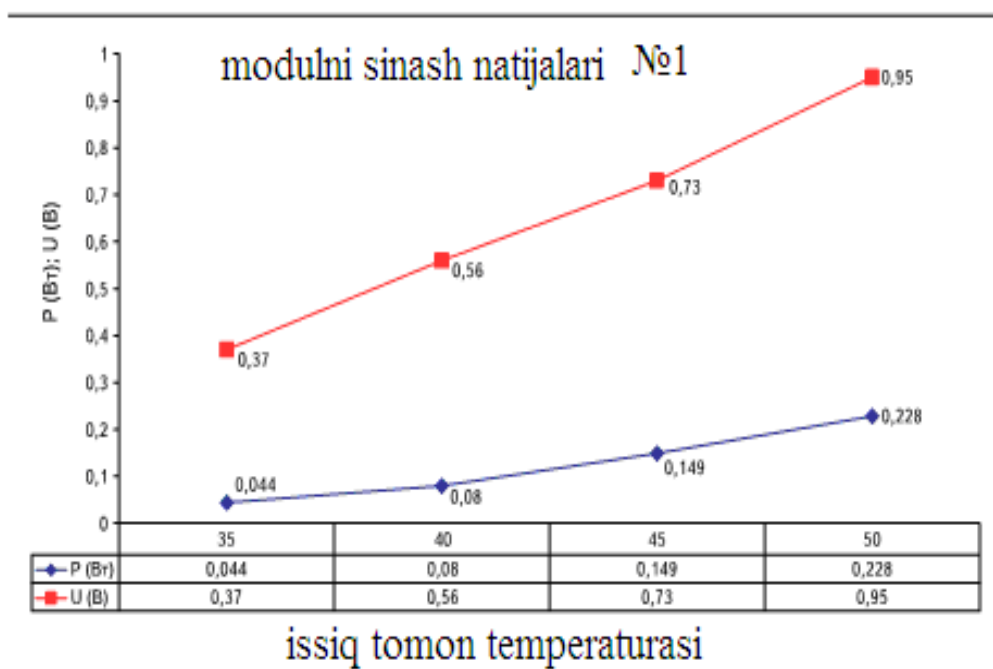
Kichik quvvatli avtonom qurilmali asboblarni hozirgi kundagi rivoji shunday kuchayib ketdiki, ularni qo'llanish chegaralari juda keng va yanada ortib bormoqda. Ayniqsa nanotexnologik qurilmalar yordamida yaratilayotgan asboblarni iste'mol energiyasini olib qaralsa, ular juda kichik quvvatda ishlashni guvohi bo'lamiz. Bunday asboblarni energetik ta'minotini termoelektrik generatorlar yordamida osongina amalga oshirish mumkin. Aytish kerakki, ular doimiy tarzda almashtirib turiladigan batareyalarni o'rnida foydalanib hech qanday qo'shimcha ishlarni bajarishni talab etmaydi. Uzoq muddat ishlay oladi va doimo ishga tayyor holda bo'ladi. Bulardan avtonom holda ishlaydigan turli xildagi uzatgichlar, ya'ni distasion nazorat radio kanallari bilan boshqarishda, ularni texnik holatini tahlil etishda ko'plab ishlatiladi. Uylarni isitish tizimini boshqarib borishda ham keng qo'llanishi mumkin, bularning barchasini ΔT kam bo'lgan holda ishlaydigan generator modullaridan foydalanib ta'minlana bo'ladi. Termoelektrik modul uchun temperaturalar farqi yetarli bo'ladigan misollar quyidagicha.

Ro'zg'or asboblari	Termogeneratorlar yaratib ularni qo'shimcha imkoniyatlari
Xonani isitish pechlari	Xonani yoritish tizimi uchun 12 V kuchlanish olish turli akumliyalatlarni zaryadlash qurilmasi ventilyatorlarni harakatga keltirib xonani shamollatish televizorni yoki boshqa apparaturalarni ishlatish
Sauna pechlari	Issiq havoni sirkulyatsiyasini ventilyatorni aylantirib yuritish, yoritish tizimi 12 volt kuchlanish olib turli apparaturalardan foydalanish
Dush kabinalari	Avtonom yoritish tizimi
Isitkich qozonlari	Sirkulyatsiyali nasos va ro'zg'or buyumlari ishini yuritish

§ 13. Kichik temperaturalar farqida sinov natijalari.

Odatda temperaturalar farqi maksimal bo'lganda F.I.K yuqori bo'lsada, umuman real sharoitda temperaturalar farqi pasayib ketsa nima bo'lishi mumkin. Quyidagi 14 – rasmda xuddi shunday kichik temperaturalar farqi bo'lganda generator modulni ishlash sinovlari keltirilgan.

Bunday modul 10^0 C farqi bo'lganda chiqish kuchlanishi 400 mV va chiqish quvvati 45 mVt bo'lishiga olib keldi. Grafikdan ko'rinadiki zamonaviy mikrosxemalarni barqaror ishlashi uchun kerak bo'lgan 30 mV kuchlanish $2 - 3^0\text{C}$ ga teng temperaturalar farqidayoq yetarli bo'ladi. Shunday modulni 5^0C temperaturaviy qadam bilan issiq tomon temperaturasini 35^0C dan 50^0C gacha ko'tarilganda (sovuq tomon stabil 25^0C da ushlab turilgan) 30 mV kuchlanishni hosil qilgani ma'lum bo'ldi. 14 – rasmda keltirilgan grafiklardan ko'rinadiki, kuchlanish bilan quvvat qiymatlaridagi farq uncha sezilmaydi. Agar rasmdagidek kengroq temperatura intervalida olib qaralsa bu farq aniq ko'rinadi.



14 – rasm. Kichik temperatura oralig'ida xarakteristika o'zgarishi.

III-BOB O'lchov qurilmalari va tajriba natijalari.

§ 14. Termoelement elektr yurituvchi kuchini temperaturalar farqiga bog'lanishi

Ikkita turli xildagi uchlari kavsharlangan metallardan yopiq zanjir hosil qilinsa, kavsharlangan I va II joylarda qarama-qarshi kontakt potentsiallar farqi yuzaga keladi va bir xil temperaturada yig'indi kontakt potentsiallar farqi zanjirda nolga teng. I kavsharlangan nuqtani T_1 temperaturada, ikkinchi II nuqtani T_2 temperaturada ushlab turamiz. Aytaylik $T_1 > T_2$ bo'lsin, I va II kavsharlarda potentsiallar farqi $\Delta\phi_1$ va $\Delta\phi_2$ bo'lib, $\Delta\phi_1 > \Delta\phi_2$ bo'ladi. natijada zanjirda qandaydir potentsiallar farqi yuzaga keladi.

$$\varepsilon_t = \Delta\phi_1 - \Delta\phi_2.$$

Bu potentsiallar farqi ε_t termoelektr yurituvchi kuch deyiladi. zanjirda yuzaga kelgan tok termoelektr toki J deyiladi. uning kattaligi

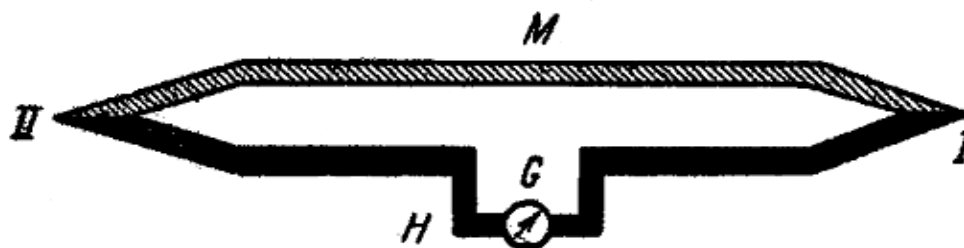
$$\varepsilon_t = J(R_i + R_0) = JR$$

kabi aniqlanadi. Bu yerda R_i – termoelement ichki qarshiligi, R_0 – tashqi qarshilik, Ko'p hollarda elektr yurituvchi kuch temperaturalar farqiga proporsional bo'ladi.

$$\varepsilon_t = \varepsilon_0(T_2 - T_1) = \varepsilon_0\Delta T.$$

ε_0 – termoelektrik yurituvchi kuch deyiladi. u temperaturalar farqi 1° ga tengbo'lganda hosil bo'lgan elektr yurituvchi kuch hisoblanadi.

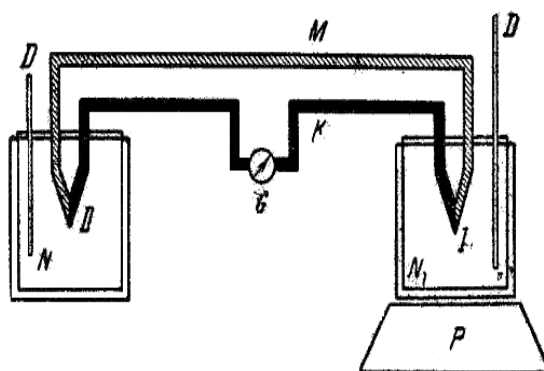
Har bir juftlik uchun u o'zgarmas kattalik.



15-rasm

Agar sezgir galvonometr bilan o'lchansa, galvonometr strelkasini og'ishi tok kuchiga proporsional hisoblanadi. Anashu og'ish bilan temperaturalar farqi orasidagi bog'lanishdan noma'lum temperatura qiymatini o'lchashda foydalaniladi. Buning uchun termoelement oldindan gradierlanadi.

$\varepsilon_t = f(\Delta T)$ bog'lanish o'rniga $J = \varphi(\Delta T)$ bog'lanishdan ham foydalanish mumkin. Har ikkisi ham bir xil ko'rinishga ega. Tajriba qurilmasi 15-rasmda ko'rsatilgan. Bunda ikkita M va K material uchlari I va II kavsharlangan.



16-rasm

I uchni N_1 idishga suyuqlikka solinadi. U suyuqlik temperaturasi orttirib boorish mumkin. Ikkinchi II uchini doimiy temperaturali N idishga solinadi. Temperaturalar teng bo'lsa galvonometr nolni ko'rsatadi.

I uchini qizdirilsa va har 10°C interval bilan temperatura oshishidagi galvonometr ko'rsatishi fiksirlanib turilsa $J = f(\Delta T)$ bog'lanishni olish mumkin.

Buning uchun X o'qi bo'ylab temperaturalar farqi, Y o'qi bo'ylab termotok qiymatini quyidagi jadvalga qo'yib boriladi.

1-jadval

Tajriba nomeri №	T_1	T_2	$T_2 - T_1$	$J = Cn_2$	ε_0
1					
2					
...					

Tajriba natijalari asosida $J=f(\Delta T)$ bog'lanish qurilgach ε_t qiymati quyidagicha hisoblanadi. Bog'lanishdan ikkita T_1 va T_2 nuqta ajratib olinadi va T_2 qiymatiga n_2 galvonometr shkalasidagi bo'linish chizig'i mos kelsa, uni yoziladi. C – galvonometr doimiysi, r_2 – galvonometr ichki qarshiligi

$$\varepsilon_0 = \frac{Jr_2}{T_2 - T_1} = \frac{Cn_2r_2}{T_2 - T_1}.$$

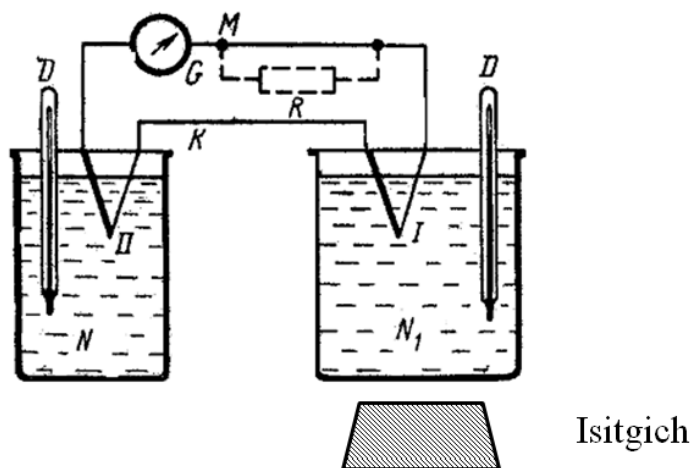
Termoelektr yurituvchi kuchni aniqlash uchun dastlab termopara tayyorlab (16-rasmdagidek) qizdirsak MIKII zanjirda termotok hosil bo'lib, uning kattaligi ε_t ga bog'liq, y ham o'z navbatida ΔT ga chiziqli bog'langan. ε_0 – qancha katta bo'lsa, termopara sezgirliги shunchakuchli bo'ladi. ε_0 – kattalikni aniqlash uchun termoparani har ikki uchini moyli N va N_1 idishga tushiramiz. I uchini T_2 temperaturagacha qizdiramiz. Shu T_2 temperaturada hosil bo'lgan termotok

$$J_1 = n_1 C = \frac{\varepsilon_1}{R_0}.$$

Bu yerda n_1 – galvonometrda T_2 ga mos kelgan bo'linish chiziqlari soni, C – tok bo'yicha galvonometr doimiysi R_0 – termopara va galvonometr qarshiligi ε_t – berilgan temperaturadagi termoelektr yurituvchi kuch. Agar temperaturani o'zgartirmay galvonometr bilan ketma-ket qo'shimcha R qarshilikni ulasak, shu temperaturada termotok kattaligi

$$J_2 = \frac{\varepsilon_1}{R_0 + R} = n_2 C.$$

n_2 – temperaturaga mos holdagi galvonometr ko'rsatishi. Lekin, faqat u, R qarshilik ulagandan so'ng ko'rsatishi (17-rasm).



17-rasm

Yuqoridagi tenglamalardan R_0 ni yo'qotilsa

$$\varepsilon_t = C \frac{n_1 n_2}{n_1 - n_2} R$$

Uni ε_0 ifodasiga qo'ysak, (ya'ni $\varepsilon_0 \Delta T = \varepsilon_t$ ifodasiga qo'ysak)

$$\varepsilon_0 = \frac{CR}{T_2 - T_1} \frac{n_1 n_2}{n_1 - n_2}$$

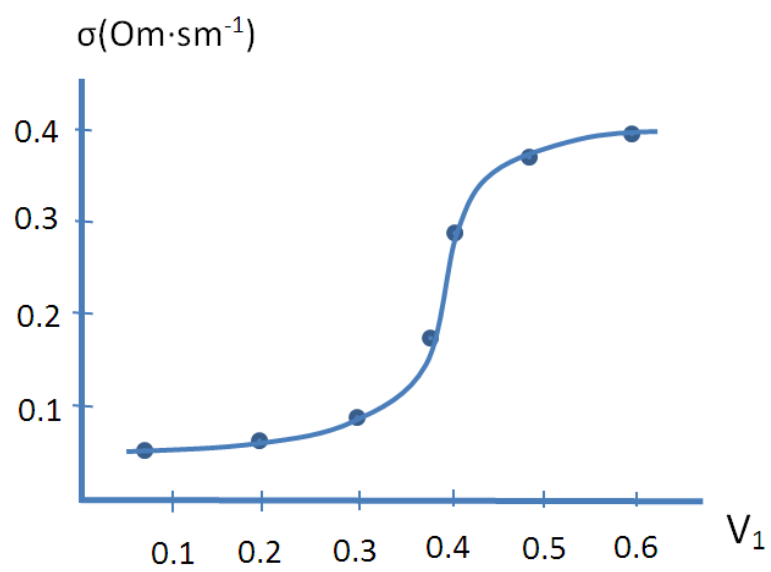
Qidirgan kattalikni topamiz. Bu yerda T_1 – sovutishdagi temperatura. O'lchashlarni quyidagicha olib boriladi.

17-rasmdagidek, har ikki kavsharlangan uchlarini N va N_1 idishlarga solib, ularni temperaturasini bir xilga keltiramiz va T_1 qiymatni topamiz.

I uchni qizdirayotib galvonometr ko'rsatgichi n_1 va termometr ko'rsatgichi T_2 qiymatlarni o'lchaymiz. Qo'shimcha qarshilik ulaymiz. R, oldingini o'tkazgichni uzib o'rniga ulanadi. Endi unga galvonometr ko'rsatgichi yangi n_2 niko'rsatadi. ε_0 ifodasidan qiymatni hisoblaymiz.

O'lchanganlarni uch to'rt marta bajarib quyidagi jadvalga yozib boriladi.

Tartib raqami	T_2	n_1	R	n_2	ε_0	$\Delta \varepsilon_0$	$\frac{\Delta \varepsilon_0}{\varepsilon_0}$
1							
2							
...							



19-rasm. Namuna o'tkazuvchanligini temir karbonilini hajmiy ulushiga bog'lanishi.

§ 15. Kompozit namunada elektr o'tkazuvchanlikni optimallashtirish.

Zaryad tashuvchilarni optimal konsentratsiyasini mavjud bo'lishi shundaki, konsentratsiya ortishi bilan solishtirma elektr o'tkazuvchanlik σ ortadi, termoEYuK qiymati esa, aksincha pasayadi. Elektr o'tkazuvchanlikni n konsentratsiyaga bog'lanishi haqiqatan ham

$$\sigma = en\mu_n$$

formuladan ma'lum. Bu yerda e – elektron zaryadi. μ_n – elektron harakatchanligi. TermoEYuKni konsentratsiyaga bog'lanishi konsentratsiya ortishi bilan tashuvchilar gazini aynishi ro'y berishi bilan bog'liq. Aynigan elektron gaz uchun Fermi sathi E_F o'tkazuvchanlik sohasiga tushadi (elektron yarimo'tkazgich uchun) va quyidagi shart bajariladi:

$$E_F - E_C > kT.$$

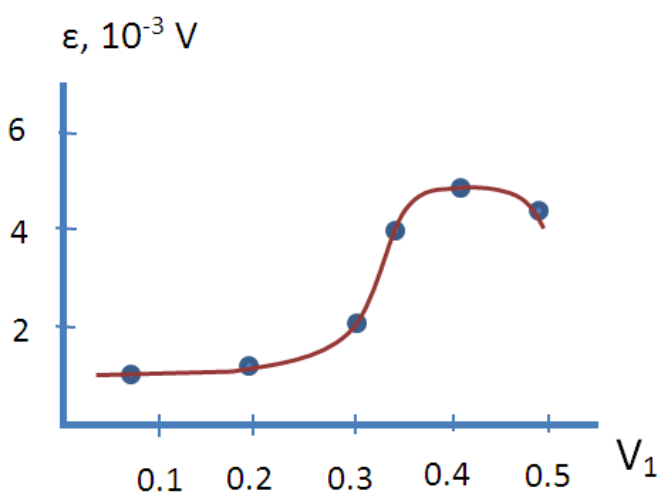
Bu yerda E_C – o'tkazuvchanlik zonasi tubi energiyasi, k – Boltsman doimiysi.

Bu holda elektronlar tezligi va energiyasi Fermi sathi energiya qiymati bilan aniqlanadi va temperaturaga bog'liq bo'lmaydi. Bunday yarimo'tkazgich uchun temperatura gradiyenti borligi (ikki qarama-qarshi tomon sovuq va issiq uchlari) elektronlar oqimi juda sezgarsiz bo'ladi. Bu esa o'z navbatida EYuK ham sezgarsiz bo'ladi. EYuK qiymati ortishi, o'z navbatida termoelektrik aslligini orttirish bilan yarimo'tkazgich va yarimmetallarda shunday sharoit yaratish mumkinki, sharoitda kuchli aynish bo'lmasin, lekin konsentratsiya yuqori bo'lsin. Shunda optimallashtirish mumkin bo'ladi. termoelektriklar uchun elektro'tkazuvchanlik termoEYuK va quvvat faktorini elektron kinetic nazariyasi asosida hisoblashlar ko'rsatadiki, n -turdagi yarimo'tkazgichlarda quvvat faktorini eng katta qiymatiga Fermi sathi o'tkazuvchanlik zonasi tubida bo'lganda va kuchli aynish bo'lmaganda erishiladi. Shuningdek, muhimi Fermi sathini bunday holatida kovaklar konsentratsiyasi juda kamligi uchun termoEYuKni ortishiga olib keladi.

Kiritiladigan nanozarralar o'lchamlari, shakli, konsentratsiyasiga bog'liq holda o'tkazuvchanlikni o'zgarishi kuzatilib to'ldiruvchi nanozarralarni ma'lum kritik konsentratsiyasida o'tkazuvchanlik keskin ortadi va bu holatda issiqlik o'tkazuvchanlik deyarli o'zgarmay qoladi deb faraz qilish mumkin. Chunki,

nanozarralar o'lchamlari issiqlik uzatishda faol hisoblangan fononlar to'lqin uzunliklari tartibida bo'lgani uchun fononlar nanozarralarda sochilib, issiqlik uzatilishi qiyinlashadi. Natijada temperaturalar farqini saqlab turish ancha osonlashadi va EYuK qiymati barqaror bo'ladi. Bu ham mahalliy mineralga metal oksidi kiritib o'tkazuvchanlikni kirishma konsentratsiyasiga bog'lanishini tekshirdik. Natijalar 19- rasmda keltirilgan.

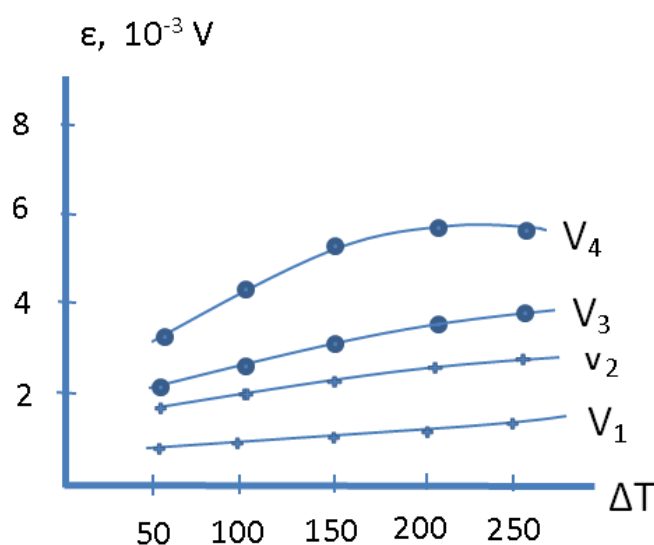
Ko'rinadiki, temir karbonilini ulushi ortib 0.4 V qiymatga yetganda o'tkazuvchanlik keskin ortadi. Aytish kerakki, bu holatda ham kompozit strukturalanishi yuz bermagan bo'lishi mumkin. Shuning uchun issiqlik o'tkazuvchanlik ortishi kuzatilmasligi kerak. Haqiqatan ham doimiy 200 °C ga teng. Temperaturalar farqiga teng temperaturada mis bilantitashuvidagi EYuK qiymatlari o'lchanganda $V=0.4$ xajmiy ulushdagi qiymatda EYuK o'zining eng katta qiymatiga erishadi. Buni oqim nazariyasi doirasida tushinish mumkin.



19-rasm. Namuna bilan Cu tutashuvida, $\Delta T=200^{\circ}C$ bo'lganda hosil bo'lgan EYuK qiymatini temir karbonili hajmiy ulushiga bog'lanishi.

Yangi olinga natijalardan ko'tinadiki, elektr o'tkazuvchanlik metal oksidli zarralarni hajmiy ulushi ortgani sari 0.4 qiymatgacha juda sekin va 0.4 qiymatda keskin tog'ri ortadi. Bu oqim nazariyasiga ko'ra namuna hajmida o'tkazuvchan zarralarni uzluksiz tutashuvchi yuz berganidan dalolat beradi. Lekin bu holatda issiqlik o'tkazuvchanlikni bu kabi ortishi kuzatilmaydi degan asosda namunani asosda tutashuvga keltirib, ularni uchlarida 200°C temperature farqini hosil qildik. Buning uchun bir tomonini xona temperaturasida, ikkinchi tomoni qaynayotgan yog'ga tushirib temperaturalar farqini doimiy ushlendi. Har bir namuna uchun hosil bo'lgan EYuK qiymatini temir karbonili zarralarini hajmiy ulushiga bog'lanishi 20-rasmda ko'rsatilgandagi ko'rinishda bo'ldi. Undan ko'rinadiki, o'tkazuvchan modda nanozarralari konsentratsiyasini optimallashtirish 0.4 hajmiy ulushga teng bo'lib, shunday usulda tayyorlangan namunalardan termoEYuK qiymati nisbatan yuqoriroq bo'lgan termomateriallar olish mumkin ekan.

Bular asosida yana temir karbonilni turlicha xajmiy ulushlarida tayyorlangan namunalardagi EYuK hosil bo'lishini temperaturalar farqiga bog'lanishi o'rganildi.



20-rasm

20- rasmdan ko'rinadi EYuK qiymati $V=0.4$ ulushda temperatura ortgan sari o'zining maksimal qiymatiga erishilib temperaturalar farqini yanada ortirilsa barqarorlanib so'ng pasayadi. Natijalar tahlilidan kelib chiqadiki, kompozit namunada perkolatsiya nazariyasiga mos holda o'tkazuvchanlik $V= 0,4$ ulushda keskin ortadi. Aytish kerakki , bu holatda kristallanish darajasi past va tartibsizliklar kuchliligi evaziga issiqlik o'tkazuvchanlik ham past bo'ladi. Shuning uchun EYuK maksimal bo'ldi. Keyingi ortishlar issiqlik o'tkazuvchanlikni ortishi olib kelib, EYuK pasayishiga olib keladi.

1. Mahalliy uch kalsiyli alyuminat mineraliga ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) o'tkazuvchan nanozarralarni (Fe_2O_3 , grafit, Fe_2CO_3) turli ulushdagi aralashuvchidan hosil bo'lgan kompozit namunada elektr o'tkazuvchanlik perkolatsiya qonuni doirasida ro'y beradi.
2. Uch kalsiyli alyuminat mineralga o'tkazuvchan nanozarralar kiritilib yaratilgan kompozit namunalarda Zeebek effekti kuzatilishi temir karbonilli to'ldiruvchiga ega namunalarda boshqalariga nisbatan sezilarli darajada bo'ladi va to'ldiruvchi konsentratsiyasi mineral hajmiy ulushiga teng va yuqori bo'lganda o'zining maksimum $E=0,08 \text{ V}$ qiymatiga temperaturalar farqi ($100-150$) $^{\circ}\text{C}$ bo'lganda erishiladi.
3. Termoelektrik generatorlarni foydali ish ko'effitsienti past bo'lgani uchun (1-2%) uzoq muddat ulardan keng foydalanishga erishilmadi. Lekin hozirgi kunga kelib nur diodlari yaratilgach, bunday generatorlardan yoritish tizimida foydalanish maqsadga muvofiq bo'lishi mumkin.
4. Zeebek ko'effitsientini katta qiymatlariga keramik birikmalardan tayyorlangan eritmalarda erishilayapgani ko'p adabiyotlarda e'tirof etilayapgan bo'lsada, hali bu yo'nalishda katta izlanishlar olib borilishi lozim, chunki birikmalar tayyorlash texnologiyasi va tabiati juda ko'p faktorlarga bog'liq bo'lib, ular mahalliy xom – ashyolar asosida olinganda yagona samaraliroq bo'lishi mumkin.
5. Mahalliy xom – ashyolar asosida tayyorlangan keramik birikmalarni termoelektrik yurituvchi kuchni temperaturalar farqiga bog'lanishi o'rganilganda temir karbonili Fe_2CO_5 , qurum, mis oksidi aralashmalaridan tayyorlangan birikma bilan mis o'tkazgich kontaktlaridagi temperatura farqi 200°C atrofida bo'lganda $0.1 - 0.5$ voltga qadar qiymatga erishildi.

6. Yuqori koefitsientli termoelektrik modullar yaratilishini iloji boricha tezlatib, issiqlik elektr stantsiyalarida ulardan foydalanishni rejalashtirish maqsadga muvofiq bo'ladi.

FOYDALANGAN ADABIYOTLAR

1. Процессы и оборудование производства волокнистых и пленочных материалов / Н.Н.Жмыхов, Л.С.Гальбрайх, А.В.Акулич и др. – Минск: Вышэйшая школа, 2013. – 587с.
2. Михайлин Ю.М. Волокнистые полимерные композиционные материалы в технике. – СПб.: Научные основы и технологии, 2013. – 720 с.
3. Мийченко И.П. Технология полуфабрикатов полимерных материалов. – СПб.: Научные основы и технологии, 2012. – 374 с.
4. Шайерс Дж. Рециклинг пластмасс: наука, технологии, практика. СПб.: Научные основы и технологии, 2012. – 640 с.
5. Холден Д. Термоэластопласты. - СПб.: Профессия, 2011. – 720 с.
6. Михайлин Ю.А. Тепло-, термо- и огнестойкость полимерных материалов. – СПб.: Научные основы и технологии, 2011. – 416 с.
7. Практикум по технологии переработки и испытаниям полимеров и композиционных материалов / А.Н.Садова, В.Г.Бортников, Н.Е.Земкин и др. – М.: КолосС, 2011. – 191 с.
8. Шерышев М.А. Производство изделий из полимерных листов и пленок. - СПб.: Научные основы и технологии, 2011. – 556 с.
9. Грелльманн В. Испытания пластмасс / В.Грелльманн, С.Зайдлер. - СПб.: Профессия, 2010. – 715 с.
10. Елисеев А.А. Функциональные наноматериалы / А.А.Елисеев, А.В.Лукашин. - М.: Бином, 2010. - 456 с.
11. Ксантосс М. Функциональные наполнители для пластмасс. / Под ред. В.Н.Кулезнева. – СПб.: Научные основы и технологии, 2010. – 462 с.

12. Пахаренко В.А. Пластмассы в строительстве / В.А.Пахаренко, В.В.Пахаренко, Р.А.Яковлева – СПб.: Научные основы и технологии, 2010. – 350 с.
13. Клёсов А.А. Древесно-полимерные композиты. - СПб.: Научные основы и технологии, 2010. – 736 с.
14. Михайлин Ю.М. Конструкционные полимерные композиционные материалы. – СПб.: Научные основы и технологии, 2010. – 822 с.
15. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. –М.: ФИЗМАТРИЛ, 2009. – 416 с.
16. Крыжановский В.К. Инженерный выбор и идентификация пластмасс. – СПб: Научные основы и технологии, 2009 г.- 204 с.
17. Шах В. Справочное руководство по испытаниям пластмасс и анализу причин их разрушения. – СПб.: Научные основы и технологии, 2009. – 732 с.
18. Михайлин Ю.А. Специальные полимерные композиционные материалы. – СПб.: Научные основы и технологии, 2009. – 660 с.
19. Перепелкин К.Е. Армирующие волокна и волокнистые полимеры композиты. – СПб.: Научные основы и технологии, 2009. – 380 с.
20. Технология полимерных материалов: учебное пособие / А.Ф.Николаев, В.К.Крыжановский.– СПб.: Профессия, 2008.–544 с.
21. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учебное пособие / свойства, технология: учебное пособие / М.Л.Кербер, В.М.Виноградов, Г.С.Головкин и др.; под ред. А.А.Берлина. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с.
22. Литьё пластмасс под давлением / Под ред. Э.Л.Калинчева – СПб.: Профессия, 2008. – 712 с.
23. Вторичная переработка пластмасс / Под ред. Г.Е.Заикова. – СПб.: Профессия, 2008. – 400 с.
24. Заиков Г.Е. Горение, деструкция и стабилизация полимеров, 2008. – СПб: Профессия. - 422 с.

25. Ким В.С. Оборудование заводов пластмасс / В.С.Ким, М.А.Шерышев. – М.: Химия, Колос С. 2008. – 588 с.
26. Каблов В.Ф. Материалы и создание рецептур резиновых смесей для шинной и резинотехнической промышленности / В.Ф.Каблов, О.М.Новопольцева, М.А.Кракшин. - ВолгГТУ. – Волгоград, 2008. – 321 с.
27. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий. - М.: Бином, 2008. – 431 с.
28. Варшавский В.Д. Углеродные волокна. – М.: В.Д.Варшавский, 2008. – 500 с.
29. Термоформование. Практическое руководство / Под ред. М.А.Шерышева. – СПб.: Профессия, 2007. – 288 с.
30. Уайт Дж.Л. Полиэтилен, полипропилен и другие полиолефины / Дж.Л.Уайт, Д.Д.Чой. СПб.: Профессия, 2007. – 256 с.
31. Поливинилхлорид / Под ред. Г.Е.Заикова. – СПб.: Профессия, 2007. – 728 с.
32. S.-M. Lee, D.G. Cahill, R. Venkatasubramanian. Thermal conductivity of Si-Ge superlattices // Appl. Phys. Lett. – 1997. – Vol. 88. - pp.1498-1503.