

**O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O`RTA MAXSUS
TA`LIM VAZIRLIGI
BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI**

Fizika –matematika fakul`tetini **“fizika”** kafedrasini
bitiruvchisi Olimova Sarvinoz

**IK-spektroskopiya yordamida polimerlarning strukturaviy va fizik
hossalarini o`rganish**

5140200 - **“fizika”** ta`lim yo`nalishi bo`yicha bakalavr
darajasini olish uchun

BITIRUV MALAKAVIY ISHI

Ilmiy rahbar: B.E.Niyazxonova

“_____” _____ 2019 y.

**BMI fizika kafedrasining 2019y. _____ № _____ sonli
yig`ilishidako`rib chiqildi va himoyaga ruxsat berildi.**

Kafedra mudiri: Sh.Sh.Fayziev

“_____” _____ 2019 y.

Taqrizchi: _____

“_____” _____.

“Himoya qilishga ruxsat berildi”

Fakul`tet dekani _____ M.I.Daminov

“_____” _____ 2019 y.

BUXORO – 2019

MUNDARIJA

KIRISH	3
I - BOB. POLIMERLARNING TUZILISHI VA XOSSALARI	
1.1. Polimerning zanjir tuzilishi-makromolekula.....	7
1.2. Konfiguratsiya, konformatsiya, egiluvchanlik va qattqlik.....	12
1.3. Polielektrolit va poliamfolit makromolekulalar.....	23
1.4. Polimerlarning molekulasini massasi, molekulyar massaviy taqsimoti va polidispersligi.....	26
II - BOB. IQ-SPEKTROSKOPIYA YORDAMIDA POLIMERLARNING STRUKTURAVIY VA FIZIK XOSSALARINI O`RGANISH	
2.1. Polimerlarning mexanik xossalari.....	38
2.2. Polimerlarning optik xossalari.....	43
2.3. IQ spektroskopiyasi Polimerlarning strukturaviy va fizik xossalarini o`rganish.....	50
Xotima	55
Foydalanilgan adabiyotlar ro`yxati	56

KIRISH

Bugungi kunda polimerlar va plastmassalar asosida tayyorlangan mahsulotlardan jamiyat va inson ijtimoiy ehtiyojlarini to'liqroq qondirish va O'zbekiston Respublikasida 2017-2021 yillarda ko'p tonnali sanoat ishlab chiqarishini tezkor rivojlantirish iqtisodiyotimizning etakchi yo'nalishlaridan biridir [7,14, 11, 12].

Polimer deb, (**yunoncha "poli - ko'p va mer - qism, o'lchov**) - bir necha yuz mingdan bir necha milliongacha massaga ega bo'lgan yuqori molekulyar moddalarga aytiladi. Polimerlar organik, noorganik, amorf va kristall moddalar ko'rinishida turli strukturaviy tuzilishlarga va o'ziga xos fizik - kimyoviy xossalarga ega bo'lishlari mumkin.

Internet ma'lumotlariga qaraganda, jahon miqyosida polimerlar, plastmassalar va ular asosida turli yuqori molekulyar birikmalar va turli buyumlar ishlab chiqarish yiliga 5-8% hajmida o'sib bormoqda.

Jumladan, 2018 yilda jahon bozoriga chiqarilgan turli polimer va plastmassalar umumiy **hajmi 337 mln** tonnani tashkil etgan: ulardan 91% - plastmassalar, 8% - texnik termoplastlar va qoldiq qismi bioplastmassalar va biologik usulda parchalanadigan biopolimerlar hissasiga to'g'ri keladi [1-2, 5, 6].

Soha mutaxassislarining taxminiy hisob-kitoblari va statistik ma'lumotlar tahlili shuni ko'rsatmoqdagi, ushbu soha dinamik rivojlanish va miqdoriy o'sish sabablari quyidagicha:

- Yer sharida aholi sonining tezkor sur'atlarda o'sib borishi;
- Turli sohalarda mahsulotlarni saqlash, foydalanuvchi uchun qulay bo'lgan kichik miqdorlarda (10; 5 l o'rniga, 0,25; 0,33; 0,5 litrlik) plastik idishlarda qadoqlash, mahsulotlarni o'rash uchun turli materiallar hajmi oshishi, metallar va dekorativ metall qotishmalari, fol'galar o'rniga xaridorlarni jalb etuvchi rang-barang yopishqoq lentalar, plastik shisha va ro'zg'or idishlar va hakoza;

- Xom ashyo va yarim tayyor, hamda tayyor mahsulotlari saqlash va ko`chirish uchun zaruriy katta hajmdagi idishlar, turli sisternalar va truboprovodlar keng qo`llana boshlanganligi;
- Elektronika, avtomatika, avtomobillar sanoati jihozlari;
- Uy-joy va sanoat ob`ektlari qurilishida yuqori mexanik va fizik xossalarga ega bo`lgan plastmassa dekorativ materiallar borgan sari keng ishlatilib borilmoqda va hakoza.

Sanoatning turli sohalarida va jamiyat ehtiyojlari uchun qo`llaniladigan polimer va plastmassalar soni bir necha yuz ming nomda bo`lsa ham statistik tahlil jahonda eng ko`p qo`llaniladigan yuqori molekulyar moddalar (YuMM) bo`yicha quyidagi ma`lumotlarni beradi:

- ✓ Polietilen mahsulotlari – 29%;
- ✓ Polipropilen mahulotlari -- 19%
- ✓ Polivinilxlorid mahulotlari -- 11%
- ✓ Polistirol mahulotlari – 6,5%
- ✓ Polietilentereftalat – 6,5%
- ✓ Poliuretan – 7% hajmda amaliy ishlatilar ekan.

Polimer va plastmassalar sohasidagi yangiliklarni yoritishga ixtisoslashgan Plastics Europe jurnali ma`lumotlariga qaraganda rivojlangan AQSH, Yaponiya, Evropa mamlakatlarida bir fuqaroga hisoblaganda 1 yilda 164 kg polimer/plastmassa buyumlar foydalanilsa, rivojlanib boshlagan MDH mamlakatlarida, jumladan, O`zbekistonda bu ko`rsatkich ber necha marta kam ekan [1, 2- 8].

Shu sababli, 2017-2021 yy. O`zbekiston Respublikasini 5 muhim strategik yo`nalishlar bo`yicha rivojlantirishni amalga oshirishda kimyo sanoati korxonalarini yangi texnologik jihozlar bilan ta`minlash, yangi mahsulotlar turlarini ko`paytirish va eksportga yo`naltirish, hamda ularni ishlab chiqarish hajmini 2019-2020 yillarda keskin oshirish uchun zaruriy chora-tadbirlar belgilandi [1, 2- 8].

Masalan, "Kimyo sanoatini tezkor rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida" O'zb. Resp. Prezidentining 2018 yil 25 oktyabrdagi PQ №3983 qaroriga asosan, 2020 yilga kelib, Ustyurt gazo-kimyoviy kompleksida polietilen ishlab chiqarish 2015 yilga nisbatan 4,1 martaga, organik moddalar ishlab chiqarish miqdorini 7% dan 54% gacha (7,7 martaga) etkazish, joriy yilda ushbu kompleks korxonalarida dastlabki 66 ming tonna polipropilen ishlab chiqarishni yo'lga qo'yish, korxonalar eksport salohiyatini oshirish vazifalari qo'yildi [1; 2-8].

"Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va uning investitsiyaviy jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida" O'zb. Resp. Prezidentining 2019 yil 3 apreldagi PQ № 4265 qaroriga ko'ra "O'zbekneftegaz" DAK va chet ellik investorlarni jalb etish hisobidan 2018 - 2030 yillarda, respublika kimyo sanoati o'z mahsulotlari hajmini 4,5 martaga oshirish, SHo'rtan, Ustyurt va Surgil gaz-kimyo komplekslarida qabul qilingan 29 qo'shma loyihalar doirasida mamlakatimizda avvalda ishlab chiqarilmagan ko'p tonnali polimerlar va turli fenol-formaldegid smolalarni ishlab chiqarishni yo'lga qo'yishni, soha bo'yicha jami 4,8 mlrd dollar miqdorida bevosita chet ellik investorlar mablag'larini o'zlashtirishni ko'zda tutadi [1; i2- 8].

Qayd etish lozimki, davlatimiz kimyo sanoati korxonalari zamon talablariga mos ravishda va eksportga mo'ljallangan polimer moddalar va turli plastmassa buyumlar ishlab chiqarishni tezkor rivojlantirmoqdalar. Bu vaziyat, davlat korxonalari va xususiy biznes korxonalarida xomashyo, yarim tayyor va tayyor mahsulotlari sifatini doimiy nazorat qilish va xalqaro standartlar talablariga muvofiqligini tezkor aniqlash usullari va vositalarini amaliy joriy etishni taqozo qiladi [3, 6-7,11,18,21,25].

BMI mavzusining dolzarbligi - Polimerlar xossalari maqsadli o'zgartirish uchun polimerlar strukturasi to'g'risida yetarlicha bilimlarga ega bo'lmoq va sintez qilish jarayonida boshqarish usullarini bilish kerak.

BMI ning maqsadi - bo'lajak fizika o'qituvchilariga sanoat va jamiyatning turli soxalarida keng qo'llanilib kelayotgan polimer va plastmassa buyumlar fizik xossalari haqida axborot berish.

Bitiruv malakaviy ishining predmeti - Bitiruv malakaviy ishining predmeti mamlakat sanoat korxonalarida ishlab chiqarishga rejalashtirilgan polimerlarni IQ spektroskopiyasi usulida o`rganishdan iboratdir.

Bitiruv malakaviy ishining obyekti. Bitiruv malakaviy ishining obyekti polimerlarning tuzilishi va ularning fizikaviy xossalardan mexanik, termik, elektr va optik xossalarni o`rganishda IQ – spektroskopiyasi imkoniyatlarini ko`rsatishdan iboratdir.

Bitiruv malakaviy ishining uslubi va uslubiyoti. Bitiruv malakaviy ishi mavzusi bilan bog`liq adabiyotlarni kutubxonalar va Internet axborot resurslaridan o`rganish va to`plangan ma`lumotlar asosida fizika optika laboratoriyasi ishi sifatida qo`llashga tavsiya berish.

Bitiruv malakaviy ishining ilmiy yangiligi. Polimerlarning tuzilishi va fizikaviy xossalari o`rganish bo`yicha yangi ma`lumotlar to`plash.

Ilmiy-tadqiqot natijalarining amaliyotda qo`llanilish darajasi. Fizika optika laboratoriyasi amaliyotida qo`llashga tavsiya berish.

Bitiruv malakaviy ishining tarkibi va hajmi. Malakaviy bitiruv ishi 2 bob, 54 betda bayon etilgan bo`lib: kirish, xotima, foydalanilgan adabiyotlar ro`yxati, 5 ta chizmadan, 2 jadvaldan tashkil topgan.

I - BOB. POLIMERLARNING TUZILISHI VA XOSSALARI

1.1. Polimerning zanjir tuzilishi - makromolekula

Ko'p sonli atom guruhlar yoki molekulari kimyoviy bog'lanib, uzun zanjir tashkil qilgan yuqori molekulyar birikmaga polimer deb aytiladi. Polimerning zanjirli molekulasini makromolekula deyiladi.

Polimerlar asosini monomerlar (elementar, qaytariluvchi yoki asosiy zvenolar) tashkil qiladi. Polimerlar asosan monomerlarni polimerlanish va polikondensatlanish reaksiyalari orqali birikishi tufayli hosil bo'ladi. Ayrim polimerlar, jumladan, poliamidlar ham polimerlanish, ham polikondensatlanish usullarida olinishi mumkin. Umumiy holda polimerlanish reaksiyasi zanjirli yoki pog'onali bo'ladi. Zanjirli polimerlanish reaksiyasi monomer molekularlarning sikllari yoki qo'sh bog'larning ochilishi tufayli amalga oshadi. Pog'onali sintez esa monomerlarning funktsional guruhlarini o'zaro ta'sirlashishi hisobiga amalga oshadi. Polimerlanish reaksiyasi qonuniyatlari turlicha bo'lganligidan kelib chiqqan holda toifalanadi: Zanjirli polimerlanish, Pog'onali sintez reaksiya, Ozod zanjirli reaksiya, Ionli reaksiya, Polikon-densantlash, Pog'onali reaksiya, kationli, anionli, ionkoordinatsionli.

Polimerlarda kimyoviy (kuchli) bog'lar zanjir bo'ylab asosiy bog'lanishlarni va fizik (kuchsiz) bog'lar zanjirlar o'rtasidagi bog'lanishlarni tashkil etadi. Bu ikki xil bog'lanishlar polimerga o'ziga xos fizik-kimyoviy va mexanik xossalarni, jumladan, yuqori darajadagi egiluvchanlik va elastiklikni, hamda plenka va tola hosil qilish kabi muhim xususiyatlarni beradi.

Polimerlarda monomerlar soni (n) bir necha 10 dan to 10000 tagacha va undan ham ortiq bo'lishi mumkin. Monomerlar soni 25-30 tadan kam bo'lsa, u holda zanjirli birikma shartli ravishda oligomer deyiladi.

Monomer zvenolar soni polimerlanish darajasi ham deyiladi (1.1.1 jadvalga qarang). Monomer massasining (M_o) uning soniga ko'paytmasi polimer massasi miqdorini (M_n) beradi, ya'ni $nM_o = M_n$.

Monomerlari bir xil kimyoviy tuzilishga ega bo`lgan makromolekula gomopolimer (gomozanjirli) va har xil bo`lsa sopolimer (geterozanjirli) deb ataladi. Agar monomerlarni A, B, C deb belgilasak, u holda quyidagi ketma-ketliklardagomopolimer

.....AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA.....

va ikkilamchi

.....ABABABABABABABABAB.....

hamda uchlamchi

.....ABCABCABCABCABCABC.....

sopolimerlar ifodalanadi. Keyingi ikkita zanjir regulyar sopolimerlar deb ataladi va ularni murakkab monomerli, ya`ni AB yoki ABC kabi elementar zvenolardan tashkil topgan gomopolimer deb qaraladi.

Agar monomerlar zanjirda tartibsiz takrorlangan bo`lsa, ya`ni

.....ABAABBBAAAAABBAAABABBBA.....

yoki

.....ABCCCBAAABCACACABAABC.....

kabi bo`lsa, unda bu birikmalar statistik sopolimerlar deyiladi.

Yuqori molekulyar birikma bir xil yoki har xil monomerlardan tashkil topgan bo`lishidan qat`iy nazar, unda bir monomerning oxiriga ikkinchi monomerning boshi tutashgan bo`lsa, u regulyar va aksincha, bir monomerning oxiriga ikkinchisining oxiri tutashgan bo`lsa, u noregulyar makromolekula deyiladi. Shuningdek, yon o`rinbosar guruhlar ham regulyar yoki noregulyar bo`ladi. Regulyar sopolimerlar quyidagicha bo`lishi ham mumkin

.....AAAABBBBCCCCAAAABBBBCCCC.....

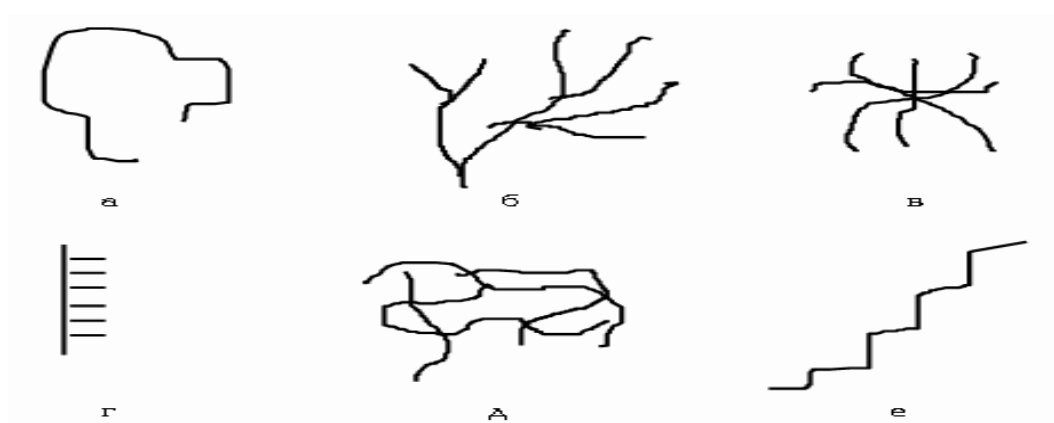
yoki

.....AAAAAABBBBBBAAAAAABBBBBBB.....

bu holda ular blok-sopolimerlar deyiladi. Blok-sopolimerlar noyob molekulyar tartibga ega bo`lgan strukturalar, jumladan, superkristallar va superpanjaralar hosil qilishi mumkin.

Zanjirning asosiy zvenosida aromatik sikllar mavjud bo`lsa, unda polimer poliarilenlar guruhiga kiradi. Aksincha, asosiy zanjirda noaromatik tabiatli sikllar bo`lmasa, polimer geterotsiklik deb ataladi. Agar zanjirda ikkala sikllar mavjud bo`lsa, u poligeteroarilen polimer deyiladi. Bunday polimerlar yuqori mustahkamlikka ega va yuqori modulli tolalar (supertolalar) olishda muhim ahamiyatga egadir.

Makromolekulada atom va atomli guruhlar ochiq zanjir yoki cho`zilgan zanjir ko`rinishida, chiziqli ketma-ketlikda joylashgan bo`lsa, bunday yuqori molekulyar birikma chiziqiy polimer deyiladi (1.1.1 a chizma). Masalan, tabiiy kauchuk, tabiiy ipak, sellyuloza. Asosiy uzun zanjirning yon tomonlarida zanjirlari bo`lsa, bunday makromolekula tarmoqlangan polimer deyiladi (1.1.1 b- chizma). Agar yon zanjirlar asosiy zanjirga nisbatan boshqa tabiatga ega bo`lsa, tarmoqlangan makromolekula undirilgan sopolimer deb ataladi. Tarmoqlangan yuqori molekulyar birikmalarning bir necha turlari mavjuddir. Asosiy zanjirning bir atomidan bir nechta yon zanjirlar hosil bo`lgan bo`lsa, u yulduzsimon tarmoqlangan makromolekula deb ataladi (1.1.1 v- chizma). Zanjirning har bir monomer zvenosiga uzun yon zanjir kimyoviy guruhlar, ya`ni ulanish qismlar yordamida bog`langan bo`lsa, bu birikma taroqsimon makromolekula deyiladi (1.1.1 g- chizma). Bunga poli-(-olefinlar, poli-n-alkilakrilatlar, oddiy va murakkab poli-n-alkil efirlar misol bo`ladi.



1.1.1-chizma. Chiziqiy (a), tarmoqlangan (b), yulduzsimon (v), taroqsimon (g), to`rsimon (d) va zinasimon (e) zanjirlarning ko`rinishi.

Zanjirlar bir-biri bilan ko`ndalang kimyoviy bog`lar orqali birikib, uch o`lchamli to`r hosil qilgan bo`lsa, bu yuqori molekulyar birikma to`rsimon (tikilgan yoki fazoviy) polimer deyiladi (1.1.1 d- chizma). Shuningdek zanjirlar kamida har ikki atomdan keyin o`zaro ko`ndalang bog`lar bilan birikkan bo`lsa, unda zinasimon yuqori molekulyar birikma hosil bo`ladi (1.1.1 e- chizma).

Shunday qilib, gomopolimerlar va sopolimerlar zanjirlari shakliga qarab chiziqli, tarmoqlangan va tikilgan bo`lishi mumkin.

Polimerlar tarkibiga qarab organik, noorganik va elementorganik toifalarga ajratiladi. Agar zanjir asosi uglerod, kislorod, azot, oltingugurt, fosfor kabi elementlar atomlaridan tashkil topgan bo`lsa, unda polimer organik birikmalar guruhiga kiradi. Uglerod zanjir asosiga kirmasa va yon guruhlari organik radikallardan tashkil topsa, unda polimer elementorganik toifaga kiradi. Agar uglerod zanjir asosiga ham, yon guruhlari ham kirmasa, unda polimer noorganik toifaga tegishli bo`ladi. Ulardan nisbatan kengroq tarqalgani organik polimerlardir.

Eng oddiy organik polimer polietilen bo`lib, u monomer etilenning (CH_2) kimyoviy birikishi, ya`ni polimerlanish reaksiyasi orqali hosil bo`ladi:

Eng murakkab tuzilishga ega bo`lgan polimerlarga oqsil moddalar misol bo`la oladi. Oqsil molekulasi asosini peptidlar (polipeptidlar) tashkil qiladi. Peptidlar qaytariluvchi elementar zvenolar sifatida qaralishi mumkin. Ular (-L-aminokislotalar qoldiqlarini peptid bog`lari orqali birikishi tufayli hosil bo`ladi:

Oqsil molekulalar tuzilishi va xossalari qarang 4 ta strukturaviy guruhlarga bo`linadi. Birlamchi strukturasi - bu makromolekulyar (peptid) zanjirda aminokislota qoldiqlarining ketma-ket joylashishini ifodalaydi. Ikkilamchi strukturasi- polipeptid zanjirning konformatsiyasini tavsiflaydi. Uchlamchi strukturasi - bu ikkilamchi strukturani qayrilishi yoki egilishi tufayli jipslashib hosil bolgan strukturasi polipeptid zanjirlarni o`zaro joylashishini ifodalaydi. To`rtlamchi struktura-bu bir necha uchlamchi strukturalarni fazoviy strukturaga birikishi va joylashishidir.

Polimerlar asosan ikki xil usulda, ya'ni erituvchilar ishtirokida eritilgan holda yoki issiqlik ta'sirida suyultirilgan holda qayta ishlanishi mumkin. Polimerlarni suyuqlik holatiga o'tkazib, qayta ishlash ham ikki xil, ya'ni termoplastik va termoreaktiv usullarda amalga oshiriladi.

Termoplastik usulda polimer temperaturasi oshishi tufayli oquvchan holatga o'tadi va sovutilsa qattiqxolatga qaytadi. Bu polimerni maxsus qoliplarga quyib, undan turli xil mahsulotlar olish imkonini beradi. Masalan, polietilin, polivinilxlorid, poliamid kabi polimerlar shu tarzda qayta ishlanadi. Termoreaktiv usulda harorat oshishi bilan kimyoviy tikilish reaksiyalari boshlanadi va odatda polimer uch o'lchamli fazoviy struktura hosil qilib tikiladi. Bunga, misol qilib fenolformaldegid smolani, vulkanizatsiya kauchuklarini keltirish mumkin.

Yuqori molekulyar birikmalar molyar kogeziya energiyasi miqdoriga nisbatan ikkiga bo'linadi. Molyar kogeziya energiyasi 4- 8 kJ(mol elastomerlar va 8 - 20 kJ)mol bo'lsa plastmassalar deyiladi.

Polimerlarning qattiqholatdagi asosiy xossalaridan biri, ularning amorf, amorf-kristall, va kristall holatlarda bo'lishidir. Amorf holatdagi polimerlarda yaqin qo'shni zvenolar o'ziga xos (kuchsiz) bog'lar hosil qiladi va uzoqroq joylashgan zvenolar o'rtasida umumiy tartibga ega bog'lanish va xossalar mavjud bo'lmaydi. Amorf bog'lanishni yaqin tartibli bog'lanishlar ham deyiladi. Kristall polimerlarda bir necha o'nlab, yuzlab zvenolar ma'lum tartibda joylashgan holda, kristall panjara hosil qilib boqlangan bo'ladi. Amorf-kristall polimerlarda kristall strukturali qismlar amorf qismlar bilan ketma-ket yoki tartibsiz joylashgan bo'ladi. Jumladan, polimer tolalar odatda amorf-kristall tuzilishga ega bo'ladi.

Chiziqli polimerlarning asosiy xossalaridan biri, ularni termodinamik egiluvchanligidir. Ushbu xossasiga muvofiq polimerlar egiluvchan zanjirli va qattiq zanjirlilar guruhlariga ajratiladi. Bu xossalar bevosita makromolekulaning konfiguratsiyasi va konformatsiyasiga bog'liqdir.

1.2. Konfiguratsiya, konformatsiya, egiluvchanlik va qattiqlik

Konfiguratsiya - bu atomlarning molekuladagi aniq tartibli fazoviy joylashishini ifodalovchi tavsifidir. Konfiguratsiya issiqlik harakatlari tufayli o`zgarmaydi va ma`lum barqaror makromolekulyar izomerlarni namoyon qiladi.

Tsis- va trans-izomerlar zanjirning qo`sh bog`lariga nisbatan o`rinbosarlarni joylashishini xarakterlaydi.

Polimerlarda atomlarning sis- yoki trans- izomerlar holida joylashishi qo`sh bog` tutgan har bir qaytariluvchi zveno uchun xarakterlidir. Bu makromolekulani butun strukturasi ta`sir etadi va bir zanjirning o`zi ham sis- yoki trans-izomeriyalarda bo`lishiga qarab turli xossalarga ega bo`ladi. Masalan, tabiiy kauchuk va guttaperchalar kimyoviy tarkibi bo`yicha mutloq bir xil, ammo izomeriyasi har xildir.

Bu yerda kurinib turibdiki, qaytariluvchi monomer guruhi bir xil yo`nalishda orientirlanmagan. Sis-izomeriyada monomerdagi metil guruhi 0,816 nm dan so`ng, va trans-izomeriyada 0,48 nm dan keyin uchrayapti. Shu tufayli, har xil konfiguratsiyali zanjir har xil xossaga egadir: guttapercha - kristall strukturaga ega bo`lib, 50-70 °C larda suyuqlikka aylanadi; tabiiy kauchuk - elastomer bo`lib, past temperaturalarda ham o`z xossasini saqlab qoladi.

Konfiguratsiyaning yana bir muhim turi - optik izomeriyalardir. Bu izomeriya makromolekulada asimmetrik uglerod atomi mavjudligi hisobiga namoyon bo`ladi.

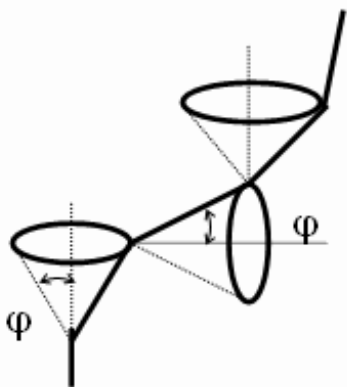
Optik izomerlar qutblangan yorug`lik nurini qutblanish tekisligini chapga va o`nga aylantirish xossasiga egadir. Odatda m va n radikallar har xil bo`ladi. Bu xol polimerlarga optik faollik xossasini beradi.

Makromolekulada asimmetrik uglerod atomining bo`lishi stereoizomeriyali yoki stereoregulyar (stereotaktik) polimerlarning hosil bo`lishiga olib keladi. Maxsus sintez usullari yordamida izotaktik polimerlar olinadi. Ularning yon o`rinbosarlari zanjir bo`ylab bir tomonga joylashgan bo`ladi. Sindotaktik polimerlarda yon o`rinbosarlar zanjir sirtining har xil tomonida joylashadi.

Shuningdek, ataktik polimerlar ham mavjud bo`lib, ularda yon o`rinbosarlar noregulyar ravishda orientirlangan bo`ladi.

Monomerlarni birikib makromolekula hosil qilish usuli amaliy jihatdan olingan polimerning barcha asosiy xossalariga ta`sir etadi. Tabiiy polimerlarning deyarli barchasining strukturasi to`g`ri ketma-ketlikda joylashgan elementar zvenolardan iborat bo`lib, ular yuqori kimyoviy va fazoviy regulyarlikni tashkil etadi. Masalan, bunday xossa sellyuloza, tabiiy kauchuk, oqsillar va nuklein kislotalarga tegishlidir.

Konformatsiya - bu zanjirli molekulaning barcha atomlarining o`zgaruvchan fazoviy joylashishi bo`lib, u molekulani valentli (kimyoviy) bog`lanmagan qismlarini o`zaro ta`sirlashishi bilan belgilanadi. Bunda, monomerlarning issiqlik harakatlari va boshqa xil ta`sirlar tufayli ro`y beradigan o`zgarishlarida, ularning kovalent bog`larini atrofida aylanishining erkinlik darajasini saqlab qolinadi. Konfiguratsiyadan farqli o`laroq, bir konformatsion holatdan boshqa konformatsion holatga o`tganda kimyoviy bog`lar uzilmaydi. Konformatsiya uchun fazoda valent burchaklarining doimiy miqdorga ega bo`lishi va valent bog`larining o`zgaruvchan orientatsiyasi xarakterli xossasidir (1.2.1- chizma). Makromolekulaning monomer zvenolari issiqlik yoki boshqa xil harakatlar tufayli oddiy (yakka) bog`lari atrofida aylanish qobiliyatiga egadir. Bu xossa makromolekulaning egiluvchanligi deyiladi va u ikki xil bo`ladi. Birinchisi termodinamik yoki muvozanatli egiluvchanlik bo`lib, elementar zvenolarning ichki



1.2.1-chizma. Polimer konformatsiyasida valent burchaklarining doimiy miqdorga ($\varphi = const$) ega bo`lishi va valent bog`lari orientatsiyasining o`zgaruvchanligi.

molekulyar (mikrobroun) issiqlik harakati tufayli polimer zanjiri konformatsiyasining o`zgarishini ifodalaydi. Ikkinchisi kinetik yoki mexanik egiluvchanlik bo`lib, konformatsion o`zgarishlar tashqi mexanik kuchlar ta`sirida amalga oshadi.

Makromolekula konformatsiyaning barcha o`zgarishlari bir qator elementar aylanishlar bilan amalga oshadi. Ammo bu aylanishlar erkinligi qo`shni zvenolar yon guruhlarining o`zaro ta`siri tufayli cheklangandir. Agarda tizimning potentsial energiyasini o`zgartirmay amalga oshirilsa aylanishlar erkin deb hisoblanadi. Odatda, real polimer zanjirida, atomlarning molekulada joylashishiga nisbatan tizimning potentsial energiyasi o`zgarishi har xil bo`ladi. Bu o`zgarish zanjirdagi valent burchaklari miqdoriga bog`liq holda bir qator minimum va maksimum qiymatlarga ega bo`ladi. Eng chuqur minimum nisbatan barqaror bo`lgan aylanishning trans-izomeriyasiga to`g`ri keladi, qaysiki unda atomlar bir-biridan ancha uzoqroqdadir. Sis-izomeriyada atomlar ustma-ust joylashgan va potentsial energiya maksimumdir. Shuningdek, o`ralgan zanjirlarni xarakterlovchi gosh-izomeriya ham mavjud bo`lib, u energetik jihatdan trans- va sis-izomeriyalar orasida bo`ladi. Minimum holatdan maksimumga holatga o`tish uchun zarur bo`lgan energiya aylanish faollik energiyasi yoki aylanish faollik to`sig`i deyiladi.

Polimer molekulasi shakli uning segmenti va kontur uzunligiga bog`liq bo`ladi. Umuman olganda makromolekulaning konformatsiyasi, uning issiqlik va boshqa harakatlar ta`sirida ma`lum vaqtda fazoda erishgan shaklidir. Makromolekula uchun termodinamik jihatdan qulay shaklni egallash xarakterlidir. Odatda, bu uning tartibsiz o`ralgan g`ujanak-statistik g`ujanak shaklidir. Agar bu g`ujanak o`zaro ta`sirlar bilan qo`zg`atilmagan bo`lsa, masalan erituvchi bilan faol ta`sirlashmayotgan bo`lsa, u Gauss g`ujanagi deb ataladi.

Polimer zanjirida elementar zvenolar, ya`ni monomerlarning ketma-ket takrorlanib kelishi cheklanganligi uning ma`lum bir uzunlikka ega bo`lishini anglatadi. Buni fizik jihatdan o`rganish uchun bir qator modellar tavsiya etilgan. Eng oddiy model Kun va Mark tomonidan ishlab chiqilgan bo`lib, u erkin ulangan zanjir modeli deyiladi. Bu model real chizig`iy polimerning ekvivalenti bo`lib,

fazoviy orientatsiyasi bir-biriga mutlaqo bog`liq bo`lmagan, ma`lum uzunlikka (A) ega N ta segmentdan iborat zanjirni ifodalaydi. Ushbu zanjir chizmasi I.2.2 - chizmada keltirilgan. Modelning ko`rinishiga qarab, uni ba`zida tersak (sharnir) model ham deyishadi.

Segment - zvenolar (s ta zvenoning) ketma-ketligi bo`lib, unda zvenolarning burchakli orientatsiyasi turlicha bo`lishi mumkin. Polimer zanjirining termodinamik egiluvchanligini, aynan, uning statistik segmenti yoki Kun statistik segmenti kattaliklari bilan ifodalanadi.



I.2.2 -chizma. Real polimer g`ujanagining erkin ulangan Kun g`ujanagi sifatida ifodalovchi chizma. Segmentlar vector chiziqlar bilan ifodalangan.

Real zanjirning to`liq uzunligi ekvivalent zanjirning to`liq uzunligiga teng deb olinsa, zanjirning kontur uzunligi (L) quyidagiga teng bo`ladi:

$$L = NA \quad (1.2.1)$$

Erkin ulangan zanjir modeliga quyilgan ikkinchi zaruriy shartga muvofiq real va ekvivalent zanjirlarning oxirlarini (uchlarini) tutashtiruvchi masofa (h) bir xil bo`ladi.

Polimerzanjirining strukturaviy holatini baholashda muhim ahamiyatga egaadir.

Jumladan, makromolekulaning yoyilganlik darajasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\beta = h/L \quad (I.2.2)$$

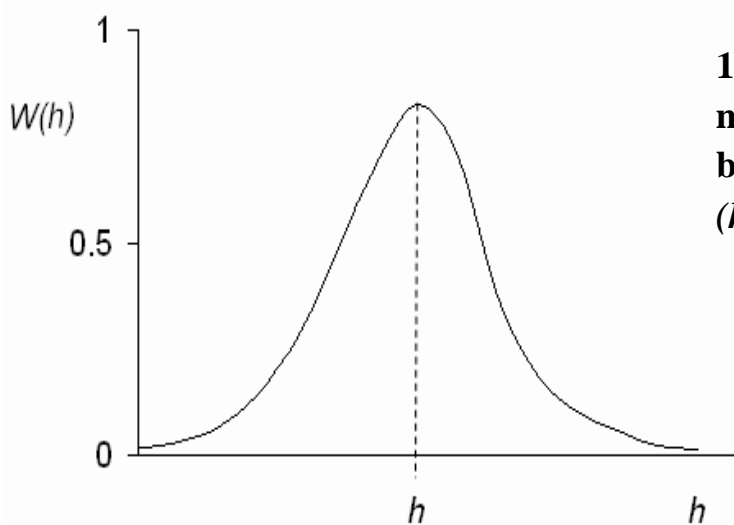
Polimerlar statistik fizikasining rivojlanishi erkin ulangan zanjirlar uchun Gauss taqsimotini tuzishga imkon berdi. Buning muvofiq, zanjirlarning uchlari (oxirlari) bir-biridan ixtiyoriy masofada bo`lish ehtimolligini baholash uchun ushbu masofaning ehtimolli miqdorini topish uchun taqsimot funksiyasi tuzildi:

$$W(h)dh \approx \frac{4}{\sqrt{\pi}} \cdot \left(\frac{3}{2NA^2} \right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{3h^2}{2NA^2}} h^2 dh \quad (1.2.3)$$

bu erda $W(h)dh$ – molekular ansamblidan tanlangan, uzunligi h boʻlgan N tasegmentdan iborat zanjirning uchlari orasidagi masofasi h va dh orasida boʻlishi ehtimolligini ifodalaydi.

Ushbu taqsimot funktsiyasi boʻyicha tuzilgan umumiy grafik 1.2.3- chizmada keltirilgan. Bunda, zanjirlar uchlari orasidagi masofa juda keng chegarada oʻzgarishi koʻrinib turibdi.

Zanjirli molekulaning uchlari orasidagi masofa eng kichik boʻlganda, makro molekula sharsimon (globula) oʻraglan gujanak konformatsiyani egallaydi. Bunda polimerning zichligi uni quruq holatdagi zichligiga yaqin boʻladi. Makromolekulaning bunday shaklni egallash ehtimolligi juda kichikdir, chunki bu shakl faqat birgina konformatsion holatga tegishlidir.



1.2.3- chizma. Zanjirli molekula uchlari bir-biridan turli xil masofalarda (h) boʻlishi ehtimolligi.

Ikkinchi cheklangan, yagona ehtimolikka ega konformatsion holatga zanjir uchlari orasidagi masofa eng katta boʻlganda, yaʼni h zanjirning kontur uzunligi L ga yaqinlashganda erishiladi. Bunday holda makromolekulaning konformatsiyasi qattiq tayoqqa deyiladi va zanjirning koʻri nishi maksimal choʻzilgan, sirti egri-bugri saqlangan holda boʻladi.

Mavjud bo'lish ehtimolligi eng katta bo'lgan konformatsiya bu makromolekulaning statistik g'ujanak holati bo'lib, u doimiy ravishda o'zining shakli va o'lchamlarini o'zgartirib turadi. Bunga sabab, konformatsiyaning turlicha o'zgarishining ehtimolligi kattaligidadir.

Stereoregulyar polimerlarda yon radikallarning faol ta'sirlanishni namoyon qilishi makromolekula konformatsion holatining ehtimolligi h miqdori bilan baholashni qiyinlashtiradi. Bu hol spiralsimon konformatsiyaga ega bo'lgan polimerlarga, shuningdek, ichki molekulyar vodorod bog'lari hosilqiladigan yuqori molekulyar birikmalarga, jumladan, polipropilenlar, poliamidlar, oqsillar va boshqalarga tegishlidir. Bularni inobatga olib, konformatsion holatlarni hisoblash uchun zanjirlarning uchlari orasidagi masofani, ya'ni h o'rniga uning $\langle h^2 \rangle^{1/2}$ o'rtacha kvadratik miqdoridan foydalanish qulay va uni (I.2.3) formuladan quyidagicha topiladi:

$$\langle h^2 \rangle^{1/2} \approx AN^{1/2} \quad (I.2.4)$$

Shunday qilib, zanjirning uchlari orasidagi masofaning o'rtacha kvadratik qiymati segmentlar sonining kvadrat ildiziga mutanosibdir. Tajribalarda polimer zanjirining o'lchami sifatida, uning o'rtacha kvadratik radius inertsiyasi $\langle r^2 \rangle$ aniqlanadi va bu parametr $\langle h^2 \rangle^{1/2}$ bilan quyidagicha boqlangandir.

$$\langle r^2 \rangle = \langle h^2 \rangle^{1/2} / 6 \quad (1.2.5)$$

I.2.3-chizmada keltirilgan grafikning maksimumiga to'g'ri keluvchi, zanjirning uchlari orasidagi masofaning eng katta ehtimolligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\langle h^2_{3.K.3} \rangle^{1/2} \approx (2/3)^{1/2} \langle h^2 \rangle^{1/2} \approx (2/3)^{1/2} AN^{1/2} \quad (1.2.6)$$

Ushbu bog'lanishlardan makromolekulani uzunligini (L), uning uchlari orasidagi masofaning o'rtacha kvadrati miqdoriga $\langle h^2 \rangle^{1/2}$ nisbati orqali zanjirning o'ralganlik darajasini baqolash mumkin, ya'ni

$$L / \langle h^2 \rangle^{1/2} \approx L / AN^{1/2} \approx AN / AN^{1/2} \approx N^{1/2} \quad (1.2.7)$$

Makromolekula qancha uzun bo`lsa, u shuncha egiluvchan bo`lishi Keltirilgan bog`lanishlardan ko`rinib turibdi. Bunday holda, yana bir molekulyar xossa “shakl egiluvchanligi” ni inobatga olish muqimdir. Bu xossa zvenolarni issiqlik qarakatlariga bog`liq emas. U makromolekulaning katta uzunlikka va chekli anizotropiya shakliga ega bo`lganligi tufayli namoyon bo`ladi, hamda geometrik egiluvchanlik ham deyiladi.

Shunday qilib, zanjirlarni termodinamik egiluvchanligi segment kattaligi va zanjirlar uchlari orasidagi masofaning o`rtacha kvadratik miqdorlari bilan ifodalanadi. Odatda, polimerlar uchun $\langle h^2 \rangle^{1/2} / \langle h^2 \rangle_o^{1/2}$ nisbat keng qo`llaniladi. Bu erda $\langle h^2 \rangle_o^{1/2}$ - erkin ulangan zanjirlar uchlari orasidagi masofaning o`rtacha kvadratik qiymatidir. Ba`zi tola hosilqiluvchi polimerlar uchun termodinamik egiluvchanlikning segmentlarning uzunligi va polimerlanish darajalariga bog`liqligini ifodalovchi ma`lumotlar I.2.1-jadvalda keltirilgan.

Ba`zi bir polimerlarning termodinamik (muvozzantli) egiluvchanliklari haqida ma`lumotlar

1.2.1-jadval.

Polimer	$\frac{\langle h^2 \rangle^{1/2}}{\langle h^2 \rangle_o^{1/2}}$	Segment uzunligi, nm	Segmentning polimerlanish darajasi
Polietilen	2,3-2,4	2,08	8,3
Polipropilen	2,4	2,17	8,6
Poliizobutilen	2,2	1,83	7,3
Polivinilxlorid	2,8	2,98	11,7
Polistirol	2,2-2,4	2,00	7,9
Poliakrilonitril	2,6-3,2	3,17	12,6
Polidimetilsilaksan	1,4-1,6	1,4	4,9
Trinitrotsellyuloza	4,2	20,0	20,0
Poliamid-66	2,1	1,66	6,6
Poli-γ-benzamid	-	210,0	320,0
Biopolimerlar	-	240,0	-

Polimer zanjirining egiluvchanligi bir qator omillarga bog`liqdir:

- makromolekulalarning kimyoviy tarkibi va tuzilishi. Eng egiluvchan makromolekulalar bu uglevodorodli polimerlar bo`lib, ularning eng yuqori ko`rsatgichlisi tabiiy kauchukdir.

Polimerda qutblangan guruhlarni bo`lishi faollanish to`sig`ining ko`tarilishiga va zanjirning qattiqligi (bikrligini) oshishiga olib keladi. Bunga molekulalararo vodorod bog`larining hosil bo`lishi ham sabab bo`ladi. Bu turdagi makromolekulalar orasida eng kichik egiluvchanlikka ega bo`lgani biopolimerlardir, chunki ular spiral konformatsiyalar hosil qiladi. Shuningdek, siloksanli polimerlar ham eng yuqori egiluvchanlikka ega, buning sababi siloksan molekulalarida asosiy zanjirning bog`larida aylanishni ta`minlovchi kislorodning mavjudligidir;

- Polimerning molekulyar massasi. Polimerning molekulyar massasi oshganda zvenolarning aylanishining faollanish to`sig`i o`zgarmaydi, ammo konformatsion o`zgaruvchanlik soni va o`ralganlik darajasi oshadi, ya`ni zanjir egiluvchanroq bo`ladi;

- harorat. harorat oshganda zvenolar aylanishining faollanish to`sig`i ozgina o`zgaradi, lekin sezilarli darajada issiqlik harakatining kinetik energiyasi va jadalligi oshadi. Buning natijasida faollanish to`sig`ini yengib o`tish ehtimolligi kuchayadi va zanjirning egiluvchanligi oshadi;

- Polimerning fazoviy strukturasi. Polimerda uch o`lchamli fazoviy to`r hosil bo`lsa, uning egiluvchanligi kamayadi.

Kinetik egiluvchanlik polimerning muhim xarakteristikalaridan biri bo`lib, u segmentning kinetik uzunligi bilan ifodalanadi. Segmentning kinetik uzunligi deb zanjirning minimal kesmasining tashqi ta`sir tufayli o`z shaklini o`zgartirishiga aytiladi. Kinetik segmentning uzunligi, termodinamik segmentnikidan farqli o`laroq, doimiy miqdor bo`lmay u tashqi ta`sir tezligiga boqliqdir. Juda sekin tezlilikli tashqi ta`sir paytida kinetik segment uzunligi termodinamik segment uzunligiga yaqin bo`ladi. Agar tashqi ta`sir yuqori tezlikka ega bo`lsa, makromolekula o`zini mutloqqattiq zanjir kabi namoyon qiladi, chunki tashqi kuchlar ta`sirga moslashib ulgurmaydi.

Makromolekulaning kun modeli hamma vaqt ham qulay emasdir, ayniqsa, bu hol qisqa zanjirli, qattiq molekulalar uchun qo'llanilganda xatoliklarga olib keladi. Shuningdek, polimerning qattiqligi va qisqaligi spiral konformatsiyalar va boshqa ichki molekulyar bog'lar hisobiga omalga oshishi mumkin. Bunday hollarda makromolekulaning egiluvchanligini baholashda, uning eksperimental ravishda aniqlanadigan persistent uzunligi (a) orqali segment miqdorlari topiladi va ular asosida hisoblashlar olib boriladi.

Persistent uzunlikni aniqlashda polimer zanjirlarining chuvalchangsimon (persistent) modeli, ya'ni uzluksiz egrilik modeli qo'llaniladi. Persistent uzunlik zanjir uchlari orasidagi masofaning o'rtacha kvadrati miqdori, ya'ni $\langle h^2 \rangle^{1/2}$ vektorning birinchi zvenoning yo'nalishi bo'yicha olingan proektsiyasi bilan aniqlanadi. Bu miqdor bevosita buralish burchagi kosinusining o'rtacha qiymati (L), ya'ni zanjirning kontur uzunligi (L) bilan zanjirning ajratilgan qismi o'rtasidagi burchakga bog'liqdir.

$$\cos\varphi(L) = \exp(-L/a) \quad (1.2.8)$$

Bunda, $a \approx A/2$ bo'lib, sterjensimon (tayoqchasimon) molekulalar uchun $a \rightarrow \infty$.

Makromolekulalarning tersakli (sharnir) va persistent modellarining o'zaro farqi, ularning samarali ko'ndalangligi (d), ya'ni zanjirlarning diametrlari farqi bilan ifodalanadi.

Makromolekulaning yoyilganlik darajasini ifodalovchi parametr β ($\beta \approx A/L$) ni Kun modeli bo'yicha N (10 ega bo'lgan Gauss zanjiriga asosan taqlilqilsak, unda eqtimollik qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$\langle \beta \rangle = (\frac{3}{2}N)^{-1/2} \quad (1.2.9)$$

panjara modelidan foydalansak va bitta samarali sinish energiyasini ε , hamda panjara koordinatsion sonini z deb belgilasak, unda

$$f \approx f_0(z-2)\exp(-\varepsilon/kT) / [1 \approx (z-2)\exp(\varepsilon/kT)] \quad (1.2.10)$$

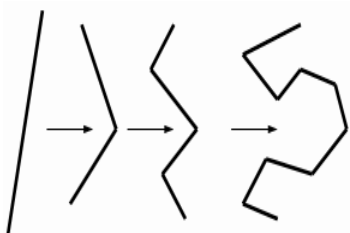
Bu munosabat fundamental moqiyatga ega bo'lib, unda (β^* kritik miqdor, ya'ni $\beta \approx \beta^*$ ga segmentlar soni N (13 bo'lganda erishadi. Bunga muvofiq $\langle \beta^* \rangle \approx$

0,25 ga tengdir. Bu miqdor egiluvchan zanjirli polimer bilan oligomer o`rtasidagi chegarani belgilaydi.

Agar $\langle \beta \rangle$ faqat polimerlanish darajasi (n) ga boqliq bo`lsa, unda n ning tegishli qiymatlarida polimerning va ularning eritmalarining bir qator makroskopik xossalari o`zgaradi. Eng asosiysi polimerlarning ko`plab strukturaviy, termodinamik va kinetik xossalari $\beta \approx \beta^*$ ga qaysi yo`l bilan erishganidan qat`iy nazar keskin o`zgaradi.

Shuni alohida ta`kidlab o`tish joizki, kriterial parametr β konformatsion xarakteristika bo`lsada, u to`g`ridan to`g`ri makromolekulaning egiluvchanligi bilan bog`langan emas. Aslida, polimerning egiluvchanlik va qattqlik chegarasini aniqlash uchun boshqa kriterial parametr (f) qo`llaniladi. Bu parametr Flori tomonidan 1956 yil tavsiya etilgan bo`lib, u zanjirdagi egiluvchan bog`lar ulushini ifodalaydi. Ushbu kriterial parametrning o`zgarishi I.2.4-chizmada keltirilgan.

Bunga asosan, Flori kristallizatsiya paytida zanjirlar to`liq to`g`rilangan (rostlangan) bo`ladi deb hisoblagan. Makromolekulalarning xususiy kristall holati va suyuq kristall holatlar o`rtasidagi farqga e`tibor bermasdan, bu ikkala holatni ham zanjirli molekulaning tartiblangan holati deb haralgan. Florining bu nazariy qarashi keyinroq tajribada asoslangan va unga ma`lum aniqliklar kiritilgan.



I.2.4-chizma. Ketma-ket sinish (qayrilish) tufayli tayoqsimon zanjirning Kun g`ujanagiga aylanish chizmasi.

Jumladan quyidagi muloqazalarni nazarda tutish muhimdir:

Birinchiidan, amaliy jihatdan barcha kristallanuvchi egiluvchan zanjirli polimerlarning molekulalari to`g`rilangan holda kristall hosil qilishi mumkin. Buni tushuntirish uchun ikki o`lchamli “osmotik qopqon” modelidan foydalanamiz. Bu model asosida makromolekulani to`g`rilangan holatga o`tkazish mumkin.

Faraz qilaylik, erituvchi ma`lum bir aniq tartibda qattiq, to`g`rilangan makromolekulalar bilan to`ldirilgan tizim sifatida mavjud bo`lsin. Polimerning egiluvchanligi cheklaganligi tufayli, uning hajmiy ulushini bir tekis oshirib borib bo`lmaydi. Hajmiy ulush qandaydir (2^* miqdorga etganda, polimerning kimyoviy potentsialida μ_2 kritik o`zgarish ro`y beradi. Tizim termodinamik nobarqaror holatga o`tib qoladi va barqaror holatga ikki xil usul bilan qaytishi mumkin:

1-usul, osmotik energiya miqdori zanjirning ichki energiyasi miqdorini bosib o`tadi va makromolekula chizmada ko`rsatilgan kabi sinib, zichlasha borib erituvchini maksimal to`ldiradi. Oqibatda polimerning hajmiy ulushi maksimal bo`lguncha ($\varphi_2^* \approx 1$), ya`ni quruq polimer holatigacha etib borsada, u o`zining izotrop va amorf holatini saqlab qoladi;

2-usul samarali sinish energiyasi niqoyatda yuqori bo`lganda, ya`ni ichki energiya osmotik energiyadan katta bo`lganda amalga oshadi. Bunda tizim muvozanat holatiga o`tish uchun entropiyani (ΔS) sarflaydi. Termodinamikaning ikkinchi qonuni ($\Delta G \approx \Delta H - T\Delta S$) ga muvofiq ozod energiya (ΔG), ya`ni Gibbs energiyasining minimallasishi parallel ravishda joylashgan zanjirlar tizimiga mos keladi. Polimer eritmasi uchun bu hol nematik suyuq kristal fazaga o`tishni anglatadi.

Ikkinchidan, Flori o`z nazariyasini mutloqqattiq zanjirlar uchun joriy etib, anizotropik faza polimerning hajmiy ulushining quyidagi miqdorida paydo bo`lishini ko`rsatdi, ya`ni

$$\varphi_2^* = (8/p)[1 - (2/p)] \quad (1.2.11)$$

bu yerda p -sterjensimon makromolekula o`qlarining nisbati.

Shunday qilib, $f_o \approx 0$ bo`lganda, polimer majburan nematik (anizotropik) fazaga o`tadi va aksincha, $f_o \rightarrow \infty$ bo`lsa, zanjir to`liq sinadi va hech qanday tartiblanish hosil bo`lmaydi. Shubqasiz, tartiblanish holatini ifodalovchi $f_o > f^*$ bo`lgan chegaraviy miqdor mavjud bo`lishi kerak. Flori ushbu chegaraviy parametrning miqdorini $f^* \approx 0,63$ ekanligini aniqladi.

Bunga asosan $f_o > f^*$ bo'lganda, konsentratsiyani oshirib borib polimerni anizotropik fazaga o'tkazib bo'lmaydi. Agar $f_o < f^*$ bo'lsa, konsentratsiyaning φ_2^* miqdorida anizotropik faza vujudga keladi. Agar $f_o \approx f^*$ bo'lsa, anizotropik faza (2^*) bo'lganda mavjud bo'ladi. Bunga asosan $f_o > f^*$ bo'lsa polimer egiluvchan zanjirli, $f_o < f^*$ da yarim egiluvchi va $f_o \approx f^*$ bo'lsa qattiq zanjirli deb qisoblanadi.

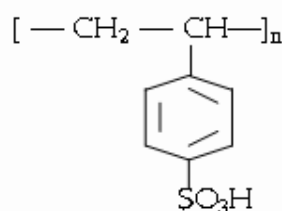
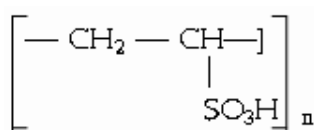
Shunday qilib, zanjirning muvozanatli egiluvchanligi, ularning eritmalarida f^* va φ_2^* parametrlar orqali anizotropik fazaga o'tish imkoniyatini belgilaydi. Shubqasiz, segmentlarning o'qlar bo'yicha nisbatini A/dp^* ni ifodalashi uchun qandaydir alohida shart bo'lishi lozimki, bunga asosan p^* - chegaraviy parametrning minimal qiymatida nematik faza hosil bo'ladi.

1.3. Polimerlarning molekulasini massasi, molekulyar massaviy taqsimoti va polidispersligi

Elementar zvenolarida elektrolitik dissotsiatsiya namoyon qiladigan funktsional (ionogen) guruqlari bo'lgan polimerlarga polielektrolit (polielektrolit makromolekula) deb aytiladi. Ionogen guruqlarning tabiatiga bog'liq holda polielektrolitlar kuchli va kuchsiz polikislota va poliasos toifalarga bo'linadi.

Kuchli polikislotalar guruqiga misol sifatida quyidagi birikmalarni kelishtirish mumkin:

polivinilsulfon kislota *polistirolsulfon kislota*



Kuchsiz polikislotalar guruqi:

poliakril kislota

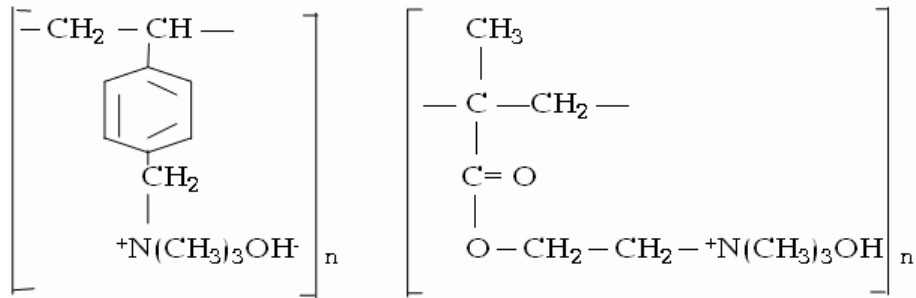
polimetakril kislota



Shuningdek kuchli poliasoslarga quyidagi, ya`ni

*polivinil-n-tolil-
metilammoniy*

*politrimetilammoniy
etilmetakrilat*



va kuchsiz poliasoslarga esa ushbu moddalar misol bo`ladi:

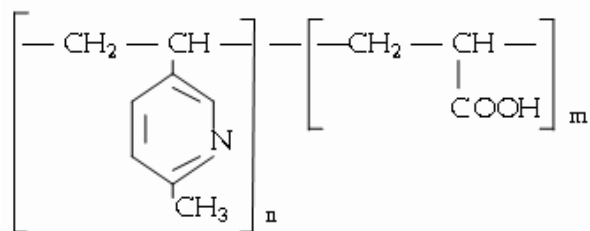
Poli-n-aminostirol

Poli-4-vinilpiridin



Polikislota va poliasoslar tuzlari, odatda, kuchli polielektrolitlar qisoblanadi.

Polielektrolitlar zanjirlarida ham polikislota ham poliasos guruqlar bo`lsa, ular amfoter yoki poliamfolit makromolekulalar deyiladi. Misol sifatida 2-metil-5-vinil-piridin va akril kislota sopolimerini keltirish mumkin:



Polielektrolit (poliamfolit)larga biologik muqim yuqori molekulyar birikmalar, jumladan, oqsillar, nuklein kislotalar kiradi. Polielektrolitlar, o`ziga xos

ravishda ionogen polimerlar va past molekulyar elektrolitlarning xususiyatlarini mujassam etadi. Polielektrolit eritmalar, boshqa polimer eritmalar kabi anomal yuqori qovushoqlikka ega bo`ladi. Shuningdek, oddiy elektrolitlar kabi samarali ravishda elektr tokini o`tkazadi. Eng e`tiborli tomoni shuki, polielektrolitlarning eritmalaridagi gidrodinamik, optik va elektrkimyoviy xossalari noelektrolit polimerlar va past molekulyar elektrolitlarning eritmalaridagi xossalaridan keskin farqqiladi va bir qator o`ziga xos xususiyatlari bilan ajralib turadi.

Polielektrolitlarning barcha o`ziga xos xossalari, ularning makromolekularidagi lokal zaryadlarni kompensatsiyalanmagan holda namoyon bo`ladi. Bu xossalar asosan zaryadlangan poliion guruqlarni o`zaro va ularni o`rab turgan past molekulyar qarama-qarshi zaryadli ionlar bilan ta`sirlashishi aniqlanadi. Polielektrolitlar suvli eritmalarda elektrolitik dissotsiatsiya hodisasini namoyon qiladi. Bu hodisa molekulyar zanjir tarkibiga kiruvchi funksional guruqlar hisobiga amalga oshadi. Shuning uchun ham polielektrolitlarning suvli eritmalarini o`rganish katta qiziqish uyqotadi.

Molekula - bu atomlarning kimyoviy birikishi natijasida hosil bo`lgan moddaning eng kichik zarrasi bo`lib, uning massasi tarkibidagi atomlar massasining yiqindisiga teng. Aynan atomlarni miqdoriga qarab moddalar shartli ravishda past molekulyar birikmalar va yuqori molekulyar birikmalar, ya`ni polimerlarga ajratiladi.

Molekulaning massasini mutloq miqdori massaning atom birligida (m.a.b.), ya`ni SI tizimida $1,66057 \cdot 10^{-27}$ kg ga teng deb olingan va ^{12}C nuklidining atom massasining $1/12$ qismiga nisbatan aniqlanadi. Odatda polimerlarning massalari nisbiy molekulyar massalar orqali ifodalanadi. Bunga asosiy sababi etib quyidagilarni ko`rsatish mumkin:

- polimerlarning mutloq molekulyar massasi miqdorlari 10^{-18} kg dan to 10^{-26} kg gacha bo`lgan oraliqda va nisbiy molekulyar massalari esa 10^4 dan to 10^7 oraliqdagi tartiblarda bo`ladi. Amaliy hisoblashlar uchun massaning mutloq miqdoridan foydalanish nisbiy miqdorga qaraganda birmuncha noqulayroqdir;

- molekulyar massalar haqidagi tushuncha va qoidalar chiziqiy bo`lmagan, ya`ni fazoviy tuzilishga ega, to`rsimon polimerlar uchun noo`rindir. Chunki bunday polimerlar ustmolekulyar tuzilishi bilan xarakterlanadi;

- polimer molekulasi sintezi amalga oshirayotgan huqitda, o`ziga xos termodinamik va kinetik to`sqinliklar mavjud. Buning ta`sirida bir xil molekulyar massali, ya`ni monodispers polimerni olish ancha murakkablashadi. Ayrim tabiiy polimerlanish reaksiyalarini hisobga olmasak, odatda, barcha chiziqiy polimerlarni sintezlash paytida massalari bir xil bo`lgan makromolekulalar bilan bir qatorda, massalari turlicha bo`lgan makromolekulalar ham hosil bo`ladi. Sintez mahsulidan yakka polimer molekulasi ajratib olish ancha mushkul, ammo bir xil massali makromolekulalar to`plamini ajratish mumkin. Bunday makromolekulalar to`plami polimer fraktsiyasi deyiladi. Sintez mahsuli fraktsiyalanmagan polimer hisoblanadi va uni 10-15, ayrim qollarda bundan ham ko`proq fraktsiyalarga ajratish mumkin bo`ladi. Bu fraktsiyalar bir-biridan o`zining hajmiy yoki massaviy ulushi hamda molekularining ma`lum massa miqdoriga ega bo`lishi bilan farqqiladi. Ayni paytda fraktsiyalar molekulyar massalarini nisbiy farqi polimer molekulalarining polidispersligini belgilaydi. Bu esa polimer molekulalarining massasini o`rtacha qiymatini aniqlashga va uni polimerning molekulyar massasi deb amaliyotga qo`llashga imkon beradi.

Polimerlarning molekulyar massalarini aniqlashda turli xil usullardan foydalaniladi va ular yordamida o`rta sonli molekulyar massa, o`rta massali molekulyar massa va o`rta molekulyar massalar aniqlanadi.

1.4. Polimerlarning kristall tuzilishi va molekulyar massalar

O`rta sonli molekulyar massa (M_n) polimer namunasining umumiy massasini ($\sum M_i N_i$) makromolekulalarning umumiy soniga ($\sum N_i$) nisbati bilan aniqlanadi:

$$M_n = \frac{\sum M_i N_i}{\sum N_i} \quad (\text{I.4.1})$$

bu erda N_i - M_i bo`lgan makromolekulalar soni.

(I.5.1) formulani quyidagicha ifodalash mumkin:

$$M_n = \frac{\sum f_i}{\sum M_i} \quad (I.4.2)$$

bu erda f_i - massasi M_i bo'lgan makromolekulalardan iborat fraktsiyaning massaviy ulushidir:

$$f_i = \frac{M_i N_i}{\sum M_i N_i} \quad (I.4.3)$$

Demak, polimerning o'rtacha sonli molekulyar massasi ma'lum massaga ega makromolekulalar soni orqali ifodalanadi. M_n ni aniqlashda tugal guruqlar usuli va termodinamik (ebulioskopiya, krioskopiya, osmometriya) usullardan foydalanadi.

O'рта massali molekulyar massa (M_w) polimerning umumiy molekulyar massasida ma'lum molekulyar massali (M_i) fraktsiyalarning massaviy ulushini inobatga olgan holda aniqlanadi, ya'ni

$$M_w = \frac{\sum M_i^2 N_i}{\sum M_i N_i} \quad (I.4.4)$$

yoki

$$M_w = \sum M_i f_i \quad (I.4.5)$$

Demak, polimerning o'rtacha massali molekulyar massasi ma'lum massaga ega makromolekulalar massalari orqali ifodalanadi. M_w miqdorini aniqlashda yoruqlikning sochilish va sedimentatsiya usullaridan foydalanadi.

O'rtacha molekulyar massa (M_z) quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$M_z = \frac{\sum M_i^3 N_i}{\sum M_i^2 N_i} \quad (1.4.6)$$

Polimerning o'rtacha molekulyar massasi (M_z) bevosita tajribada, jumladan, muvozanatli sedimentatsiya usuli yordamida olingan natijalar asosida qisoblanadi.

Shuningdek, polimerlar molekulyar massalarini xarakterlashda o'rtacha gidrodinamik molekulyar massalar kabi ifodalar ham mavjuddir. Jumladan, (M_η) qovushoqlik, (M_s) sedimentatsiya va (M_D) diffuziya usullari yordamida aniqlanadi:

$$M_\eta = \left\{ \frac{\sum N_i M_i^a}{\sum N_i M_i} \right\}^{1/a} \quad (I.4.7)$$

$$M_s = \left\{ \frac{\sum N_i M_i^{(1-b)}}{\sum N_i M_i} \right\}^{1/(1-b)} \quad (I.4.8)$$

$$M_D = \left\{ \frac{\sum N_i M_i^{-b}}{\sum N_i M_i} \right\}^{1/b} \quad (I.4.9)$$

bu erda a va b - polimer-erituvchi tizim doimiysi.

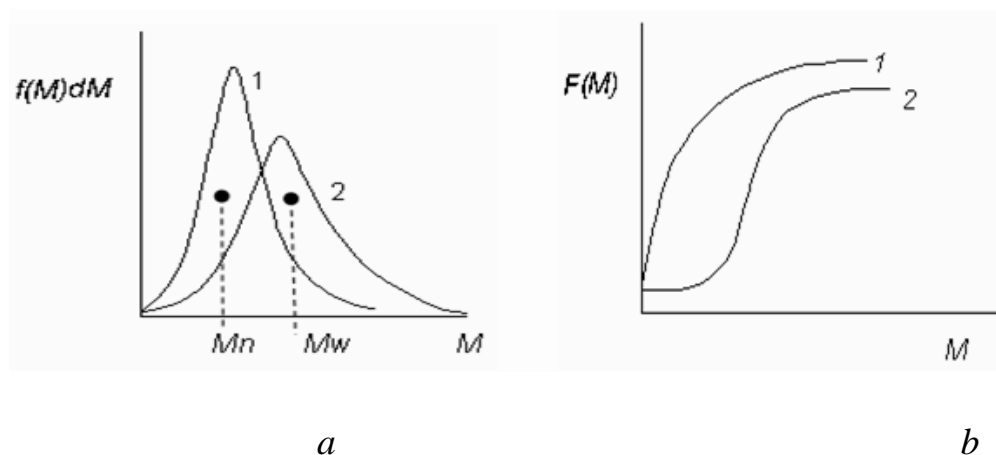
Molekulalari turli xil massaga ega polimer uchun, uning o'rtacha molekulyar massalari M_z ; $M_w > M_\eta > M_n$ kabi ketma-ketlikka ega bo'lib, M_w / M_n nisbat

polidisperslik o'lchami qisoblanadi. Agar polimer monodispers bo'lsa, unda $M_w = M_n$ shart bajariladi.

Polimerlar polidispersligi sintez jarayonida turli xil massali makromolekulalarni hosil bo'lishi natijasi bo'lsada, uni keyingi kimyoviy yoki fizikaviy ta'sirlar, ya'ni destruksiya va tikilishlar orqali o'zgartirish mumkin. Bunday hollarda ham polidisperslik M_w / M_n nisbat yordamida ifodalanadi. Ammo M_w / M_n nisbatning birgina qiymatiga polimerning har xil molekulyar massaviy taqsimoti to'g'ri keladi va uning ko'pgina fizik, hamda kimyoviy xossalari shu taqsimotga bog'liq bo'ladi.

Polimer polidispersligini to'liq baholash uchun uning molekulyar massaviy taqsimoti funksiyasini tajribada yoki hisoblash orqali aniqlash lozim. Odatda molekulyar massaviy taqsimotining differentsial va integral funksiyalari bo'lib, ular polimer molekulalarini miqdoriy va massaviy taqsimotini belgilaydi.

Massaviy differentsial funksiya taqsimoti $f_w(M)dM$ va miqdoriy differentsial funksiya taqsimoti $f_n(M)dM$ bo'lib, ular M_i dan M_i+dM gacha bo'lgan intervaldagi molekulalarning massaviy yoki miqdoriy ulushini ifodalaydi. Ushbu funksiyalar asosida tuzilgan molekulyar massaviy taqsimotining oddiy differentsial egri chiziqlari I.4.1-rasmda keltirilgan. Maksimumlar soniga qarab uni-, bi-, tri- va multimodal taqsimlanish egri chiziqlariga ajratiladi.



1.4.1-rasm. Polimerning molekulyar massasi bo'yicha miqdoriy (1) va massaviy (2) taqsimot egri chiziqlari: a - differentsial, b - integral taqsimotlar.

Integral taqsimot funktsiyasi umumiy holda quyidagi ko`rinishga ega bo`ladi:

$$F(M) = \int_{M_1}^{M_i} f(M) dM \quad (1.4.1)$$

va u ham M_1 dan M_i gacha intervaldagi makromolekulalarning massaviy $F_w(M)$ yoki miqdoriy $F_n(M)$ ulushini ko`rsatadi.

Amaliyotda MMT egri chiziqlari polimerlarni turli usullar bilan fraksiyalarga ajratib olib molekulyar massalarini aniqlash orqali tuziladi.

Kristall holatda polimerlar uzoq tartibli sohaga ega bo`ladi, ya`ni bir necha o`nlab, yuzlab zvenolar bir xil geometrik holatda joylashib, o`zaro bir xil kuchlar bilan ta`sirlashadi. Natijada uch o`lchamli fazada zvenolari ma`lum ketma-ketlikda bog`langan polimer kristall vujudga keladi. Kristall qismlarning o`lchami polimerning kontur uzunligidan bir necha marta kichik va elementar zvenolar o`lchamidan bir necha yuz yoki ming marta katta bo`ladi. Shuning uchun ham bitta polimer molekulasi bir necha kristall qismlar tarkibida bo`lishi mumkin. Kristall soha ichida makromolekula konformatsiyasining o`zgarishi cheklangan bo`ladi. Konformatsion holatning ketma-ketligi makromolekulaning yo`nalishiga muvofiq keladi.

Umuman olganda, polimerlar kristallanishi uchun kamida quyidagi uchta talab bajarilishi kerak:

birinchisi va asosiysi polimer stereoregulyar tuzilishga, ya`ni zanjirdagi barcha zvenolar va yon qo`shimcha birikmalar (atomlar, guruqlar) aniq bir tartibda joylashgan bo`lishi kerak. Aynan bu tuzilish uzoq tartibli ustmolekulyar tuzilishga olib keladi;

ikkinchi muhim zaruriy shart makromolekulalararo ko`ndalang bog`lar hosil qilish uchun ular bir-biriga etarli darajada zich joylashish imkoniyatiga ega bo`lishi lozim. Makromolekulalar sharsimon shaklda bo`lsa, ular osongina eng yuqori darajada zichlashib geksagonal joylashadi va o`zaro bog`lanish imkoniyati 6 teng bo`ladi. Makromolekulalarda yirik yon bog`lar yoki tarmoqlar bo`lsa,

ularning kesimi kuchli asimmetrik bo`ladi. Bunday makromolekulalarni zich joylashtirish ancha murakkab bo`lib, kristallanishi qiyin amalga oshadi.

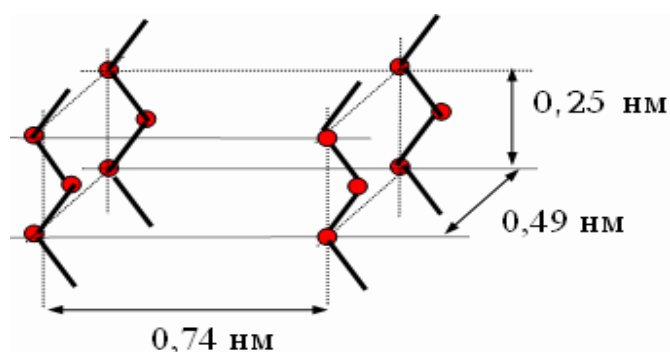
uchinchisi, polimerlarning kristallanishi uchun o`ziga xos talab bo`lib, unga muvofiq makromolekula kristall yacheykasiga kirishi yoki bunday yacheykani hosil qilishi uchun ma`lum egiluvchanlikka ega bo`lishi lozim. Egiluvchanligi nisbatan yuqori bo`lgan polimerlar osongina kristallanadi. Egiluvchanlikning oshishiga issiqlik, ionizatsiya kabi tashqi ta`sirlar kuchli omil bo`ladi. Bu ayniqsa, qattiq egilmaydigan makromolekulalarni egiluvchan holatga o`tkazib kristallanish jarayonini olib borishda muhim ahamiyatga ega bo`ladi.

Odatda, makromolekular to`liq kristall holatda bo`lmaydi, chunki, ularni parallel ravishda orientatsiyalangan holatga o`tkazish va regulyar qismlarini bir-biriga ideal mos holda zich joylashtirib kristallanish jarayonini olib borish niqoyatda murakkabdir. Shu tufayli polimer ustmolekulyar tuzilishining ma`lum bir qismi amorf (shaklsiz), ya`ni kristallanmagan bo`ladi.

Ustmolekulyar tuzilishga ega bo`lgan polimerlarning kristall va amorf qismlarining mavjudligi, hamda ular tuzilishlaridagi farqlar ko`pincha rentgenostrukturaviy tahlil usuli yordamida o`rganiladi. Kristallangan polimerning rentgenogrammasi markazi bir nuqtada bo`lgan va diametrlari har xil hamda bir-biridan aniq va yorqin ajralib turadigan halqalar ko`rinishida bo`ladi. Amorf polimerning rentgenogrammasi bitta yoki ikkita bir-biriga diffuziyalangan, ya`ni aniq ajralmagan va qo`shilib ketgan halqalarni ifodalaydi.

Kristall panjara va yacheykasi. Makromolekulaning kristallangan qismi kristall panjara hosil qiladi. Ushbu panjara parallelopiped shaklida bo`lib, unda makromolekulalarning ma`lum bir ketma-ketlikda konformatsion o`zgarishini o`z ichiga olgan qismi elementar yacheyka deyiladi. Kristallning elementar yacheykasi a , v , s vektorlar va ular orasidagi α , β , γ burchaklar bilan ifodalanadi. Vektorlar va burchaklar orasidagi munosabatga muvofiq elementar yacheykalar tetragonal, geksagonal, romboedrik, romb, uch qirrali va ko`p qirrali shakllarda bo`ladi. Bu shakllar singoniyalar deyiladi. Hozircha polimerlar uchun kub shaklidagi singoniya mavjudligi haqida ma`lumot yo`q.

a, b, c vektorlari koordinatalar sifatida ifodalangan panjaraning ixtiyoriy nuqtasi panjaraning tuguni hisoblanadi. Panjaraning hech bo'lmaganda uchta tugunidan o'tgan yoki ularni birlashtirgan tekislik panjara tekisligi deyiladi. Bu parametr polimerlar uchun juda muhimdir, chunki makromolekulaning uzunligi, uni bir paytning o'zida bir nechta elementar yacheykada bo'lishini ta'minlaydi. Odatda makromolekula yo'nalishi s vektor yo'nalishi bilan muvofiq keladi, deb tanlab olinadi. Buni 1.4.2-chizmada keltirilgan polietilen molekulasi uchun ifodalangan elementar yacheyka chizmasida ko'rish mumkin.



1.4.2-chizma.

Polietileningelementar yacheykasi (strelka bilan strelkabilanmakromolekulaning yo'nalishi ko'rsatilgan).

Polimer kristallarida makromolekulaning ketma-ketligi o'ziga xos ikkita xususiyatlarga ega. Birinchisi, polimerning ketma-ket takrorlanib keladigan, ma'lum bir konformatsion yoki strukturaviy qismini ifodalaydi. Ikkinchisi esa, monomer zvenoning ketma-ket takrorlanishini belgilaydi. Birinchi va ikkinchi ketma-ket takrorlanishlar yo'nalishlari bir-biriga to'g'ri kelmasligi ham mumkin.

Polimer kristallar past molekulyar birikmalar kristallariga qaraganda, odatda, yuqori darajali hajmiy nuqsonlar, ya'ni kristall qismlarni barkamol bo'lmisligi bilan tavsiflanadi. Bunga sabab, birinchidan, makromolekulaning bir xil o'lchamli muntazam qismlarga ega bo'lolmasligi va ikkinchidan, zanjirsimon molekulalarning kristallanishi bir-biriga etarli yaqin va qulay joylashishi uchun to'sqinlik qiladigan sterik (geometrik, shakliy, fazoviy) qiyinchiliklardir. Shuningdek, polimer kristallarning sirti ham niqoyatda nuqsonli va notekisdir. Polimer kristallarining nuqsonlari, undagi o'ziga xos tuzilishlari B. Xozemannning model tizimida ko'rsatilgan.

Mono- va parakristallar. Tugunlar orasidagi masofa o'zgarmasdan ular o'rtasidagi burchak o'zgarsa, bunday fazoviy tuzilishga ega bo'lgan polimer

parakristall deyiladi. Polimer kristallaridagi nuqsonlar termodinamik o'tishlar harorat sohasining kengayishiga va mexanik xossalarning o'zgarishiga olib keladi.

Nuqsonsiz polimerlar, ya'ni eng yuqori darajada takomil topgan - ideal kristall monokristall deyiladi. Monokristall yagona kristall panjarasidan iborat bo'lib, uning uch o'lchamli yacheykasining faqat bir o'qi yo'nalishi bo'yicha makromolekulalar bir xil parallel joylashadi.

Monokristallarni, odatda, suyultirilgan eritmalardan (konsentratsiyasi 1 % dan kichik) sekin sovutish yoki muvozanatli erish haroratidan past ma'lum bir (izotermik) temperaturada ushlab turish orqali o'stiriladi. Monokristallning tashqi ko'rinishi (o'lchami, shakli, tuzilishini muntazamligi) polimerning kimyoviy tuzilishi va kristallanish sharoitiga (harorati, konsentratsiyasi, erituvchining tabiati, sovutish tezligi va sh.k.) bog'liqdir.

v) Lamella va kristallitlar. Monokristall, romb shaklidagi ko'p qatlamli sodda plastinka ko'rinishida bo'ladi. Uni odatda lamella ham deyiladi. Masalan, polietilen monokristall 80 °C da, uning 0,01 % ksiloldagi eritmasidan sekin kristallanish natijasida olinadi. hosil bo'ladigan plastinaning qalinligi 10-15 nm, uzunligi 1 mkm dan oshmaydi. Bunda a va v kristall yacheyka o'qlari rombnig uzun va qisqa diagonallariga mos keladi, hamda makromolekulalar co'qbo'yichayo'najganbo'lib, ular kristalltekisligiga tikdir.

Hattoki, makromolekulaning uzunligi 1000 nm dan ham ortiq bo'lganda ham monokristall qalinligi $d_m \approx 20$ nm dan oshmaydi. Bunday ustmolekulyar tuzilishda polimer zanjiri kristall tekisligiga tiklikni saqlab qolgan holda, 180° ga ketma-ket ravishda burilib, qatma-qat taxlanadi. Bunda muntazam qatlamli va nomuntazam qatlamli monokristall plastinkalar hosil bo'lishi mumkin.

Ularning hosil bo'lish jarayoni qatlangan zanjirlarning kristallanishi (qZK) deb yuritiladi. Masalan, 12 nm qalinlikdagi monokristallda taxminan 100 ta uglerod atomi joylashadi va buning asosidagi, massasi 10^5 bo'lgan makromolekula 70 marta qatlanadi.

Plastinkaning sirtidan uning ichiga makromolekula qaytishi bir xil masofa va tartibli, ya'ni muntazam ravishda bo'lsa, unda yuqori darajadagi qZK amalga

oshadi. Agar makromolekulaning qaytishi qar xil masofada va tartibsiz bo`lsa, unda nomuntazam qZK natijasida monokristall plastinka yuzasida sirtmoqhosil bo`ladi. Makromolekula doimo bir plastinkaning ichida bo`lmasdan, ya`ni uning sirtidan chiqib boshqa plastinkalarning tarkibida bo`lishi va ulardan qaytgan bo`lishi ham mumkin. Bunday qollarda plastinka kristallit qisoblanadi.

Plastinkalarni tutashtirib turadigan makromolekula qismi o`tuvchi zanjir deyiladi. O`tuvchi zanjir qismi amorf tuzilishga ega bo`ladi.

Shuningdek, ma`lum bir kristallanish sharoitida (muvozanatli suyuqlanish temperaturasiga yaqin temperaturalarda) va qattiq zanjirli polimerlarning kristallanishida konformatsiyasi to`g`rilangan, ya`ni rostlangan zanjirli molekulalardan tuzilgan o`ta mukammal monokristallar olish mumkin. Shu kabi rostlangan zanjirlarning kristallanishi (RZK) tufayli olingan kristallarning s o`qi bo`ylab makromolekulalarning yo`nalishi mos keladi va ularning qalinligi 200 nm dan oshmaydi. Bu jarayon kristallanishning termodinamik qulay va muvozanatli shakli bo`lib, ular yuqori bosim ostida (10^7 - 10^8 Pa), polimerlar suyuqlanganda, eritmalar oqayotganda va boshqa shu kabi holatlarda amalga oshadi.

Umuman olganda polimer kristallarning oddiy kristallografik parametrlari bir-biriga to`g`ri keladi. Monokristallning asosiy xarakteristikasi bu uning plastinkasini qalinligi bo`yicha makromolekulaning qatlangan qismini uzunligidir.

Sferolit va fibrillalar. Sferolit deb markazdan radial tarqaluvchi nurlardan tuzilgan sferik simmetrik ravishda tashkil topgan fazoviy tuzilishga aytiladi. Sferolitlar polimerlarning suyultirma va yuqori konsentratsiyali eritmalaridan kristallanishi tufayli hosil bo`ladi. Sferolitlar o`lchami nihoyatda keng masshtabda bo`lib, u bir necha mikrondan to millimetrlargacha, ayrim hollarda santimetrlargacha etadi. Kristallanishning bu turi polimerlar uchun nisbatan ko`proq xarakterlidir.

Sferolitlar ko`plab fibrillyar yoki plastinkasimon kristallardan tuzilgan bo`lib, ular radial yo`nalishda, bir biriga nisbatan ma`lum tartibda, umumiy markazdan boshlab o`sadi. Makromolekulalar sferolitlarning radiusiga nisbatan tik yoki 60° dan kam bo`lmagan burchak hosilqilgan holda joylashgan bo`ladi.

Sferolitlar deyarli barcha kristallanuvchi polimerlarga xos strukturadir. Ular plenklar, plastinka, tolalar, konstruksion polimer materiallar tarkibida uchraydi.

Radial simmetriyaning mavjudligi sferolitlarga anizotropik xossa beradi. Buni yupqa polimer plenklar polyarizatsion nurlar orqali kuzatilganda yaqqol ko`rish mumkin. Ularni optik-anizotropik shakliga qarab radial yoki halqasimon sferolitlarga ajratish mumkin. Optik anizotropiyasi maltiya krestiga o`xshagan namunalar radial sferolit va rang-barang halqalar mavjud bo`lsa halqa-simon sferolitlar deyiladi.

Odatda makromolekulalar kristall strukturasi ma`lum bir tartibda joylashadi. Orientirlangan makromolekulalar deyarli barcha tolalar asosini tashkil etadi va ular fibrillyar kristall tuzilishida bo`ladi. Ammo kristall strukturaning hosil bo`lishining sabablari, ayniqsa, tolalarda fibrillalararo qatlamlarni vujudga kelishi to`liqo`rganilmagan.

Fibrillalar - ko`ndalang o`lchami nisbatan cheklangan (nanometrlarda), bo`ylama uzunligi deyarli cheklanmagan va u bo`yicha makromolekulalar orientirlangan (parallel) joylashgan ustmolekulyar tuzilishdir.

Orientirlangan amorf-kristall polimerlar asosidagi fibrillalarning bo`ylama yo`nalish bo`yicha yuqori tartibga egakristall sohalar kam tartiblangan amorf sohalari bilan ketma-ket joylashgan bo`ladi. Ushbu sohalarning ko`ngdalang va bo`ylama o`lchamlari bir necha nanometrlardan to`nlab nanometrlargacha bo`ladi.

Amorf polimerlardan tuzilgan fibrillalarda, makromolekulalar orientirlangan bo`lsada, ularda uzoq tartibli bog`lanish bo`lmaydi, ya`ni amorflik xossasi saqlanadi. Kristallanuvchi polimerlar asosidagi fibrillalarda kristall sohalar makromolekulalarning yoki ularning elementar zvenolarining uch o`lchamli uzoq tartibli joylashishi bilan tavsiflanadi.

Ko`pgina tekshirish natijalari kristall sohalarning fibrillalar bo`ylama yo`nalishi bo`yicha o`lchami 10-50 nm gacha va ko`ngdalang yo`nalishi bo`yicha o`lchami esa fibrillaning hosil bo`lish sharoitiga bog`liq bo`lib, turli xil miqdorlarda bo`lishi mumkinligini ko`rsatgan. Fibrillalarda bitta makromolekula

bir nechta kristall va amorf sohalarda bo`ladi. Agar makromolekula yuqori egiluvchanlikka ega bo`lsa, u kristall sohada o`z ustiga o`zi qatlanishi va buning natijasida, uning kattagina qismi kristall sohalarda bo`lishi ham mumkin. Egiluvchanligi cheklanganda yoki qattiq zanjirli polimerlar fibrillalarida kristall sohada qatlanishlar deyarli yoki umuman bo`lmasligi mumkin.

Fibrillyar ustmolekulyar tuzilishda fibrillalar orasida ma`lum qatlamlar bo`ladi. Bu qatlamlar ham nisbatan kamroq bo`lsada kristall tuzilishga yoki to`liq amorf tuzilishga ega bo`lishi mumkin.

Hozirgi paytda kristallanuvchi polimerlar uchun ularning struktura elementlarini murakkablashib, o`lchamini oshib borishi bo`yicha ketma-ketlik qabul qilingan.

Kristallanuvchi polimerlar uchun strukturaelementlarini murakkablashib, o`lchamini oshib borishi bo`yicha ketma-ketligi

1.4.1-jadval.

Element	O`lchami, nm	
	past	yuqori
Makromolekula	0,2-0,5	10^2-10^4
Kristall yacheyka	0,3-0,5	2,5-3,0
Kristallit	2,0-10	10-50
Monokristall	10	10^2-10^3
Sferolit	10^4-10^6	-
Fibrilla	10-50	50-100

d) Kristallik darajasi. Kristall va amorf qismlar miqdorlarini taqqoslash orqali polimerning ustmolekulyar tuzilishida makromolekulalarning o`zaro tartibli joylashganligi baholanadi. Bunda miqdoriy xarakteristika sifatida polimer molekulalarning kristallik darajasi(C_{kp}) ishlatiladi. Kristallik darajasi umumiy holda quyidagicha ifodalanadi:

$$C_{kp} = x \cdot 100 = 100(C_x - C_a) / (C_k - C_a) \quad (1.4.8)$$

bu erda C_x - polimer materialning aniqlanadigan biror- bir xossasi ko'rsatgichi; C_a va C_k lar mos ravishda gipotetik (taxminiy) materialning to'liq amorf va to'liq kristallik ko'rsatgichi; x - kristall material ulushi.

C_x - polimer materialning zichligi, spektral chiziqlar va rentgenogramma reflekslarining jadalligi, shaffofligi, issiqlik va boshqa turli xil xossalarning ko'rsatgichi bo'lib, rentgen difraktsiyasi, IQ-spektroskopiya, termik taqlil, gaz xromotografiyasi, namuna zichligini aniqlash kabi ko'plab fizik va fizik-kimyoviy usullar yordamida aniqlanishi mumkin.

Umuman aytganda, polimerlarning kristallik darajasini uch guruqqa ajratish mumkin: hajmiy, massaviy, energetik.

Hajmiy, ya'ni geometrik kristallik darajasi o'lchami kristall qism egallagan ulush bo'lib, rentgen difraktsiyasi usuli bilan aniqlanadi. Bunday usul, odatda, fibrillyar tuzilishga ega bo'lgan namunalarni fibrillalar uzunligi bo'yicha tahlil qilishda keng qo'llaniladi. Fibrillyar ustmolekulyar tuzilishli, ya'ni orientirlangan makromolekulalar asosida hosil bo'lgan polimer tolalarning kristallik darajasi 40-75% oralig'qida bo'ladi.

Massaviy kristallik darajasi molekulyar guruhlarning o'zaro birikishini, bevosita ularning massa miqdoriga bog'lagan holda ifodalaydi. Bu ko'pchilik hollarda IQ-spektroskopiya usuli yordamida aniqlanadi.

Kristallanish jarayoni ma'lum miqdordagi energiyani ajralishi, asosan, issiqlikning chiqarilishi bilan amalga oshadi. Bunday hollarda termik-kimyoviy usullar bilan namunaning energetik kristallik darajasi aniqlanadi.

Kristallik darajasi, ko'pchilik orientirlangan makromolekulalar, jumladan, polimer tolalar uchun 40-75 % ni tashkil etadi (1.4.3-jadval). Ayrim polimerlar (polivinil xlorid, poliakrilonitril) uchun kristallik darajasi kichikroq, ammo yuqori zichlikka ega polietilen va polietilentereftalatlarda bu ko'rsatgich 95 % gacha etadi.

Tolalarning kristallik darajasi va zichligi

1.4.3-jadval.

Tola hosilqiluvchi polimer	Kristallanish darajasi, %	Struktura zichligi, g/sm ³		
		kristall	amorf	tola
Polietilen	80-90	1,00-1,02	0,83-0,85	0,95-0,96
Polipropilen	70-85	0,93-0,94	0,85	0,91-0,92
Polistirol	70-80	1,11-1,12	1,04-1,07	1,08-1,10
Polivinilxlorid	паст	1,44-1,52	1,39	1,39-1,40
Polivinildenxlorid	то 75	1,94-1,96	1,60-1,66	1,86-1,88
Politetraftoretlen	70-95	2,31-2,40	2,20	2,29-2,30
Poliakrilonitril	past	-	-	1,17-1,18
Polivinil spirt	65-75	1,35-1,36	1,27-1,29	1,30-1,32
Polikaproamid	50-70	1,21-1,23	1,10	1,14-1,15
Polienantoamid	то 65	1,21-1,24	-	1,10
Poliundekamid	то 65	1,19-1,23	1,01	1,04-1,07
Polietilentereftalat	60-65	1,46-1,47	1,33-1,34	1,38-1,39
Polioksimetilen	80-90	1,49-1,51	1,25	1,43
Tsellyuloza (tabiiy)	60-80	1,56-1,64	1,50	1,52-1,54
Gidrat sellyuloza	40-60	1,59-1,61	-	-
Triatsetat sellyuloza	15-20	-	-	1,32
Ipak fibroini	40-70	1,32-1,34	-	1,33
Jun keratini		1,30-1,32	-	1,33
Teri kollageni				
Grafit	-	2,27	-	1,60-2,10

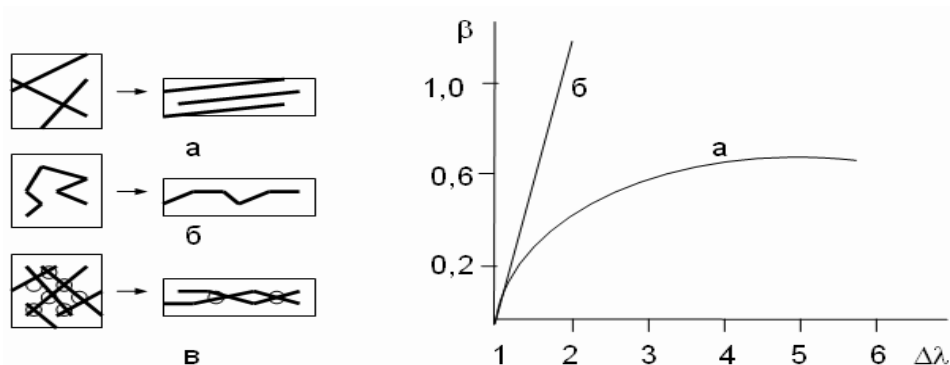
Kristallanish darajasining yuqori bo`lishi polimerning molekulyar tuzilishiga va orientatsion jiplashishiga, kristallizatsiya jarayonining termik-fluktatsion, termodinamik va kinetik xarakterlariga bog`liq bo`ladi. Ba`zi polimerlar uchun 1.4.3-jadvalda turli xil tolalarning kristallik darajasi va zichliklari miqdorlari keltirilgan. Bu ko`rsatgichlar o`rtacha miqdorlar bo`lib, ularni aniqlashda foydanilgan usullarning imkoniyatlari hisobga olingan.

II-BOB. IQ-SPEKTROSKOPIYA YORDAMIDA POLIMERLARNING STRUKTURAVIY VA FIZIK XOSSALARINI O`RGANISH

Polimerlarning amorf-kristall tuzilishi ularni turli xil fizik xossalarga ega bo`lishiga olib keladi. Ular asosan anizotropik mexanik, termik, elektrik, optik xossalar bo`lib, fizik modifikatsiyalar tufayli o`zgartiriladi.

2.1. Polimerlarning mexanik xossalari

Polimer materiallarda makromolekulalarning orientirlangan holda jiplashgan bo`lishi anizotropik mexanik xossalarni beradi. Bu xossalar asosan deformatsion va relaksatsion jarayonlarda namoyon bo`ladi va ularni ifodalovchi modellar chizmasi 2.1.1-chizmada keltirilgan.



2.1.1-chizma. Orientatsiya omili (β) ning nisbiy cho`zishda ($\Delta\lambda$) o`zgarishi: a-Germans-Kratki modeli; b-Kratki modeli; v-Kao-Syao modeli.

Nisbiy deformatsion cho`zish asosida polimer molekulalarining holati, ularni bo`ylama cho`zish orqali deformatsiyaga uchratgandagi o`zgarish qonuniyatini ifodalovchi grafiklar, ya`ni norelaksatsion xossalar bo`lib, uning ma`lum yo`nalishda tashqi kuchlar ta`sirida ma`lum strukturaviy xossalarga olib kelish imkoniyati bilan bo`liqdir. Namunalarning anizotropik xossasi $\Delta\varphi = \varphi_{nap} - \varphi_{nep}$ (bu erda φ_{nap} va φ_{nep} lar makroxossalar) formulaga muvofiq topiladi. Tajribada

kuzatishlar uchun yoruo`likning ikkilamchi sinish formulasi $\Delta n = n_{nap} + n_{nep}$ dan foydalanish mumkin.

Relaksatsion jarayonlar polimer materiallar uchun ham spektrning relaksatsiya vaqti bilan ifodalanadi. Relaksatsiya spektri shakli tizimning tarkibi va haroratiga boqliq bo`ladi. Agar relaksatsiya vaqti materialni deformatsion cho`zish vaqtidan ancha kichik bo`lsa, u holda asosan plastik deformatsiya ro`y beradi va yuqori darajali orientatsion samaralar yuz bermaydi. Agar relaksatsiya vaqti cho`zish vaqtidan sezilarli darajada katta bo`lsa, unda makromolekulalarni kichik darajadagi harakatchanligi tufayli orientatsiya holatiga o`tish mumkin bo`lmaydi.

Polimerlarning termik xossalari. Polimerning termik xossalari, ayniqsa, ularni termik qayta ishlash natijasida strukturaviy o`zgartirish va relaksatsion jarayonlarning amalga oshishini ta`minlash yoki boshqarish o`ta muhim bo`lib, materialning zaruriy xossalarga erishishida katta ahamiyat kasb etadi.

Termik ishlov berish shishalanish haroratidan ancha yuqori darajalarda, ya`ni makromolekular harakatlana oladigan sharoitlarda olib boriladi. Optimal termik ishlov berish kinetik qonuniyatlar asosida o`tkaziladi, ya`ni bir paytning o`zida harorat va tashqi kuchlanish ta`sirida relaksatsion omil sifatida kuzatiladi ($\tau = f(t, \sigma)$). Termik ishlovda relaksatsion jarayonning borishi eksponentsial qonuniyat bilan amalga oshadi va bir paytning o`zida ham deformatsion relaksatsiya, ham kuchlanish relaksatsiyalari namoyon bo`ladi.

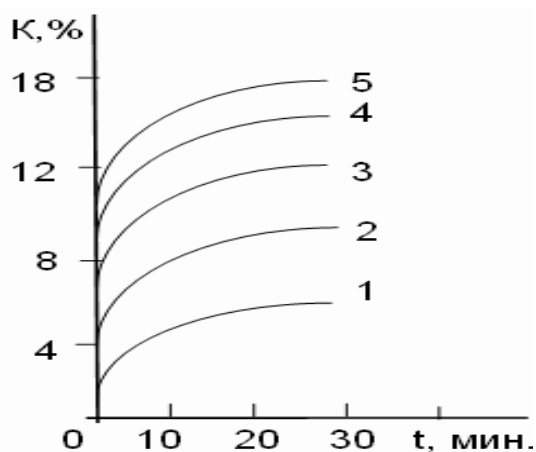
Termik ishlov polimer materialni erkin holat tutgan sharoitda o`tkazilsa, bu jarayon polimerning kirishuvchanligi bilan birga kechadi. 2.1.2-chizmada polietilentereftalat asosidagi materialning turli haroratlardagi kirishuvchanlik grafiklari berilgan.

Kirishuvchanlik, shubhasiz, energetik va entropiyaviy tashkil etuvchilarga ega bo`ladi va tola uchun relaksatsiya jarayoni erkin termik ishlov berishda quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\frac{\Delta l}{l} = C e^{-\frac{\Delta F_0}{RT}} = G e^{-\frac{\Delta E_0}{RT} - \frac{\Delta S}{R}} \quad (2.1.1)$$

bu erda ΔF_a -ozod energiyaning o`zgarishi (ozod faollanish energiyasi); ΔE_a va ΔS - energetik va entropiyaviy tashkil etuvchilar; C - tanlangan namunaga doir. doimiy miqdor.

Termik ishlov paytida materiallarda polimerning orientatsion tartibning o`zgarishi har xil bo`lishi mumkin.



2.1.2-расм. Polietilentereftalatning har xil haroratlardagi kirishuvchanligi(K) ning kinetikasi:

1 - 100 °C; 2 - 120 °C; 3 - 140 °C;
4 - 160 °C; 5 - 180 °C.

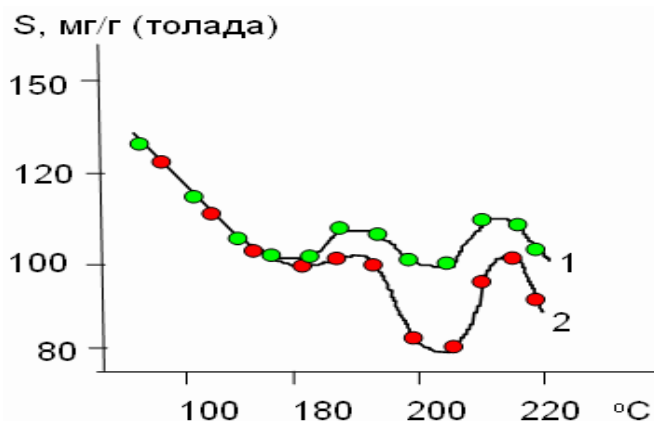
Bu asosan amal qilingan termik ishlov sharoitiga va namunaning kirishuvchanligiga boqliq bo`ladi. Polimer materialga termik ishlov berilsa, amorf va kristall qismlarida deorientatsiya ro`y berishi kuzatiladi. Ayniqsa, bu suyuqlanish harorati atrofida jadal amalga oshadi. Ayrim, kuchsiz kristallanuvchan polimerlar bo`lganda esa, ularning kristallik darajasi oshadi.

Termik ishlov natijasida polimerlarning ustmolekulyar tuzilishi o`zgarishi, odatda, makromolekulalarning yanada zichroq joylashishi bilan tavsiflanadi. Bu o`z navbatida materialning diffuzion tabiatini, bo`kishi va sorbtsion xossalarini pasaytiradi. 2.1.3-chizmada polivinil spirt materialini sorbtsion xossalarini ifodalovchi grafik berilgan.

Ayrim pollarda, masalan, poliamid va poliefir materiallarda sorbtsiyaning kinetikasi monoton ravishda boq`langan bo`ladi. Bu albatta, relaksatsion va kristallanish jarayonining mukammal ekanligini ko`rsatadi.

Polimerlarning elektrik xossalari. Polimerlar, ayniqsa, ular asosidagi ayrim sintetik materiallar ancha sezilarli darajada elektr xossasini namoyon qiladi.

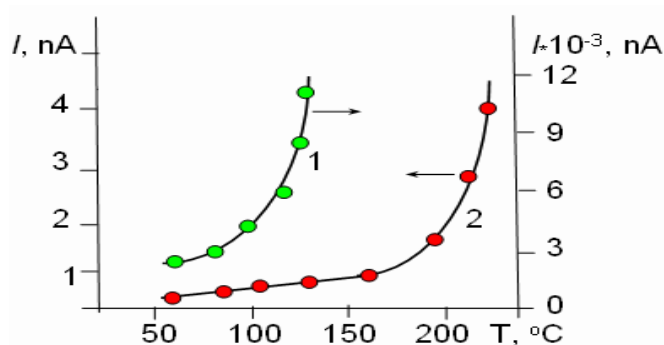
Odatda, bu hodisa polimer tolalarda “elektrlanish” deb yuritiladi va uni salbiy samara sifatida yo`qotish uchun antistatik moddalar ishlatiladi. Bu moddalar



2.1.3-chizma. Termik ishlov berilgan polivinilspirtning yod bilan bog`lanishidagi sorbtsiyasi: 1- material erkin holda bo`lganda; 2- material tutib turilgan holatda.

materiallar sirtida hosil bo`ladigan zaryadlarni kompensatsiyalaydilar. Bu elektrlanish jarayoni materiallarni o`zaro yoki biror ularga o`xshash jismlar bilan ishqalanganda vujudga keladi. Bunday samara jun keratinini qahrabo yoki oddiy polimerlar asosidagi taroqlar bilan ishqalaganda ham kuzatiladi. Bu polimer materialning xususiy elektr xossasi hisoblanadi va aynan, o`sha polimerning molekulyar va ustmolekulyar tuzilishlariga, materialdagi holatiga, ham deformatsion ishqalanish jarayonlariga boqliq bo`ladi.

Amaliy jihatdan polimerlarning elektr xossalarini aniqlash va yuzaga chiqarish muhimdir. Bunday xossalarni kuzatishda polimer materiallar, ayrim hollarda, maxsus moddalar bilan to`yintiriladi. Masalan, paxta sellyulozasining elektr tabiati, ya`ni elektr o`tkazuvchanligi bunga misol bo`la oladi. 2.1.4-chizmada Paxta tolasi elektr o`tkazuvchanligining temperaturaga va yod bilan to`yintirishga qanchalik boqliqligini ifodalovchi grafiklar keltirilgan.



2.1.4-rasm. Paxta tolasi namunalariining elektr o`tkazuvchanligini haroratga boqliqligi: 1 - yod bilan

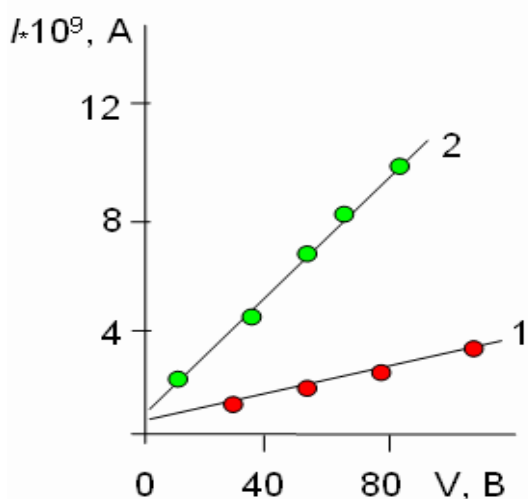
legirlangan; 2 -legirlanmagan

Ushbu grafiklar havoning namligi 20-80% oraliqida o`tkazilgan tajribalar natijasidir. Olingan ma`lumotlar asosida quyidagi bog`lanish formulasi tavsiya etilgan:

$$LgR = A - 0,085 \quad (2.1.2)$$

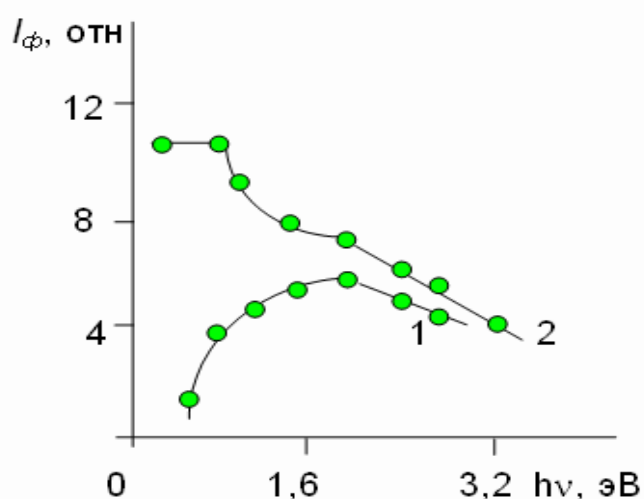
bu erda R -tolaning qarshiligi; A - tizim doimiysi, miqdori 11,4 ga teng.

Ushbu namunaning fotoelektrik xossalari, uning volt-amper xarakteristikasini qorong`i va maxsus yoritilgan muhitda o`lchash, hamda UB-nurlanish ta`siri orqali baqolangan. 2.1.5- va 2.1.6-chizmalarda tolaning fotoelektrik xossasini ifodalovchi grafiklar berilgan.



2.1.5-chizma. Yod bilan legirlangan paxta tolasining volt-amper xarakteristikalari ($T = 300K$):
1-qorong`ilikda;
2-oq nur bilan yoritilganda.

Yod bilan legirlangan paxta tolarining elektr va foto o`tkazuvchanligi oshganligi grafiklardan ko`rinib turibdi. Bu paxta tolasining o`ziga xos xususiyati bo`lib, uni fizik modifikatsiyalash yo`li bilan yangi xossalarga ega bo`lishiga erishilgan.



2.1.6- chizma. Yod bilan legirlangan paxta tolarining foto o`tkazuvchanlik spektrlari ($T = 300 K$): 1-qorong`ilikda;
2-UB-nurlanishda.

2.2. Polimerlarning optik xossalari

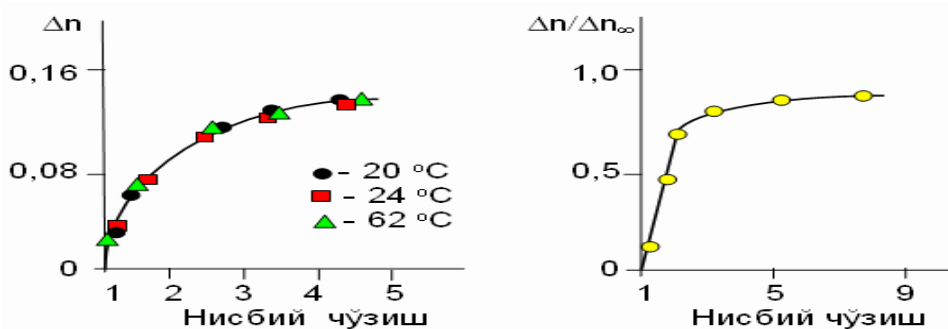
Polimer materiallar, makromolekullarning orientatsion tartiblanishi tufayli, o`ziga xos optik anizotropik xossalarga ega bo`ladi. Shuning uchun ham optik anizotropiya bevosita materialning strukturasi haqida ma`lumot beradi. Optik anizotropiya tajribaviy ravishda polyarimetrlar, ya`ni polyarizatsion mikroskoplar yordamida kuzatiladi va yoruqlikning ikkilamchi sinishi miqdori (n) sifatida o`lchanadi:

$$\Delta n = \frac{\lambda \Delta \varphi}{180d} \quad (2.2.1)$$

bu erda λ -monoxromatik nurning uzunligi; $\Delta \varphi$ -polyarizatsion nurlar, ya`ni oddiy va qayri oddiy nurlar o`rtasidagi farq; d -materialning qalinligi.

Ushbu (Δn) parametrni yorug`likni ikkilamchi sinishini chegaraviy maksimal miqdori (Δn_{∞}) ga nisbati orientatsiya omili (β) beradi, ya`ni $\beta^2 \approx \Delta n / \Delta n_{\infty}$. Bir qator polimerlar uchun Δn_{∞} ning miqdori aniqlangandir va bu uning ustmolekulyar tuzilishini nazorat qilishga imkon beradi.

2.2.1 chizmada polietilentereftalat uchun Δn ning haroratga bog`liq o`zgarishi va orientatsiya omili ($\Delta n / \Delta n_{\infty}$) grafiklari keltirilgan.



2.2.1 chizma. Polietilentereftalat material uchun yorug`likning ikkilamchi sinish miqdori (Δn) va orientatsiya omili ($\Delta n / \Delta n_{\infty}$) ning nisbiy cho`zish miqdoriga nisbatan o`zgarishi.

Polimerlarni optik anizotropiyasi, ya`ni optik faolligi ular tarkibidagi makromolekulalarning amorf-kristall tuzilishi va konformatsion holatlari haqida ham informatsiya bera oladi. Masalan, infraqizil aylanma dixroizm uslubi

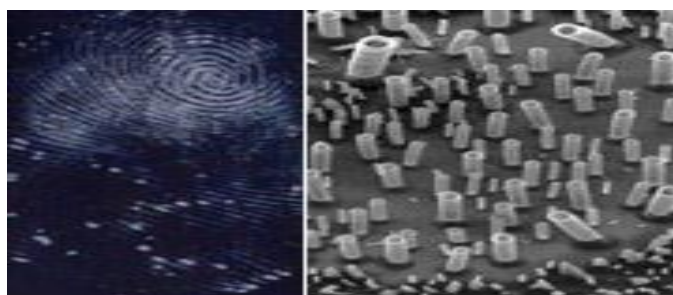
yordamida oqsil moddalardagi α -spiral yoki β -formadagi konformatsiyalar haqida ma'lumot olinadi.

Shuningdek IQ-spektroskopiya va elektron mikroskopiyalar ham polimer materiallarni optik xossalarni aniqlashda muhimdir. Polimerlar spektral nurlarni bevosita yutadi va bu ma'lum to'lqin uzunliklariga mos keladigan polosa chiziqlarni beradiki, bu materialning tuzilishi va molekulyar shakllanishini tahlil qilishga imkon beradi.

Nanotolalar diametri o'lchami nanometrlarda va uzunligi esa diametriga nisbatan bir necha tartibga katta bo'lgan tolalardir. Bunday tolalarni mavjudligi elektron va ultramikroskoplar yordamida aniqlanadi. Nanotolalar tabiiy va sintetik polimerlar, oligomerlar, metallar, turli aralashma va birikmalar asosida olinishi mumkin.

Nanotolalarning olinishi sanoatda ishlab chiqarilayotgan mikrotolalardan farqqiladi, ya'ni olinadigan tolaning diametri nanoo'lchamlarda bo'lishi talab etiladi. Shu bois maxsus tola hosil qilish jihozlari, jumladan, filerlar va hosil qilish rejimi tanlab olinadi. Hozirda nanotolalarning bir nechta turlari mavjud bo'lib, shartli ravishda ikki guruhga ajratish mumkin: kimyoviy va fizikaviy.

Kimyoviy usul – bu kimyoviy sintez natijasida nanotolalar hosil bo'lishi bo'lib, unga misol sifatida Pensilvani unisersiteti(AQSH)tadqiqotchisi Pratik Mankidi tajribasini keltirish mumkin. Bugungi kunda noyob kashfiyot deb qaralayotgan ushbu usul superelimning sirdan nanotolalar unib chiqishiga asoslangandir (2.2.1 – chizma). a b



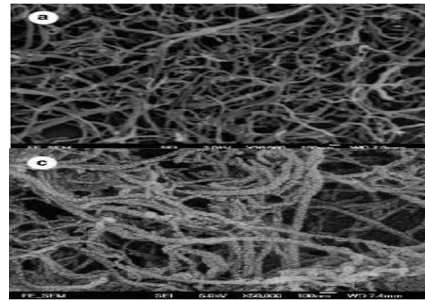
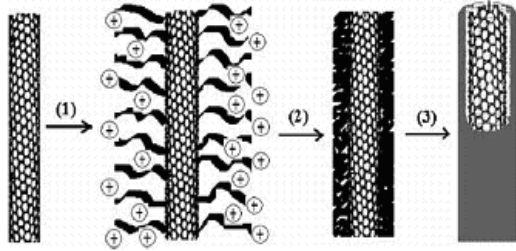
2.2.1 – chizma. Elim sirtidagi barmoq izlari mikrofotografiyasi (a) va undan unib chiqqan nanotolalalar.

Bunda nanotolalarni sintez bo`lishiga sabab sianoakrilat asosidagi elim sirtida barmoq izlarini qoldirilishi (a), aniqrog`i barmoq izlari orasida qoldirilgan tuzlar ta`sirida polimerlanish jarayonini amalga oshirishdir. Muhimi, polimerlanish natijasida silindrik ko`rinishga ega bo`lgan nanoo`lchamli tolalar (b) hosil bo`lishidir.

Shuningdek, polimernanotolalar olishning yana bir kimyoviy texnologiyasi Koreyaning Hyosung kompaniyasi tomonidan amalga oshirilgan. Bu antibakterial ip deb yuritiladigan nanotolalar bo`lib, tarkibida kumush bo`lgan poliamid asosida olinadi va Mipan Nano-Magic Silver nomi bilan ishlab chiqariladi.

Bu kabi murakkab tarkibli antibakterial nanotolalar polimer-polimer aralashmalari asosida ishlab chiqarilayapti. Masalan, xitozanni turli tabiiy va sintetik tolalar aralashmalari asosida Crabyon rusumli nanotolalari Pozzi Electa kompaniyasi va Maytech Chitosante rusumli nanotolalari BeBe Cotton KnittingCo Ltd kompaniyasi tomonidan ishlab chiqarishi yo`lga qo`yilgan.

Xitozan biopolimeri hozirda ko`p qatlamli uglerodli nanonaychalar ishlab chiqarishda ham keng qo`llanilayapti. Bu usul xitoyning Hong Kong Polytechnic University va Shanghai Institute of Materia Medica ilmiy markazlari olimlari tomonidan ishlab chiqilgan bo`lib, uglerodli nanonaychalar sirtiga xitozanni nokovalent tarzda modifikatsiyalashga asoslangandir (2.2.2, a, b- chizma). Buni amalga oshirish uchun dastlab birinchi bosqichda nanonaycha sirtiga xitozan sirka kislotasidagi eritmasi (pH \approx 2) bilan dispergiranadi. Natijada xitozan molekulalari nanonaycha sirtida adsorbtsiyalanadi va polimer kation sirt-faol modda vujudga keladi. So`ng, ya`ni ikkinchi bosqichda suyultirilgan ammiak eritmasi bilan xitozan ionsizlashtiriladi va suvli muqitda erimaydigan shaklga o`tadi. Keyingi uchinchi bosqichda namuna 60 °Cgacha qizdiriladi va glutaraldegid ta`sirida xitozanda ko`ndalang boqlar hosilqilingan holda tikiladi hamda nanonaycha sirti polimer bilan qoplanadi.



2.2.2, a – chizma. Ko`p qatlamli nanonaychani xitozan bilan qoplash chizmasi: 1 bosqich; 2- bosqich; 3-bosqich.

2.2.2, b – chizma. Ko`p qatlamli nanonaycha dastlabki (a) va xitozan bilan qoplangan keyingi (s) sirtlarini SEM tasvirlari.

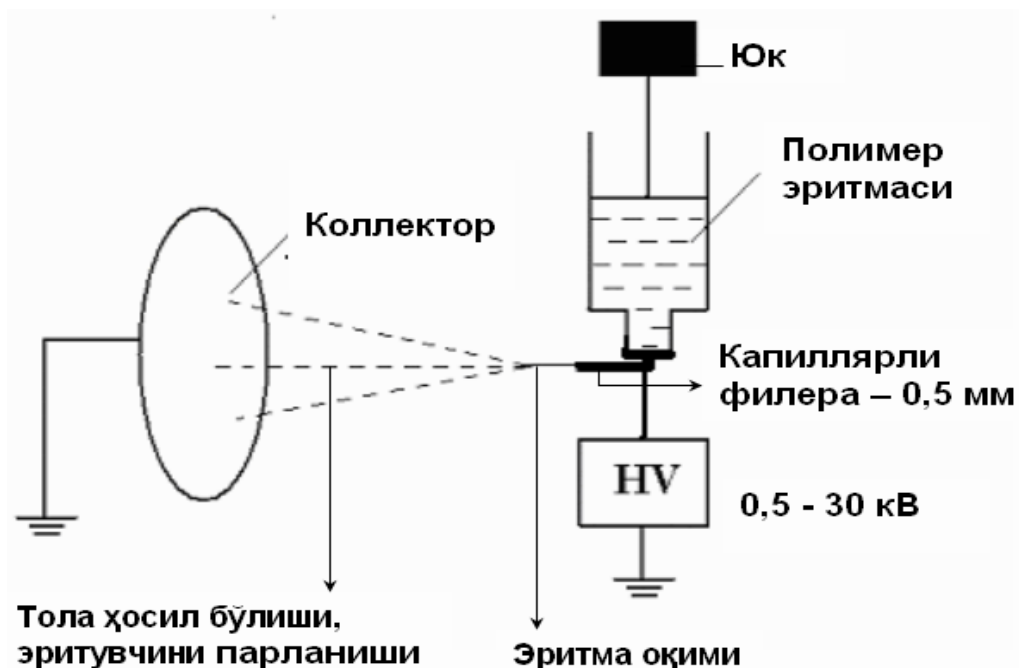
Nanotolarni olishning fizik usullari – polimerlarda fizik o`zgarishlarni amalga oshirish va fizik ta`sirlar ostida materiall nishakllantirishga asoslangan. Bunday yo`llar bilan Arkanzas universiteti (AQSH) olimlari polimer nanotolalar va ulardan qoqoz olish usullarni ishlabchiqdilar. Bu nanostrukturali material noyob fizik xossalarga ega bo`lib, uni buklash, kesish, pachoqlash hamda undan turli xil jiyoqlar yasash mumkin.

Yana bir fizik usul gidrotermal qizdirishga asoslangan bo`lib, prof. RayanaTyanyaraqbarligidadioksititanasosidapolimerlinanotolaolinganvaundanyassi membrana, tarelka, probirkakabijiyoqlaryasashgan.

Yuqoriantibakterialxossagaegabo`lgan, tarkibidagi kumus hhisobiga teriinfektsiyalari va zamburuq kasalliklarini 99,9 % samarada davolayoladigan hamda ionaylanishi va metabolizmni yaxshilaydigan tolasintetik polimerpoliamid va kumush ionlari asosida ishlabchiqarilgan. Bu ip-tolaning muhim fizik xossasi infraqizilnurlanish chiqarishidir. Shuningdek, kumush poliamidda mustahkam o`rmashgan holda bo`lib, uip-tolamaterialni yuvganda chiqib ketmaydi. Shu tufayli ushbu ip-tolani ichki kiyimlar, paypoq va trikotaj materiallari tayyorlashda qo`llanishi muhim ahamiyat kasbetadi.

Nanotolalar olishda eng zamonaviy usullardan biri elektrospining bo`lib, bu usulning asosi aslida 1934 yilda tavsiyaetilgan: elektrmaydoniga maxsus tarkibda eritilgan polimer oqimi joylashtiriladi. Erituvchi bug`lanishi bilan aloqida olingan

polimer molekulari bir-biriga birikadi va uzunligi 10 – 30 sm gacha boʻlgan mikro tolalar hosil qiladi. Ammo bu holda tolalar bir-biriga chigalashib ketgan va nobar qaror tuzilishga ega boʻlgan holda hosil qilinadi. Bu kamchilikni bartaraf etib, nano oʻlchamli tola olishni 1990 yillarga kelib Berklilik AqSh olimlari amalga oshirishgan. Buning uchun odatiy elektrospinning usuli oʻrniga yaqin maydonli (near-field electrospinning process) elektrospinning usuli qoʻllanilgan (2.2.3-chizma).



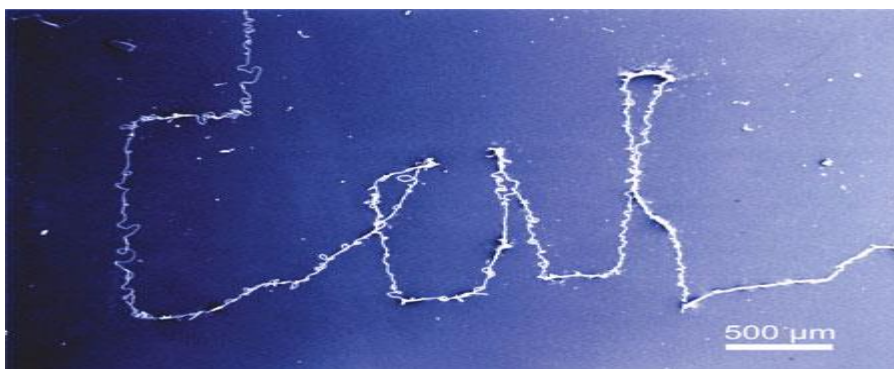
2.2.3-chizma. Polimer eritmalaridan nanotolalar olishning elektrospinning qurilmasini printsiptial chizmasi.

Bunday elektrospinning usuli uch qismdan iborat. Birinchi qismda, polimer eritmani maxsus shpritsdan diametri 0,5 mm atrofida boʻlgan kapillyardan oʻrtacha 1 ml/shajmiy sarflanish miqdoridagi tezlik bilan siqib chiqarish orqali tola hosil qiluvchi oqimni vujudga keltiradi. Ikkinchi qismda, kapillyardan chiqayotgan tola hosil qiluvchi oqimga yuqori kuchlanishli anod toki beriladi (miqdori 0,5 – 30 kilovolt va undan boshqa diapazonda ham boʻlishi mumkin) va oqim sochib yuboriladi. Uchinchi qismda esa katod – kollektor sochilgan oqimni oʻziga tortadi va buning natijasida fazaviy ajralish roʻy beradi, yaʼni tola boʻlib shakllangan oqim

katodga boradi va erituvchi esa buqlanib ketadi. Katodda hosil boʻlgan nanotolalar yiqiladi.

Bunday yoʻl bilan, hozirgacha 100 dan ortiq turli xil tabiiy va sintetik polimerlar asosida diametri nano- va mikrooʻlchamlarda boʻlgan tolalar olingan. Ammo hanuz tolaning tekis bir diametrli boʻlishini taʼminlash muammosi mavjuddir.

Masalan doktor Li va uning hamkasblari yaqin maydonli elektrospinning yordamida diametri 50 – 500 nm intervalida boʻlgan nanotolalar olishgan (2.6.2- chizma). Bunda tola



2.2.4- chizma. Yaqin maydonli elektrospinning usulida olingan polimer tolaning elektron mikroskopik tasviri.

kollektori va polimer emitteri oʻrtasidagi masofani 10 – 30 sm intervaldan 1 - 3 mm intervalgacha qisqartirilgan. Natijada tolalar hosil boʻlishida kuzatiladigan tolalarni chigallashib qolishidan xolos boʻlishga erishilgan. Shuningdek, odatiy elektrospinning usulida qoʻllanadigan 30 ming volt (kV) kuchlanishni yaqin maydonli elektrospinning usuliga oʻtish orqali 500 volt kuchlanishgacha kamaytirishga ham erishilgan.

Nanotolalar zamonaviy oʻta mustahkam materiallar oʻrnini egallashi mumkin. Masalan, uglerodli nanonaychalar asosida yaratilgan materiallar oʻta mustahkam tolalar hisoblanadi. Ularning mustahkamligi zamonaviy materiallar mustahkamligidan 500 % dan ortiqdir. Bunday tolalar samolyot, avtomobil, sunʼiy yoʻldoshlar, sport jiqozlari va boshqa mustahkamlik talab etiladigan materiallar ishlab chiqarishda qoʻllanishi mumkin. Shubqasiz, polimer xom-ashyolar

asosidagi nanoolchamli tolalar turli xil zamonaviy va kelajak texnologiyalari, jumladan, elektronika, biotibbiyot va boshqa tarmoqlar uchun, masalan, sirtini o'zi tozalovchi shaffof materiallar va jihozlar tayyorlashda o'ta muhim ekanligini ko'rsatdi. Prof. Artur Dj.Epshteyn (Ogayo,AQSH) nanotolalarni ko'pgina sirtlarga joylashtirish mumkinligi ta'kidlab, bunday nanotolali sirtida yoqlarni tortib olish va siqib chiqarish qobiliyati mavjudligini ko'rsatib bergan. Shuningdek, nanotolalar orqali materiallarga elektr o'tkazuvchanlik qobiliyatini berish mumkinligi hamqayd etilgan. Yana bir hol, agar nanotolalar bilan shishalar qoplansa, ular suvni siqib chiqarishi bois o'zoq muddat o'zining tozaligini saqlab qolishi mumkin.

Nanotolalar asosida DNK ni boshqa molekulalar bilan ta'sirlashishini o'rganish uchun platformalar yasash va DNK vositasida yangi nanostrukturalar tuzish mumkin. Shuningdek, nanotolalar yordamida mikrosuyuqlikli tizimlarda suv oqimini nazorat qilish bo'yicha asosli natijalar olingan.

Suvda qisman va to'liq parchalanadigan polimer nanotalar oziq-ovqat sanoatida keng qo'llanilmoqda. Bunday tolalar organizmni turli toksinlar va zararli moddalardan tozalashda samarali bo'lib, modda almashishida yaxshilaydi.

Polimer nanotolalar sun'iy muskul to'qimalari asosi bo'lishi mumkin. Amerikaning Rensseler politexnika instituti (Rensselaer Polytechnic Institute) olimlari uglerodli nanonaychalar asosida sun'iy polimerli to'qimalarni qo'llashni tavsiya etishgan. Viktor Pashpara rahbarligidagi tadqiqotchilar asosini to'liqlikchiga polimerli nanotolali sun'iy to'qimalar tashkil etgan materiallarni mexanik xossalarni o'rganib, ularni Amaliy jihatdan qo'llanishi mumkinligini isbotlab berishgan.

Tarkibida metall ionlari bo'lgan polimerli nanostrukturali materiallar kimyoviy elektr toki manbai bo'lishi mumkin. Rossiya Fanlar akademiyasi A.N. Frumkin nomidagi fizikaviy kimyo va elektrokimyo instituti nanostrukturali tok manbalari hosil qilish borasida tadqiqotlar olib borilib, tarkibida litiy ioni bo'lgan polimer tizimlar asosida nanostrukturali material olingan va bu materialni kimyoviy elektr manbai sifatida qo'llanishi mumkinligi ko'rsatib berilgan.

Nanoo`tkazuvchan optik tola yaratishdek jiddiy fizik kashfiyot Garvard(AQSH), Zqijiang (Xitoy) va Toqoki (Yaponiya) universiteti olimlari tomonidan amalga oshirilgan. Ular diametri 50 nm bo`lgan tolani diametri bir necha mm bo`lgan kvarts sterjendan issiqlik ostida cho`zish orqali tayyorlashgan. Bunday tolani diametri yoruqlik to`lqin uzunligidan kichik bo`lib, unga to`lqin uzunligi 150-600 nm yoruqlik nuri yuborilganda, yoruqlik nanotolani ichidan emas, balki atrofi bo`ylab tarqalashi aniqlandi. Tarqalayotgan yoruqlik, ya`ni elektromagnit to`lqinning yo`nalishini esa boshqa nanotolani tegizish orqali o`zgartirilishi mumkin. Bunday xususiyat elektronika va optik texnika katta qiziqish o`yqotadi.

Eng yupqa nanotolani Gongkong universiteti olimlari yaratishga muvofiq bo`lishdi. Uning diametri 1 nm bo`lib, bunday tola ultrabinafsha soqada ishlaydigan diodlar, hamda tranzistorlar va lazerlarda qo`llanishi mumkin.

2.3. IQ spektroskopiyasi polimerlarning strukturaviy va fizik xossalarini o`rganish

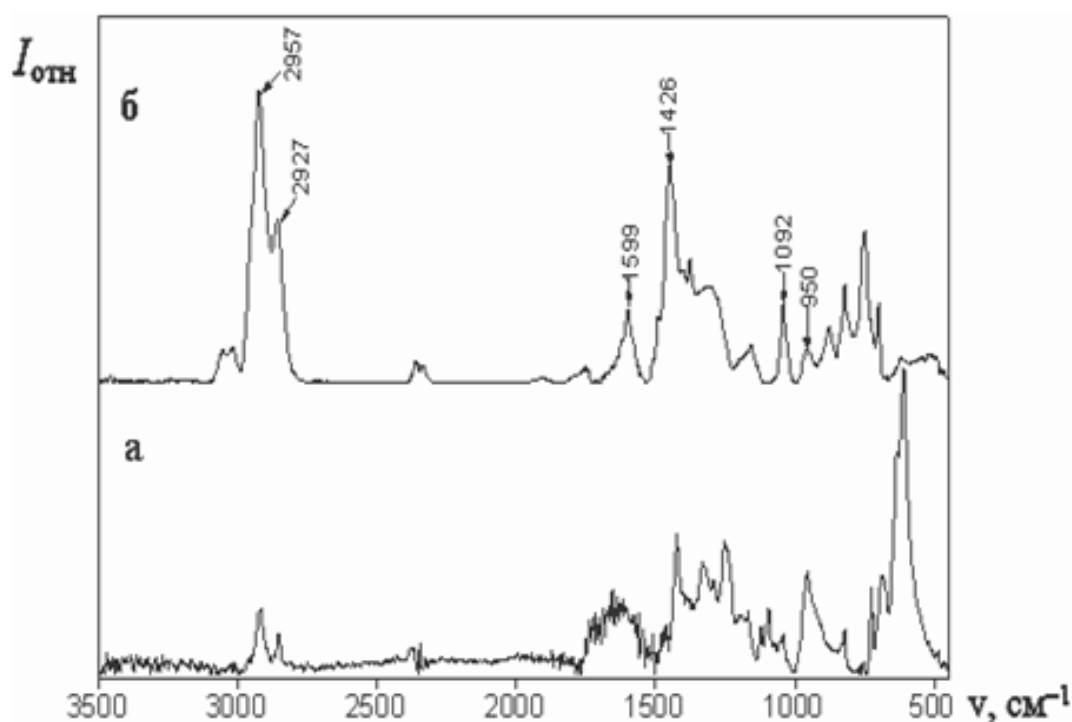
Zaharli gazlarni borligini aniqlashda juda nozik miniatyura sensorlarini yaratish uchun organik moddalarga asoslangan organik yupqa plenklar sistemalari kimyoviy sensorlarning yuqori sezgir qatlamlari materiallari sifatida ishlatilishi mumkin. Keng polifunksiyonal xususiyatlarb ularni elektron sxemalarning komponentlarini himoya qilish, elektromagnit nurlanishni yutish, elektrostatik zaryadlarni kamaytirish, rangli displeylarni va sensor qurilmalrni yaratish ulardan foydalanish imkonini beradi.

Yupqa o`tkazuvchi polimer qoplamalarini olish bir qator qiyinchiliklar bilan bog`liq. Bu, avvalambor, ularning past kimyoviy qattiqligi, past mexanik xususiyatlari bilan bog`liq. Bunda shuniqayd qilish lozimki ta`sir qiluvchi polimerlarning aksariyati poroshoklar ko`rinishida sintezlanadi. O`tkazuvchi polimerlarning fizik-mexanik, himoya xususiyatlarini, changlarini va tolalarini yaxshilash uchun inert polimer matritsa kiritiladi. Yana bir qiyinchilik yuqori

elektrofizik xususiyatlarga erishish uchun o'tkazuvchi polimer fazasining strukturaviy tartibini takomillashtirish zarurati hisoblanadi.

Shu munosabat bilan, umid beruvchi usul - dastlabki materiallarning elektron-nur dispersiyasi bilan hosil qilingan faol gaz fazasidan hosil qilingan qoplamalar usuli. Usul sozlanishi molekulyar strukturaga ega bo'lgan yupqa polimer tizimlarini yaratishda murakkab kompozitsion polimer plyonkalarini va ushbu dizaynni biriktirishga imkon beradi. Yupqa plyonkaqoplamalarining emirilish qobiliyati gaz fazasidan hosil bo'lgan polimerlarning tuzilishi bilan belgilanadi, bu esa o'z navbatida ularni shakllantirishning texnologik usullariga bog'liqdir..

Biz ushbu ishda polikoneyhuglangan polimer - emeraldin (PANI) bazasini va turli turdagi molekulyar qo'shimchalarni kiritish bo'yicha kompozitsiyon elektr o'tkazuvchanligini o'zgartirish mexanizmlarini o'rganib chiqqan. Quyida sintez jarayonining xususiyatlari va polietilenli polivinil xlorid (PVX),



Chizma. 1 PVX polimerining IQ spektrlari kukun 1 va qoplama 2 ko'rinishida ko'rsatilgan.

polietetrafloroetilen (PTFE) va AlCl_3 ning to'ldiruvchi agentlari bo'lgan polianilin (PANI) asosida tayyorlangan turli kompozitsiyalarning nanokompozit polimer-polimer qoplamalarining tarkibi keltirilgan. Xlorli polyanilin aralashmalari bilan funksional to'ldiruvchisamaradorligi qoplamalarning cho'kindi bosqichida ularning xususiyatlarini o'zgartirish uchun baholandi.

PVX kukunining IQ spektrida (1-yegri chiziq, 1-chizma) CH_3 dagi C - H molekulyar guruhlarining valent tebranishlariga mos keladigan 2957 va 2927 cm^{-1} xarakterli absorpsiyon polosalari ko'rinib turibdi, va 1426 va 950 cm^{-1} lar yesa - CH_2 - guruhining deformatsion va mayatnikli tebranishlarga mos keladi 1092 cm^{-1} ga yaqinnidagi yutilish polosasini C - C guruhlarining valent tebranishlari bilan bog'lash mumkin.

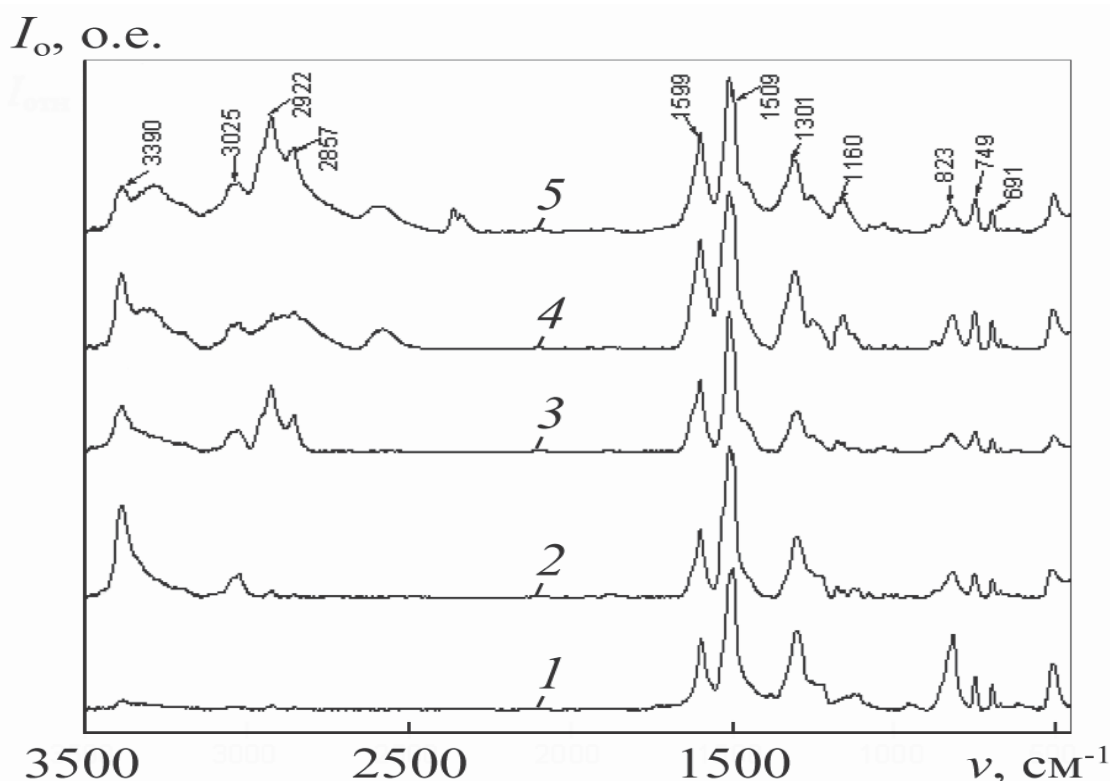
Electron nurlanish natijasida hosil bo'lgan PVX dispersiyalovchi kukunining IQ spektri (2 - egri shiziq, 1-chizma) PVX kukunining dastlabki IQ spektridan sezilarli darajada farq qiladi. 1599 cm^{-1} yutilish polosasi PVX ning asosiy molekulyar zanjiridagi C = C guruhlarining tebranishlariga mos keladi. PVX plenka qoplamasining C-C guruhlarining $600 \dots 700 \text{ cm}^{-1}$ IQ spektrida valent tebranishlar sohasida deyarli hech qanday yutilish yo'q.

Ushbu natija dastlabki PVX kukunining elektron nurlanish dispersiyasini va keyinchalik uchuvchi mahsulotlarni biriktirish jarayonida dexloring gazli o'zgarishlar jarayonidan plenka qoplamasini va molekulyar strukturaning shakllanishini tasdiqlaydi.

Elektron nurlanish ta'sirida elektromagnit nurlanish dispersiyasining dastlabki davrida polimerning oqrangi qorarangga aylanadi. Shu bilan birga, vakuum xonasida bosimning keskin ortishi, kvarts o'lchaganini ko'rsatsa, qoplama qalinligini qayd etadigan darajada sezilarli o'zgarishsiz saqlanadi.

Kuzatilgan jarayonlar, asosan, C - Cl bog'ining vayron etilishiga sabab bo'lgan PVX makromolekulyarlarini jadal ravishda yo'q qilish natijasida yuzaga kelishi mumkin. Bu xlor va uglevodorod fragmentlari va xlor ishtirokida reaksiyalarni keltirib chiqaradi. Maqsadning butun yuzasi qora bo'lib ketgach,

uning ayrim bo'laklari eriy boshlaydi. Tashqi ko'rinishi eritma qoplarning cho'kishi vaqtiga to'g'ri keladi



Chizma. 2 PVX polimerining IQ spektrlari kukun 1; 2 – PANI; 3 – PVX-PANI; 4 – AlCl_3 -PANI; 5 – (PVX, AlCl_3)-PANI

Shunday qilib, PVX kukunining elektron-nurdi cpersiyasi holatida, qoplama eritilgan holatda polimerning radiatsiya modifikatsiyalangan dastlabki kukunining sinishi qismlarini hosil qiladi.

Emeraldinli asos yordamida hosil qilingan kompozit qoplamalarning IQ spektrlari sek. 2. Birinchi emerald bazasi kukunining IQ spektri (1-yegri chiziq, 2-chizma) qoplamaning IQ spektriga o'xshaydi (2-yegri chiziq, 2-chizma). Biz N-H guruhlarining tebranishining 3390 cm^{-1} bo'lgan qismini kuchaytiramiz, bu ikkinchi darajali amin-NH-guruhlarining qoplama tarkibida mavjudligini ko'rsatadi. C-H aromatik guruhlarining valentlik tebranishining 3025 cm^{-1} gacha bo'lgan assimilyatsiya zichligi va kvinoididimin va fenilendiamin parchalari xarakterli bo'lgan 1600 va 1510 cm^{-1} hududida emilim zonasi mavjud. 1301 cm^{-1} gacha

bo'lgan assimilyatsiya pikleri, C - N guruhleri germeli tebranishiga va 900 - 650 cm^{-1} - fenilendiamin birliklarida C - H guruhleri germe tebranishiga mos keladi.

PANI polimerining o'tkazuvchanlikdagi o'zgarishi uning molekulyar tuzilishiga elektronlar va protonlarni kiritish bilan bog'liqligi ma'lum. Shuning uchun [15] da bu ko'rsatiladi 1160 cm^{-1} gacha bo'lgan assimilyatsiya zichligi guruh tebranishidan mas'ul. $-\text{NH}^+ =$, bu PANI molekulyar zanjirining protonlash natijasida paydo bo'ladi, bu elektronlarni delokalizatsiya qilish darajasini va uning elektr o'tkazuvchanlik xususiyatini ko'rsatadi.

PANI va PVX asosidagi kompozit qoplamalarning asosiy IQ spektrlarida har ikkala polimer uchun xarakterli salinim piklari kuzatiladi (3-yegri chiziq, 2-chizma), 1160 cm^{-1} tepalik esa uning zichligi juda kam. Shundan kelib chiqqan holda, parchalanish paytida hosil bo'lgan PVX mahsuloti (masalan, HCl) PANI protonlantira olmaydi degan xulosaga kelish mumkin. Kompozit AlCl_3 -PANI qatlamlarining IQ spektrida qayd etilgan 1160 cm^{-1} gacha bo'lgan absorbsiya darajasi (4-yegri chiziq, 2-chizma) AlCl_3 ning kuchli to'ldiruvchi ta'sirining PANI kvinoididimin tuzilmalari bilan namoyon bo'lishini ko'rsatadi. $2300 \dots 2900 \text{ cm}^{-1}$ hududida cho'qqining paydo bo'lishi omin turevlerinin shakllanishiga olib keladi.

Ta'kidlash kerakki, kompozitsion kompozitsion (PVC, AlCl_3) -PANI spektrida kuzatilgan 2922 va 2857 cm^{-1} gacha bo'lgan kuchli assimilyatsiya bantlari AlCl_3 ni kompozitsiyaga kiritilishi natijasida PVX dekompozitsiya jarayonining zichligi oshishi mumkin.

XOTIMA

1. Polimerlar, ya`ni tabiiy yoki sintetik ravishda atom va molekulalarning mukammal tarzda birikishi natijasida hosil bo`ladigan yuqori molekulyar birikmalar va ular asosidagi materiallar nafaqat bizda, balki dunyoning yetakchi mamlakatlarida katta miqdorlarda ishlab chiqariladi. Polimerlar o`zining molekulyar tuzilishi va fizik hossalari bo`yicha boshqa mavjud materiallardan keskin farq qiladi, ularga nisbatan bir qator afzalliklarga ega bo`lib, turmush ehtiyojlari va sanoatning barcha sohalarida keng miqyosda qo`llanadi.

2. O`zbekistonda polimerlar fizikasi va kimyosining rivojlanish istiqbollari, polimerning zanjir tuzilishi-makromolekula, polimerlarning konfiguratsiyasi, konformatsiyasi, egiluvchanligi va qattiqligi, elastomer kompozitsiyalarni atmosfera bosimida vulkanizatsiya qilishning energiyatejamkor va ekologik bezarar texnologiyasini yaratish imkoniyatlari tahlil qilindi.

3. Polimerlarning qattiq agregat holati makromolekulalarni yuqori darajada zich joylashishi va ular o`rtasida nihoyatda qisqa masafalar bo`lishi bilan xarakterlanadi. Unda makromolekulalar ilgarilanma va aylanma harakat qilish imkonitiga ega bo`lmaydi va faqat tebranma harakat qiladi. Bunday tebranma harakat chastotasi 10^{12} - $10^{13} Hz$ atrofida bo`ladi. Makromolekulalar tashqi kuchlar ta`sirida o`z shaklining o`zgarishiga qattiq qarshilik ko`rsatadi va elastiklik namoyon qiladi.

FOYDALLANILGAN ADABIYOTLAR

1. «Кимё саноатини янада ислоҳқилиш ва унинг инвестициявий жозибадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида» Ўзб. Респ. Президентининг 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ № 4265 қарори.
2. Аскарлов М.А., Ёриев О. М., Ёдгоров Н. Полимерлар физикаси ва химияси. - Тошкент.- Ўқитувчи.- 1993.- 352 б.
3. Аверко-Антонович И.Ю., Бикмуллин Р.Т. Методы исследования структуры и свойств полимеров Казань, КГТУ, 2002. - 604 с.
4. Бартенев Г. М., Френкель С.Я. Физика полимеров. -Л.: Химия, 1990. - 432 с.
5. Бектуров Е.А., Кудайбергенов С.Е., Шаяметов Ш. Физическая химия растворов полимеров. - Алматы.:Санат, 1995. – 248 с.
6. Белинский Б.Г., Виленчик Л.З. Хроматография полимеров. – М.:Химия, 1978. – 344 с.
7. Беллами Л. ИК-спектроскопия полимеров. – М.:Химия. -1976. - 472 с.
8. Винников В. П., Генералов М. Б. Методы получения нанодисперсных порошков. Изд. : ЦОП Профессия. 2016.
9. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. - М.: Физматлит, 2005. - 412 с.:
10. Гросберг А.Ю., Хохлов А.Р. Статистическая физика макромолекул. – М.: Наука, 1989. – 344 с.
11. Дехант И., Данц Р., Киммер В., Шмольке Р. Инфракрасная спектроскопия полимеров . – М., Химия, 1976. – 472 с.
12. Ермилов Н.Н., Чарыков Н.А. и др. Нанотехнологии – от теории к практическому применению. // Инновации, 2017, №12, С.79-83.
13. Мартынов М.А., Вылегжанина К.А. Рентгенография полимеров. – М.: Химия. -1972. - 94 с.
14. Мамадалимов А.Т., Рашидова С.Ш., Холмўминов А.А. Полимер тоналар физикаси. – Тошкент: Университет. – 2009. -124 б.
15. "Наноматериалы и наноструктуры - XXI век" - Международный

научно-технический и теоретический журнал (РФ).

16. Рафигов С.Р., Будтов В.П., Монаков Ю.Б. Введение в физикохимию растворов полимеров. - М.:Наука, 1978. – 328 с.
17. Симонеску Г., Опря В. Механохимия высокомолекулярных соединений. –М. :Наука, 1977, с.300.
18. Стейн Р. Оптические методы исследования / В кн. Новейшие методы исследования полимеров; под ред. Б.Ки. - М.:Мир, 1966. - С. 131-168.
19. Сутягин В.М., Ляпков А.А. Учебное пособие. Физико-химические методы исследования полимеров. – Томск: Изд. ТомГУ, 2008. – 130 с.
20. Тагер А.А. Физико-химии полимеров. - М.: Изд. 4-е, -М.: Научный мир, 2007. - 576 с.
21. Тарутина Л.И., Позднякова Ф.О. Спектральный анализ полимеров. –Л.: Химия, 1986. - 248 с.
22. Френкель С.Я. Полимеры, проблемы, перспективы, прогнозы. / В кн. Физика сегодня и завтра. - Л.:Наука, 1973. - С.176-270.
23. Фурер В.Л. Расчет ИК спектров ориентированных макромолекул. // Ж. Высокомолек. соед. – 1993. - №6 (39А). - С. 985-993.
24. Цветков В.Н., Эскин В.Е., Френкель С.Я. Структура макромолекул в растворах. - М.: Наука, 1964. - 729 с.
25. Черкасов В.К., Курский Ю.А. и др. Методы ЭПР и ЯМР в органической и элементоорганической химии. - Н.Новгород: ННГУ, 2010. - 53 с.
26. Штильман М. И. Полимеры медико-биологического назначения: учебное пособие для студ. вузов. - М.: Академкнига. - 2006.- 399 с.
27. Элиас Г.Г. Мегамолекулы / Пер. с англ. под ред. С.Я. Френкеля. - Л. : Химия, 1990. - 272 с.
28. Эскин В.Е. Рассеяние света растворами полимеров и свойства макромолекул. - Л.:Наука, 1986. - 288 с.
29. Юнусов Л. Физико-химические свойства натурального шелка в процессе переработки коконов. - Ташкент.: Фан, 1978. – 148 с.

Internet axborot reserslari

1. [www. Ru. Wikipedia.org](http://www.Ru.Wikipedia.org) - Интернет рус сегменты маълумотлари.
2. [www. khimex.ru](http://www.khimex.ru) - сайт Центра хим.анализа полимеров (РФ).
3. [www. polymerbranch.com](http://www.polymerbranch.com) - Журнал «Полимерные материалы» РФ.
4. [www. plastics-news.ru](http://www.plastics-news.ru) - Журнал «Пластические массы» РФ.
5. [www. e-plastic.ru](http://www.e-plastic.ru) – онлайн справочник по полимерам и пластмассам.
6. [www. aurum-polimer.ru](http://www.aurum-polimer.ru) - справочник по полимерам и пластмассам.
7. www.proplast.uz – саноат ва уй-жой қурилиши учун турли пластик буюмлар ва декоратив материаллар и/ч компанияси сайти.
8. [www. sgcc.uz/ru](http://www.sgcc.uz/ru) – Шўртан газкимё мажмуаси сайти.
9. [www. decor-polimer.uz](http://www.decor-polimer.uz) - Тошкент полимер буюмлар заводи.
10. [www. uz-kor.com](http://www.uz-kor.com) - Устюрт газкимё мажмуаси сайти.
11. [www. jizzaxplastmassa.uz](http://www.jizzaxplastmassa.uz) - Жиззах пластмасса буюмлар заводи.
12. www.pipe.uz – Тошкент махсус пластмасса буюмлар заводи сайти.