

**BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI HUZURIDAGI PEDAGOG
KADRLARNI QAYTA TAYYORLASH VA ULARNING
MALAKASINI OSHIRISH MINTAQAVIY MARKAZI**

NANOFIZIKA ASOSLARI

2022

**Raxmatov I.I. texnika fanlari nomzodi,
dotsent**



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI HUZURIDAGI PEDAGOG
KADRLARNI QAYTA TAYYORLASH VA ULARNING MALAKASINI
OSHIRISH MINTAQAVIY MARKAZI**

“NANOFIZIKA ASOSLARI”

MODULI BO‘YICHA

O‘QUV-USLUBIY MAJMUA

Fizika

Modulning o‘quv-uslubiy majmuasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligining 2020 yil 7 dekabrda 648-sonli buyrug‘i bilan tasdiqlangan o‘quv dasturi va o‘quv rejasiga muvofiq ishlab chiqilgan.

Tuzuvchi: **I.I.Rahmatov** texnika fanlari nomzodi, dotsent.

Taqrizchi: **D.R.Djurayev** fizika-matematika fanlari doktori, professor.

**O‘quv -uslubiy majmua Buxoro davlat universiteti Ilmiy
Kengashining qarori bilan nashrga tavsiya qilingan
(2021 yil “30” dekabdagi 5-sonli bayonnoma)**

MUNDARIJA

I. IShChI DASTUR	5
II. MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL TA‘LIM METODLARI	12
III. NAZARIY MATERIALLAR	15
IV. AMALIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI	80
V. GLOSSARIY	88
VI. ADABIYOTLAR RO‘YXATI	92

I. IShChI DASTUR

Kirish

Dastur O‘zbekiston Respublikasining “Ta’lim to‘g‘risida”gi Qonuni, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevraldagi “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-4947-son, 2019 yil 27 avgustdagi “Oliy ta’lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining uzluksiz malakasini oshirish tizimini joriy etish to‘g‘risida”gi PF-5789-son, 2019 yil 8 oktabrdagi “O‘zbekiston Respublikasi oliy ta’lim tizimini 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-5847-sonli Farmonlari hamda O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019 yil 23 sentabrdagi “Oliy ta’lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi 797-sonli Qarorlarida belgilangan ustuvor vazifalar mazmunidan kelib chiqqan holda tuzilgan bo‘lib, u oliy ta’lim muassasalari pedagog kadrlarining kasb mahorati hamda innovatsion kompetentligini rivojlantirish, sohaga oid ilg‘or xorijiy tajribalar, yangi bilim va malakalarni o‘zlashtirish, shuningdek amaliyotga joriy etish ko‘nikmalarini takomillashtirishni maqsad qiladi. dastur rivojlangan xorijiy davlatlarning oliy ta’lim sohasida erishgan yutuqlari hamda orttirgan tajribalari asosida “Fizika” qayta tayyorlash va malaka oshirish yo‘nalishi uchun tayyorlangan namunaviy o‘quv reja hamda dastur mazmunidan kelib chiqqan holda tuzilgan bo‘lib, u zamonaviy talablar asosida qayta tayyorlash va malaka oshirish jarayonlarining mazmunini takomillashtirish hamda oliy ta’lim muassasalari pedagog kadrlarining kasbiy kompetentligini muntazam oshirib borishni maqsad qiladi.

Dastur doirasida berilayotgan mavzular ta’lim sohasi bo‘yicha pedagog kadrlarni qayta tayyorlash va malakasini oshirish mazmuni, sifati va ularning tayyorgarligiga qo‘yiladigan umumiy malaka talablari va o‘quv rejaları asosida shakllantirilgan bo‘lib, uning mazmuni kredit modul tizimi va o‘quv jarayonini tashkil etish, ilmiy va innovatsion faoliyatni rivojlantirish, pedagogning kasbiy professionalligini oshirish, ta’lim jarayoniga raqamli texnologiyalarni joriy etish,

maxsus maqsadlarga yo'naltirilgan ingliz tili, mutaxassislik fanlar negizida ilmiy va amaliy tadqiqotlar, o'quv jarayonini tashkil etishning zamonaviy uslublari bo'yicha so'nggi yutuqlar, pedagogning kreativ kompetentligini rivojlantirish, ta'lim jarayonlarini raqamli texnologiyalar asosida individuallashtirish, masofaviy ta'lim xizmatlarini rivojlantirish, vebinar, onlayn, «blended learning», «flipped classroom» texnologiyalarini amaliyotga keng qo'llash bo'yicha tegishli bilim, ko'nikma, malaka va kompetensiyalarni rivojlantirishga yo'naltirilgan. Qayta tayyorlash va malaka oshirish yo'nalishining o'ziga xos xususiyatlari hamda dolzarb masalalaridan kelib chiqqan holda dasturda tinglovchilarning mutaxassislik fanlar doirasidagi bilim, ko'nikma, malaka hamda kompetensiyalariga qo'yiladigan talablar takomillashtirilishi mumkin.

Modulning maqsadi va vazifalari

Modulning maqsadi: pedagog kadrlarni qayta tayyorlash va malakasini oshirish kursi tinglovchilarini "Nanofizika asoslari" sohasidagi so'nggi yangiliklar, zamonaviy eksperimental texnologiyalar va xorijiy adabiyotlardagi ma'lumotlarni o'rtoqlashish, bu boradagi muammolarni aniqlash, tahlil etish va baholash. Shuningdek ularda ilg'or tajribalarni o'rganish va amalda qo'llash ko'nikma va malakalarini shakllantirish.

Modulning vazifalari:

- Tinglovchilarga ta'lim-tarbiya masalalari bo'yicha ilg'or ta'lim texnologiyalarining konseptual asoslari, kelib chiqish tarixi to'g'risida ma'lumotlar berish, zamonaviy modulli texnologiyalardan foydalanib tinglovchilarni mazkur yo'nalishda malakasini oshirishga ko'maklashish;
- Ta'lim-tarbiya jarayonida modulli yangiliklarni qo'llashning afzalliklarini yoritish va tinglovchilarda ulardan foydalanish mahoratini shakllantirish;
- Yuksak malakali mutaxassis kadrlar tayyorlash borasidagi islohotlarni amalga oshirish jarayonida jahonning ilg'or tajribasini o'rganish va ulardan samarali foydalanish mahoratini oshirish.

Modul bo'yicha tinglovchilarning bilimi, ko'nikmasi, malakasi va kompetensiyalariga qo'yiladigan talablar

“Nanofizika asoslari” modulini o‘zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida:

Tinglovchi: - Nanofizika asoslari sohasidagi asosiy yangiliklar va zamonaviy adabiyotlardagi yangiliklar; - so‘nggi yillardagi aniqlangan qonuniyatlar, kashfiyotlar va tamoyillar; - hozirgi zamon eksperiment va kuzatuvlardan samarali foydalanish haqida bilimlarga ega bo‘lishi;

Tinglovchi: - pedagogik faoliyat jarayonini modullashtirish; - nazorat jarayonini tez va samarali o‘tkaza olish;

- nazoratning turli shakllaridan samarali foydalanish; - interaktiv metodlarni maqsadli ravishda to‘g‘ri tanlash va foydalanish ko‘nikmalarini egallashi;

Tinglovchi: - “Nanofizika asoslari” o‘quv kursining modulini tuzish;

- modulini strukturalashtirish;

- talabalarining mustaqil amaliy faoliyatini tashkil etish;

- talabalar bilimining nazoratini tashkil etish va erishilgan natijalarini tahlil etish;

- interaktiv metodlardan foydalanish malakalarini egallashi;

Tinglovchi:

- o‘z sohasiga oid axborotni mantiqiy bloklarga ajratish va aniq, ravon xamda tushunarli ravishda bayon etish;

- modulli yondashuv asosida o‘quv jarayonini tashkil etish;

- tajriba texnologiyalariga yondashuv asosida ta‘lim va tarbiya jarayonini boshqarish;

- kommunikativlikni va mustaqil faoliyatni tashkil etish yuzasidan kompetensiyalarni egallashi lozim.

Modulni tashkil etish va o‘tkazish bo‘yicha tavsiyalar

“Nanofizika asoslari ” moduli ma’ruza, va amaliy mashg‘ulotlar shaklida olib boriladi.

Kursni o‘qitish jarayonida ta‘limning zamonaviy metodlari, axborot-kommunikatsiya texnologiyalari qo‘llanilishi nazarda tutilgan:

- ma'ruza darslarida zamonaviy kompyuter texnologiyalari yordamida prezentatsion va elektron-didaktik texnologiyalardan foydalanish;

- o'tkaziladigan amaliy mashg'ulotlarda texnik vositalardan, ekspress - so'rovlar, test so'rovlari, aqliy hujum, guruhli fikrlash, kichik guruhlar bilan ishlash, va boshqa interaktiv ta'lim usullarini qo'llash;

Modulning o'quv rejadagi boshqa modullar bilan bog'liqligi va uzviyligi

“Nanofizika asoslari” moduli mazmuni o'quv rejadagi “Koinot strukturasi va evolyusiyasi, materiyaning yangi formalari”, “Kvant aloqa. Fizik jarayonlarni kompyuterda modellashtirish” o'quv modullari bilan uzviy bog'langan holda pedagoglarning ta'lim jarayonida nanofizika asoslari dan foydalanish bo'yicha kasbiy pedagogik tayyorgarlik darajasini oshirishga xizmat qiladi.

Modulning oliy ta'limdagi o'rni

Modulni o'zlashtirish orqali tinglovchilar nanotexnologik jarayonlar va nanofizikaning yutuqlari bilan tanishadilar. Ta'lim jarayonini tashkil etishda texnologik yondashuv va bu boradagi ilg'or tajribani o'rganadilar, ularni tahlil etish, amalda qo'llashga doir kasbiy kompetentlikka ega bo'ladilar.

Modul bo'yicha soatlar taqsimoti

№	Modul mavzulari	Tinglovchining o'quv yuklamasi, soat				
		Hammasi	Auditoriya o'quv yuklamasi			
			Jami	jumladan		
				Nazariy	Amaliy	mashg'ulo
1	Nanofizika va nanotexnologiyalar predmeti, zonalar nazariyasi, metall, dielektrik va yarimo'tkazgichlar haqida tushincha. Nanomateriallar, ularning fizik xususiyatlari va amaliyotda qo'llanishi	4	4	2	2	

2	Nanostrukturalarda fundamental elektron hodisalar, kvant o'lcham effektlari. Kvant chegaralanishi. Nanoob'yektlarni sintezlash usullari, "yuqoridan-pastga" va "pastdan-yuqoriga" texnologiyalar, fotolitografiya.	4	4	2	2	
3	Kimyoviy va fizik sintezlash usullari. Nanotrubkalar, nanorodlar, nanosimlar, kvant nuqtalari nanoplyonkalar. Nanoob'yektlarni kuzatish vositalari.	6	6	2	2	2
4	Skanlovchi zondli mikroskopiya, elektron mikroskopiya, skanlovchi elektron mikroskop, transmission elektron mikroskop. Spektroskopik usullar.	4	4	2	2	
5	Nanotexnologiyalarni energetika va atrof muhit himoyasida qo'llash. Yangi avlod Quyosh elementlari, fotokatalizatorlar, vodorod energetikasi, nanogeneratorlar.	8	8	2	4	2
Jami		26	26	10	12	4

NAZARIY MASHG'ULOTLAR MAZMUNI

1-mavzu. Nanofizika va nanotexnologiyalar predmeti, zonalar nazariyasi, metall, dielektrik va yarimo'tkazgichlar haqida tushincha. Nanomateriallar, ularning fizik xususiyatlari va amaliyotda qo'llanishi. (2 soat).

- 1.1. Nanofizika va nanotexnologiyalar predmeti.
- 1.2. zonalar nazariyasi, metall, dielektrik va yarimo'tkazgichlar haqida tushincha.
- 1.3. Nanomateriallar, ularning fizik xususiyatlari va amaliyotda qo'llanishi.

2-mavzu. Nanostrukturalarda fundamental elektron hodisalar, kvant o'lcham effektlari. Kvant chegaralanishi. Nanoob'yektlarni sintezlash usullari, "yuqoridan-pastga" va "pastdan-yuqoriga" texnologiyalar, fotolitografiya. (2 soat).

- 2.1. Nanostrukturalarda fundamental elektron hodisalar kvant o'lcham effektlari.
- 2.2. Kvant chegaralanishi.

3-mavzu. Kimyovaiy va fizik sintezlash usullari. Nanotrubkalar, nanorodlar, nanosimlar, kvant nuqtalari nanoplyonkalar. Nanoob'yektlarni kuzatish vositalari.

3.1. Kimyovaiy va fizik sintezlash usullari.

3.2. Nanotrubkalar, nanorodlar, nanosimlar, kvant nuqtalari nanoplyonkalar.

4-mavzu. Skanlovchi zondli mikroskopiya, elektron mikroskopiya, skanlovchi elektron mikroskop, transmission elektron mikroskop. Spektroskopik usullar. (2 soat).

4.1. Skanlovchi zondli mikroskopiya, elektron mikroskopiya.

4.2. Skanlovchi elektron mikroskop, transmission elektron mikroskop.

5-mavzu. Nanotexnologiyalarni energetika va atrof muhit himoyasida qo'llash. Yangi avlod Quyosh elementlari, fotokatalizatorlar, vodorod energetikasi, nanogeneratorlar. (2 soat).

5.1. Nanotexnologiyalarni energetika va atrof muhit himoyasida qo'llash.

5.2. Yangi avlod Quyosh elementlari, fotokatalizatorlar.

AMALIY MASHG'ULOTLAR MAZMUNI

1-amaliy mashg'ulot. Nanofizika va nanotexnologiyalar predmeti, zonalar nazariyasi, metall, dielektrik va yarimo'tkazgichlar haqida tushincha. Nanomateriallar, ularning fizik xususiyatlari va amaliyotda qo'llanishi. (2 soat).

2-amaliy mashg'ulot. Nanostrukturalarda fundamental elektron hodisalar, kvant o'lcham effektlari. Kvant chegaralanishi. Nanoob'yektlarni sintezlash usullari, "yuqoridan-pastga" va "pastdan-yuqoriga" texnologiyalar, fotolitografiya. (2 soat).

3-amaliy mashg'ulot. Kimyovaiy va fizik sintezlash usullari. Nanotrubkalar, nanorodlar, nanosimlar, kvant nuqtalari nanoplyonkalar. Nanoob'yektlarni kuzatish vositalari. (2 soat).

4-amaliy mashg'ulot. Skanlovchi zondli mikroskopiya, elektron mikroskopiya, skanlovchi elektron mikroskop, transmission elektron mikroskop. Spektroskopik

usullar. (2 soat).

5-amaliy mashg‘ulot. Nanotexnologiyalarni energetika va atrof muhit himoyasida qo‘llash. Yangi avlod Quyosh elementlari, fotokatalizatorlar, vodorod energetikasi, nanogeneratorlar. (4 soat).

O‘QITISH SHAKLLARI

Mazkur modul bo‘yicha quyidagi o‘qitish shakllaridan foydalaniladi:

- ma‘ruzalar, amaliy mashg‘ulotlar (zamonaviy materialshunoslik va nanofizika asoslarini o‘zlashtirish, bu sohadagi bilimlarni amaliy qo‘llash malakasini egallash, nanotexnologiyalar rivojlanishida fizikaning o‘rnini anglash, o‘zlashtirilgan bilimlarni uzluksiz ravishda sinab va mustahkamlab borish);

- amaliy tajribalar va ularni muhokamalari (nanofizikaga oid amaliy tajribalar o‘tkazish, natijalarni muhokama etish, zamonaviy materiallar tasniflarini anglash, fizik xususiyatlari haqidagi nazariy va amaliy bilimlarni o‘quv va ilmiy tadqiqotlarda qo‘llay olish malakasiga egallash);

o‘zlashtirilgan bilimlarni tahlil etish va mustahkamlash (ma‘ruzalar va amaliy mashg‘ulotlar bo‘yicha o‘zlashtirilgan bilimlarni zamonaviy materialshunoslik va nanofizika nuqtai nazaridan tahlil qilish, zarur hollarda qo‘shimcha adabiyotlar materiallari bilan boyitish, chuqurlashtirish va yanada mukamallashtirib borish ko‘nikmasini egallash).

Baholash mezonlari

	O‘quv-topshiriq turlari	Maksimal ball	Baholash mezonlari		
		2,5	"a'lo" 2,2-2,5	"yaxshi" 1,8-2,1	"o'rta" 1,4-1,7
.	Test-sinov topshiriqlarini bajarish	0,5	0,4-0,5	0,34-0,44	0,28-0,3
.	O‘quv-loyiha ishlarini bajarish	1	0,9-1	0,73-0,83	0,56-0,7
.	Mustaqil ish topshiriqlarini bajarish	1	0,9-1	0,73-0,83	0,56-0,7

II. MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL

TA'LIM METODLARI

“SWOT-tahlil” metodi.

Metodning maqsadi: mavjud nazariy bilimlar va amaliy tajribalarni tahlil qilish, taqqoslash orqali muammoni hal etish yo‘llarni topishga, bilimlarni mustahkamlash, takrorlash, baholashga, mustaqil, tanqidiy fikrlashni, nostandart tafakkurni shakllantirishga xizmat qiladi.

S- (Strength)	kuchli tomonlari
W- (weakness)	zaif, kuchsiz tomonlari
O- (opportunity)	imkoniyatlari
T- (threat)	to‘siqlar

Namuna: Zamonaviy materialshunoslikning SWOT tahlilini ushbu jadvalga tushiring.

S	Zamonaviy materialshunoslikning kuchli tomonlari	Materialshunoslik fanlari va muxandisligining hamkorligi
W	Zamonaviy materialshunoslikning kuchsiz tomonlari	Zamonaviy materiallar yaratishning noyob xom-ashyolar va yangi texnologiya-larga ehtiyojining yuqori ekanligi
O	Zamonaviy materialshunoslikning imkoniyatlari (ichki)	Innovatsion ishlab chiqarishning keng qo‘llanishi va samaradorligi
T	To‘siqlar (tashqi)	Zamonaviy materiallarni ishlab chiqarishda qo‘shimcha xarajatlar paydo bo‘lishi

Xulosalash (Rezyume, Veer) metodi

Metodning maqsadi: Bu metod murakkab, ko‘p tarmoqli, mumkin qadar, muammoli xarakteridagi mavzularni o‘rganishga qaratilgan. Metodning mohiyati

shundan iboratki, bunda mavzuning turli tarmoqlari bo'yicha bir xil axborot beriladi va ayni paytda, ularning har biri alohida aspektlarda muhokama etiladi. Masalan, muammo ijobiy va salbiy tomonlari, afzallik, fazilat va kamchiliklari, foyda va zararlari bo'yicha o'rganiladi. Bu interfaol metod tanqidiy, tahliliy, aniq mantiqiy fikrlashni muvaffaqiyatli rivojlantirishga hamda o'quvchilarning mustaqil g'oyalari, fikrlarini yozma va og'zaki shaklda tizimli bayon etish, himoya qilishga imkoniyat yaratadi. "Xulosalash" metodidan ma'ruza mashg'ulotlarida individual va juftliklardagi ish shaklida, amaliy va seminar mashg'ulotlarida kichik guruhlardagi ish shaklida mavzu yuzasidan bilimlarni mustahkamlash, tahlil qilish va taqqoslash maqsadida foydalanish mumkin.

METODNI AMALGA OSHIRISH TARTIBI:

- *trener-o'qituvchi ishtirokchilarni 5-6 kishidan iborat kichik guruhlariga ajratadi;*
- *trening maqsadi, shartlari va tartibi bilan ishtirokchilarni tanishtirgach, har bir guruhga umumiy muammoni tahlil qilinishi zarur bo'lgan qismlari tushirilgan tarqatma;*
- *har bir guruh o'ziga berilgan muammoni atroflicha tahlil qilib, o'z mulohazalarini tavsiya etilayotgan sxema bo'yicha tarqatmaga yozma bayon qiladi;*
- *navbatdagi bosqichda barcha guruhlar o'z taqdimotlarini o'tkazadilar. Shundan so'ng, trener tomonidan tahlillar umumlashtiriladi, zaruriy axborotlr bilan to'ldiriladi mavzu yakunlanadi.*

Namuna:

Materiallar qiyosiy tahlili					
Metall		Keramika		Polimer	
afzalligi	kamchiligi	afzalligi	kamchiligi	afzalligi	kamchiligi
Mustahkam, qattiq, elektr-issiqlikni yaxshi o'tkazadi	Og'ir, yuqori haroratda qayta ishlanadi, zanglaydi	Yuqori haroratlarga chidamli, xom-ashyo zahirasi katta	Mo'rt, og'ir, nafis	Yengil, past haroratlarda qayta ishlanadi, zahira-si katta	Yuqori haroratlar va kuchli mexanik ta'sirlarga chidamsiz

Xulosa: Barcha materiallar ham o'zining afzalligi va kamchiligi bilan bir biridan jiddiy farqlanadi. Lekin, ularning kompleks tarzda amaliy qo'llanishi kamchiliklari bartaraf etilishiga va afzalliklarini yanada oshirishga imkon beradi.

III. NAZARIY MATERIALLAR

1-MAVZU: Nanofizika va nanotexnologiyalar predmeti, zonalar nazariyasi, metall, dielektrik va yarimo‘tkazgichlar haqida tushincha. nanomateriallar, ularning fizik xususiyatlari va amaliyotda qo‘llanishi.

REJA:

1. Nanofizika va nanotexnologiyalar predmeti.
2. Zonalar nazariyasi, metall, dielektrik va yarimo‘tkazgichlar haqida tushincha.
3. Nanomateriallar, ularning fizik xususiyatlari va amaliyotda qo‘llanishi.

Tayanch iboralar: Nanofizika, nanotexnologiyalar, metall, dielektrik va yarimo‘tkazgichlar, nanomateriallar.

Materialshunoslik - bir qator fan sohalarini o‘zida birlashtirgan, materiallarning xossalari o‘zgarishini ham qattiq, ham suyuq holatlarda turli faktorlarga bog‘liq o‘rganadi. Shu bois materialshunoslik - metall, nometall, keramik, organik birikmalar va polimerlar asosidagi materiallarning xossa va xususiyatlari hamda ularning olinish, strukturaviy shakllanish, o‘zaro ta’sirlashish, birikish va parchalanish qonuniyatlari haqidagi fandir¹. Umumiy holda mazkur fan materiallar tuzilishi, xossalari va ulardagi jarayonlarni o‘rganishga yo‘naltirilgan bo‘lib, u materiallar muxandisligi bilan uzviy bog‘liqdir. Chunki materiallar muxandisligining asosini fundamental va amaliy bilimlar belgilaydi hamda ularga tayangan holda iqtisodiyot ehtiyojlari uchun zarur bo‘lgan mahsulotlar ishlab chiqariladi.

Ma’lumki, materiallar asosini yer yuzidagi elementlar va birikmalar tashkil etadi. 1-jadvalda bu haqda ma’lumotlar berilgan. Kelajakda ularning safi yangi kashf etilgan kosmik elementlar bilan boyitiladi.

1-jadval. Yer qobig‘i va atmosferada tarqalgan elementlar [1]

Elementlar	Yer qobig‘idagi massaviy foizi, %
------------	-----------------------------------

¹ Introduction to Materials Sciences and Engineering. Techbooks/GTS, 2005. - P.22.

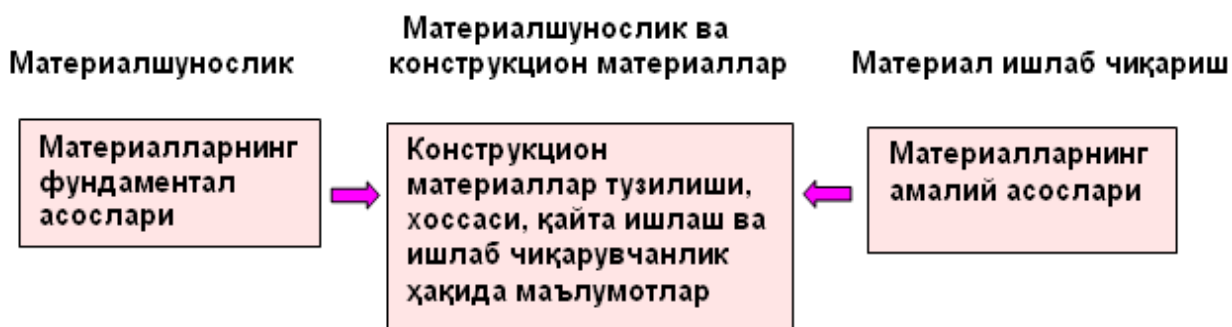
Kislorod (O)	46,60
Kremniy (Si)	27,72
Aluminiy (Al)	8,13
Temir (Fe)	5,00
Kalsiy (Ca)	3,63
Natriy (Na)	2,83
Kaliy (K)	2,70
Magniy (Mg)	2,09
Jami	98,70
Gazlar	Quruq havo hajmidagi foizi, %
Azot (N₂)	78,08
Kislorod (O₂)	20,95
Argon (Ar)	0,93
Karbonat angidrid (CO₂)	0,03
Jami	99,99

Ushbu elementlar va birikmalar asosida turli xil materiallar tabiiy va sintetik jarayonlar vositasida shakllantiriladi. Bu sohada yangidan yangi materiallar yaratish borasida uzluksiz ravishda izlanishlar olib boriladi. Jumladan, mashinasozlik sohasi uchun yuqori haroratlarga chidamli, o'ta mustahkam materiallar yaratish dolzarb bo'lsa, elektrotexnikada esa shu kabi yangi materiallarni yaratilishi yuqori haroratlarda samarali ishlaydigan elektronika qurilmalari va asboblari ishlab chiqarish yo'naltirilgandir.

Aviasozlikda materiallarning o'ta mustahkamligi va yengilligi ustuvordir. Kimyoviy texnologiya va materiallar muxandisligida ustuvorlik jihat korroziyaga chidamli mahsulotlarni yaratishga qaratilgan bo'ladi. Turli sanoat tarmoqlari aqlli materiallar va qurilmalar hamda mikroelektron tizimlar yaratish va ularni noyob xossalarni aniqlashda sensorlar va aktivatorlar sifatida amaliy qo'llash borasida faoliyat yuritadi. Hozirda materialshunoslikda yana bir dolzarb yo'nalish sifatida nanomateriallar bo'lib, ularni yaratish va amaliy qo'llash bo'yicha

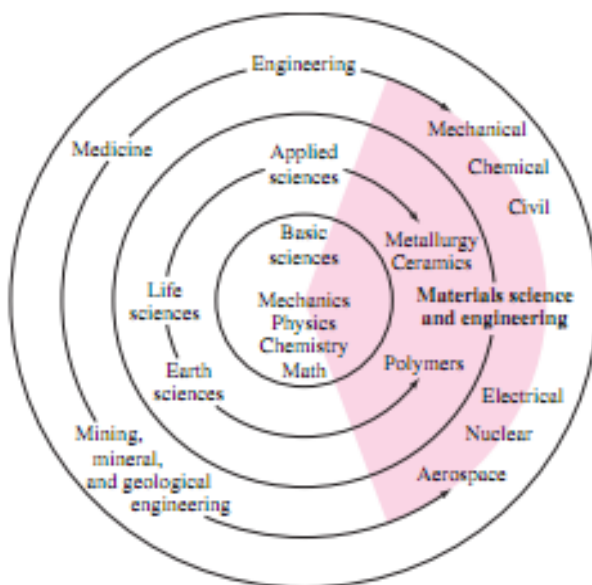
dunyoning bir qator yetakchi mamlakatlarida ilmiy-tadqiqotlar olib borilmoqda. Kimyoviy va mexanik xossalari bilan nanomateriallar bir qator afzalliklarga ega ekanligini, ayniqsa, tibbiyot va elektronika sohasida o'ziga xos noyob xususiyatlarni namoyon qilishi, ularga bo'lgan talabni yanada oshirib yubormoqda.

Zamonaviy materiallarni ishlab chiqarish materialshunoslik va konstruksion materiallarni umumlashtirgan sohasini vujudga keltiradi hamda ularni tarkibiy mohiyati quyidagi chizma orqali tushuntiriladi.



Bunga asosan, materiallarning fundamental va amaliy asoslari majmuasi konstruksion materiallar tuzilishi, xossasi, qayta ishlash va ishlab chiqaruvchanlik haqidagi ma'lumotlar bazasini vujudga keltiradi.

Ular asosida tuzilgan ushbu diagrammada materiallar fanlari va texnikaning qanday qilib fundamental fanlardan muxandislik fanlariga tomon bilimlar ko'prigini shakllantirishi namoyish etilgan.



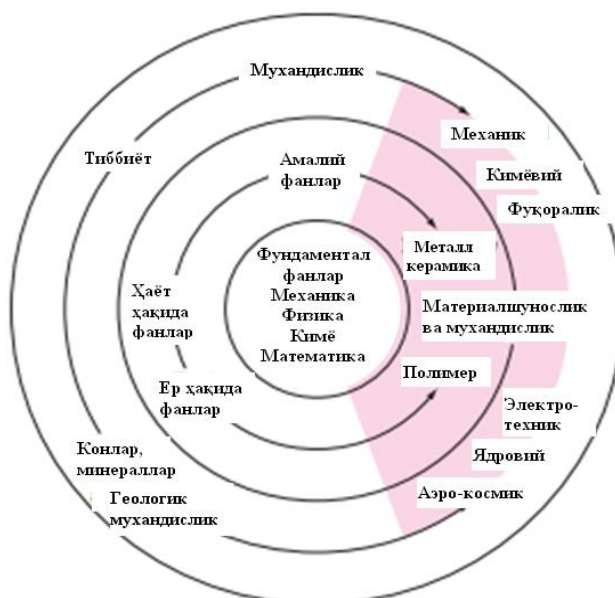


Diagramma uchta halqa va ular orasida fanlar yoʻnalish tartibini ifodalovchi yoysimon strelkalardan iboratdir. Markaziy halqada fundamental fanlar, oʻrta halqada materialshunoslik va sirtqi halqada muxandislik ifodalangan.

Materialshunoslik va muxandislikka bevosita bogʻliq boʻlgan fanlar, pushti rangdagi sektor koʻrinishida keltirilgan. Bu sektor mazmunan bilimlar koʻprigi deb eʼtirof etilgan. Materialshunoslik va muxandislikka eng yaqin sohalar bu metallar, keramika va polimerlardir. Bunga bugungi kunda jadal rivojlanib kelayotgan nanomateriallar kiradi.

Materiallar turlari. Zamonaviy materiallar oʻzlarning mohiyatiga qarab uchta asosiy, yaʼni fundamental sinflarga ajratiladi: *metall materiallar*; *polimer materiallar*; *keramik materiallar*. Ularning muhim jihatlari mexanik, elektrik va fizik xossalari. Ushbu asosiy uch sinf muxandislikda muhim boʻlgan yana ikkita amaliy sinflar boʻlinadi: *kompozit materiallar* va *elektronik materiallar*. Zamonaviy materiallar sinfiga yana ikkita guruhga oid materiallar, yaʼni “aqlli” materiallar va nanomateriallar kiradi. Taʼkidlangan materiallar haqida toʻxtalamiz.

Metal va keramik materiallar hamda ularning fizik tavsiflari

a) Metall materiallar. Ushbu materiallar noorganik moddalar boʻlib, ular bir yoki bir nechta metall elementlar tuzilgan boʻladi va ular tarkibiga nometall birikmalar ham kirishi mumkin. Metall materiallar tarkibini tashkil etuvchi asosiy elementlar temir, mis, aluminiy, nikel, titan va shu kabilar hisoblanadi. Nometall

elementlardan uglerod, azot, kislorod va kabilar metall materiallar tarkibida uchraydi.

Odatda, metallar kristall tuzilishda bo'lib, ularning atomlari tartibli joylashgan bo'ladi. Shu bois metallar eng asosiy va eng yaxshi issiqlik va elektr o'tkazuvchan materiallar hisoblanadi. Metallar va ular asosidagi shakllantiriladigan qotishmalar odatda ikki sinfga bo'linadi: - birinchi guruh *temerli metallar* va ular asosidagi *qotishmalar* bo'lib, tarkibida temirning katta foizi, jumladan, po'lat yoki cho'yon mavjud bo'ladi: - ikkinchi guruh, *rangli metallar* va ular asosidagi *qotishmalar* bo'lib, ular tarkibida temir deyarli bo'lmaydi. Rangli metallarga aluminiy, mis, rux, titan, nikel kabilar kiradi.

Qotishmalarni tayyorlashda kimyoviy yondashish va turli kompozitlar shakllanishi o'ta dolzarbdir. Komponentlarni to'g'ri tanlanishi super



1- rasm. Metall qotishmadan yasalgan turbo dvigatel.

qotishmalar tayyorlashga imkon beradi. Masalan, nikel asosli, temir-nikel-kobalt asosli super qotishmalar yuqori bosimlarda ishlaydigan aeronavtik turbo dvigatellarida qo'llaniladi (1-rasm). Metal qotishmalar asosida materiallar ishlab chiqarishda metallarning kimyoviy tabiati va kompozitsion strukturalar tashkil etish qobiliyati inobatga olingan holda, ulardan maxsus kukunlar tayyorlanib homashyolar sifatida qo'llaniladi.

Bunday yondashish kam energiya sarflagan va vaqtdan yutgan holda maxsus va noyob tuzilish va xossalari materiallar va ular asosidagi mahsulotlar yaratish imkoniyatlarini beradi.

b) Keramik materiallar. Ushbu guruh materiallari noorganik materiallar toifasiga kiradi hamda ularning tarkibida metall va nometall elementlar o'zaro

kimyoviy birikkan holda shakllangan bo‘ladi. Keramik materiallar kristall, amorf yoki ularning aralashmalari asosida shakllanadi. Ko‘pchilik keramik materiallar yuqori mustahkamlikka ega, yuqori issiqlik ta‘siriga chidamli, ammo sinuvchanlik tendensiyasiga ega bo‘ladi. Keramik materiallarning afzalligi, ularning yengilligi, yuqori mustahkamlik va qattqlikka ega bo‘lishi, yaxshi isslikka chidamli va yemirilishga bardoshligi namoyon bo‘ladi (3 va 4-rasm).



3-rasm. Keramik materiallar asosidagi jihozlar [1].



4-rasm. Titan va karbonitrid asosdagi keramikadan ishlab chiqarilgan yuqori samarali sharikli podshipnik.

Keramik materiallarning qo‘llanishi, haqiqatan, cheklamagan bo‘lib, ular aero-kosmanavtikadan tortib to oddiy metal materiallargacha, tibbiy-biologik dan avtomobilsozlikkacha, bir qator maxsus va noyob industriya sohalarida o‘z o‘rnini topgan^{1 2}. Keramik shisha materiallarda ikkita kamchilik kuzatiladi: - birinchidan

¹ Introduction to Materials Sciences and Engineering. Techbooks/GTS, 2005. - P.22.

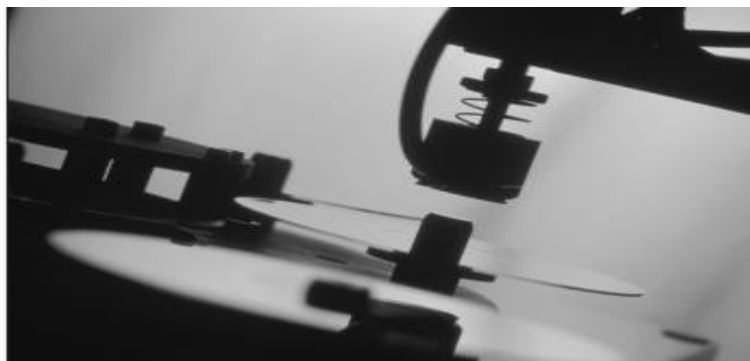
² William D. Callister Jr. Materials Sciences and Engineering. An Introduction. John Wiley & Sons. Ins. 2010. – P. 1000.

ular qayta ancha murakkab, ikkinchidan mo'rt va metallarga nisbatan ishqalanishdagi yemirilishi ancha kichikdir. Umuman olganda, keramik materiallar ham ishlab chiqarishda o'zining salmoqli o'rni bilan e'tirof etiladi.

Polimer va kompozit materiallar hamda ularning fizikasi tavsiflari

a) Polimer materiallar. Ko'pchilik polimerlar chiziqli yoki to'rsimon molekular tuzilishga ega bo'lib, odatda organik (uglerod tutgan) birikmalar asosida sintez qilingan bo'ladi. Ustmolekular tuzilishi bo'yicha polimer materiallar amorf-kristall holatda bo'ladi va kristall qismlari amorf zanjirlar bilan birikkadi. Polimer materiallarning mustahkamligi va elastikligi keng masshtabda o'zgaradi. Ko'pchilik polimer materiallarning elektr o'tkazuvchanligi juda kichikdir yoki umuman elektr tokini o'tkazmaydi hamda dielektrik xossasini namoyon qiladi. Shu bois bir qator polimerlar elektr izolyatorlar sifatida keng qo'llanadi ^{1,2}. Ammo, polimerga xos fizik tabiat, ulardan raqamli video disklar ishlab chiqarish imkoniyatini beradi.

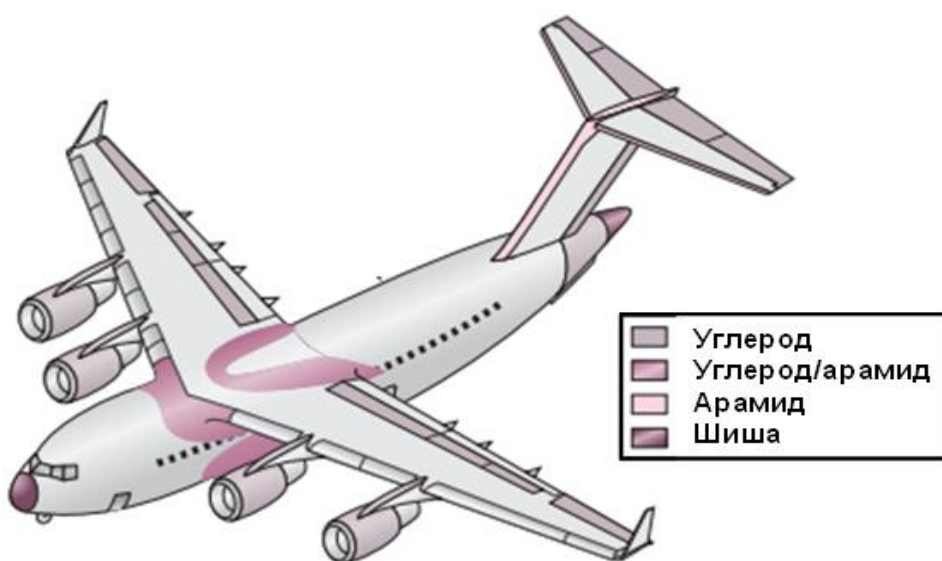
2-rasm. Polikarbon plastik video disklar [1].



Hozirda polimer materialarning qo'llanishi metallardan kam emas va uning zahirasi metal resurslariga qaraganda ancha kattadir. Polimerlar kimyo, fizika, biologiya va texnologiyalar sohaslarida keng qo'llanilmoqda. Ayniqsa, polimerlarga xos elastomerlik o'ta noyob xossalardandir. Polimer aralashmalar asosida mashinasozlik, sport anjomlari, turli tuman maishiy va texnika uchun jihozlar tayyorlanadi. Polimerlar tolalar kiyim kechak va turli texnik materiallar yaratishda keng qo'llaniladi. Polimerlardan buyumlar va jihozlar ishlab chiqarish, ularning eritmalari yoki suyultmalari asosida amalga oshiriladi. Polimerlar

massasini yengilligi va metallarga nisbatan past haroratlarda (100 – 250 °S) suyuqlanishi ularni qayta ishlash texnologiyalari uchun katta afzallik beradi.

b) Kompozit materiallar. Kompozitlar ikki yoki undan ortiq tarkib materiallari (fazaviy yoki uch tomonlama) qo‘shilib shakllangan, ulardan biri asos (matritsa) bo‘lgan yangi materialdir. Hosil qilingan kompozit odatda tarkibini tashkil etgan komponentlar xossalaridan o‘zgacha yaxshiroq va mukammalroq xossalarga ega bo‘ladi. Ko‘pchilik kompozit materiallar tanlangan to‘ldiruvchi yoki armirlovchi materiallar asosida qo‘shiluvchan smola bog‘lamlovchi vosita maxsus xossali yoki xoxlangan tavsifli materiallar olish imkonini beradi. Kompozitlar ko‘p turlarda bo‘linadi. Eng katta miqdorlarda ishlab chiqariladigan kompozitlar turiga tolali yoki zarrachalar to‘ldiruvchi sifatida matritsa hajmida bo‘lgan materiallar kiradi. Bunday matritsalar sifatida metallardan aluminiy, keramikadan aluminiy oksidi, polimerlardan epoksid smola keng qo‘llaniladi. Shu bois kompozitlar turlari qo‘llanilgan matritsaga nisbatan *metall matritsali kompozit (MMK)*, *keramik matritsali kompozit (KMK)*, *polimer matritsali kompozit (PMK)* deb yuritiladi ^{1,2}. Tolali yoki zarrachali to‘ldiruvchilar ham asosiy uch sinfdan ixtiyoriy biridan tanlanishi mumkin. Bu sinflarni uglerod, shisha, aramid, karbid silikoni va boshqa shu kabi materiallar tashkil etadi. 4-rasmda uglerod tola –



4-rasm. SU-17 transport samolyoti.

eposkid smola asosidagi kompozit materiallarning SU-17 transport samolyotining qaysi qismlarida qo'llan^{1,2}ilganligi rangli tasvirlangan. Ushbu qanoilari uzunligi 165 fut bo'lgan SU-17 samolyotga 15000 funt zamonaviy kompozit materiallar qo'llanilgan.

Kompozitsion materiallar bir qator sohalarda, ayniqsa, aero-kosmanavtika, avtomobilsozlik, turmush ehtiyojida, sport jihozlari ishlab chiqarishda ko'plab metall komponentlar almashtirmoqda.

Zamonaviy kompozit materiallarning muxandislik amaliyotida keng qo'llanadigan ikki ulug'vor turi deb shishatolali-armirlovchi material to'ldiruvchi va polistirol yoki eposkid smola matritsa sifatida ishlatilgan kompozit va shuningdek, uglerod tolalar to'ldiruvchi sifatida epoksid smolaga qo'shilgan kompozitlar e'tirof etiladi.

Umuman olganda, kompozit materiallar zamonaviy materialshunoslik va ishlab chiqarishlarda asosiy soha va yo'nalishlardan hisoblanadi. Ularga bo'lgan ehtiyojlar nihoyatda yuqori bo'lib, unda zamonaviy materialshunoslik fizikasi birlamchi vosita va asosiy fan sifatida qo'llaniladi.

Aqlli va elektronik materiallar va o'larning qo'llanishi

a) Elektronik materiallar. Ushbu tur materiallari salmog'i hajmdor materiallar ishlab chiqarishda asosiylardan bo'lmasa, ammo ular zamonaviy muxandislik texnologiyalari o'ta muhim materiallar turi hisoblanadi.

Elektronik materiallar yaratishda eng muhim elemntlar biri toza kremniy bo'lib, uning turli xil modikatsion o'zgarishilar elektrofizik va texnologik tavsiflari o'zgartirish hamda undan turli maqsadlarda foydalanish mumkin [1]. Masalan, uning asosida hozirda nihoyatda keng qo'llanilayotgan kichik hajmli mikrosxemalar ishlab chiqarilmoqda (5-rasm).

¹ Introduction to Materials Sciences and Engineering. Techbooks/GTS, 2005. - P.22.

² William D. Callister Jr. Materials Sciences and Engineering. An Introduction. John Wiley & Sons. Ins. 2010. – P. 1000.



5-rasm. Zamonaviy mikroprotessor chipida elektron materiallar



6-rasm. Robototexnikada elektron materiallar qoʻllanishi

Bunday material va mahsulotlar juda keng sohalarda, jumladan, sunʼiy yoʻldoshlar, zamonaviy kompyuter texnikasi, hisoblash mashinalari, raqamli indikatorlar va soatlar, robototexnika kabi tarmoqlarni asosiy elementlari va tayanch detallari yoki jihozlari hisoblanadi (6-rasm). Kremniy asosli yarimoʻtkazgichlar hozirda umumiy elektrotexnika va elektronika, shuningdek, zamonaviy nanoelektronikada asosiy elektron material sifatida qoʻlanilmoqda. Ayniqsa, quyosh elementlari yaratishda u asosiy element va resurs hisoblanadi.

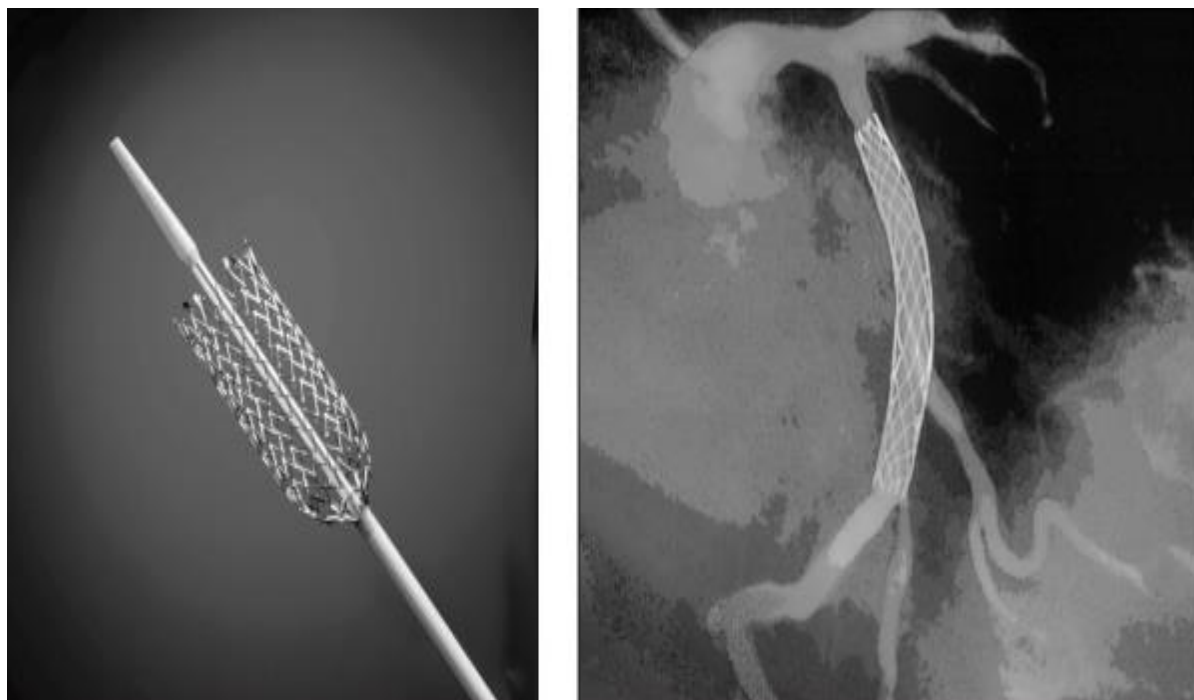
b) Aqlli materiallar. Ayrim materiallar koʻp yillar mobaynida amaliy qoʻllanib kelinadi va ular tashqi muhit (harorat, mexanik kuchlanish, yorugʻlik, namlik, elektr va magnit maydonlar) taʼsirida oʻzining muhim (mexanik, elektrik va boshqa) xossalarini, tuzilishi va funksiyasini oʻzgartirish qobiliyatiga ega boʻladi. Bunday materiallar umumiy holda *“aqlli” materiallar* deb yuritiladi^{1,2}. Aqlli materiallar yoki tizimlar, koʻp hollarda sensorlar yoki aktivatorlar sifatida qoʻllaniladi. Sensorlar muhitning oʻzgarishini sezuvchi vositalar boʻlsa, aktivatorlar esa oʻziga xos funksional xossani yoki uni namoyon qilishni amalga oshirish uchun xizmat qiladi. Masalan, ayrim aqlli materiallar harorat, yorugʻlik, elektr maydon taʼsirlari oʻzgarganda rangini oʻzgartiradi yoki boshqa rang hosil

¹ Introduction to Materials Sciences and Engineering. Techbooks/GTS, 2005. - P.22.

² William D. Callister Jr. Materials Sciences and Engineering. An Introduction. John Wiley & Sons. Ins. 2010. – P. 1000.

qiladi.

Bir qator texnologik muhim bo'lgan aqlli materiallar aktivator funksiyasida *shaklini xotirasida saqlovchi qotishma* yoki *p'ezoelektrik* keramik jihozlar sifatida qo'llaniladi. Ayniqsa, biotibbiyot sohasida shaklini xotirasida saqlovchi qotishmalardan devorlari bo'shashib qolgan arteriyalarni mustahkamligi oshiruvchi devor sifatida yoki torayib qolgan arteriyalarni kengaytiruvchi vosita sifatida foydalaniladi (7-rasm)



a

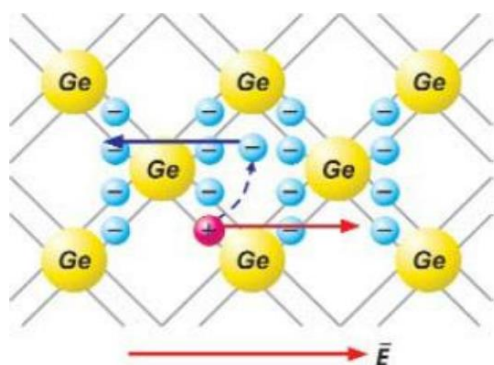
b

7-rasm. Shaklini xotirasida saqlovchi qotishmaning toraygan arteriyani kengaytiruvchi (a) va arteriyaning devorlarini mustahkamligi oshiruvchi (b) sifatida qo'llanishi.

Bunda nikel-titan yoki mis-rux-aluminiy asosidagi qotishmalar qo'llaniladi va zanglamaydigan simlar yordamida arteriyaga kiritiladi.

P'ezoelektrik materiallardan yasalgan akvatorlar mexanik kuchlarning ta'siri ostida elektr maydonini hosil qiladi. Aksincha, elektr maydoni o'zgarishi ayrim materiallarda mexanik hodisalar yoki o'zgarishlarni vujudga kelishiga sabab bo'ladi. Bular elektr va mexanik kuchlar asosida tebranuvchan materiallarni yaratishga imkon beradi. Bunday prinsiplar asosida mikroelektromexanik tizimlar (MEM) yoki mikromashinalar ishlab chiqarish imkoniyati mavjud.

Yarimo‘tkazgichlarning elektr o‘tkazuvchanligi. Endi yarimo‘tkazgich kristali panjarasini kurib chikamiz. Yarimo‘tkazgich atomlari kovalent bog‘langan bo‘ladi. Misol sifatida to‘rt valent elektronli germaniy (Ge) kristalini kurib chikamiz. Kovalent bog‘larning mustaxkamligi tufayli germaniy kristalidagi elektronlar metaldagilarga nisbatan ancha mustaxkam joylashib olgan. Shuning uchun oddiy sharoitlarda erkin ya’ni yaxshi joylasha olmagan bog‘lanmagan, erkin elektronlar kam bo‘lganligi uchun ularning utkazuvchanligi metalarnikidan ko‘p marta kichikdir. Germaniy kristalida erkin elektronlar xosil bo‘lishi uchun kandaydir yul bilan atomlar orasidagi kovalent bog‘larni uzish kerak. Bunga turli yo‘llar bilan erishish mumkin Ulardan biri bu kristalni qizdirishdir. Unda bir kism valent elektronlar kushimcha issiklik energiya ta’sirida kovalent bog‘lanishdan uzilib chikib ketadi. Faraz kilaylik, qizdirish natijasida atomlar orasidagi bir bog‘lanish uzildi, urib chiqarilgan elektron esa erkin elektronga aylanadi.



12-rasm. Germaniy kristalidagi juft elektron bog‘lari

Natijada “kovak” kushni atomga siljiydi. U atom uz navbatida boshka atomdan elektronni tortib oladi va x.k. Natijada bitta elektroni yetishmaydigan chala bog‘ kristal buylab tartibsiz erkin kuchib yurishi mumkin. Uzilgan bog‘larning (kovaklarning) kuchib yurishi kushni bog‘lardagi elektronlarni tortib olish xisobiga sodir buladi, shuning uchun xar safar bir atom uzining uzilgnan bog‘i uchun elektron tortib olganda, u bilan birga bog‘ning kompensatsiyalanmagan musbat zaryadi xam kuchib yuradi. Bu xolatni xuddi yarimo‘tkazgichda yangi musbat zaryadli zarracha paydo bulganidek kabul kilish mumkin. Ushbu zarraning zaryadi elektron zaryadiga teng bo‘lib, ishorasi esa musbatdir. Bunday kvazi zarralar (“kvazi” - deyarli degan ma’noni bildiradi) “kovak”lar deb nomlanadi.

Bog‘dan uzilib chikkan erkin elektron va uning o‘rnida xosil bo‘lgan kovak cheksiz uzoq vakt tura olmaydi. Ma’lum bir vaqtdan so‘ng (10^{-12} dan 10^{-2} sek gacha) ular bir biri bilan yana uchrashib koladilar va ikkalasi xam yo‘k bo‘lib ketadi, buni *rekombinatsiya* deb ataladi.

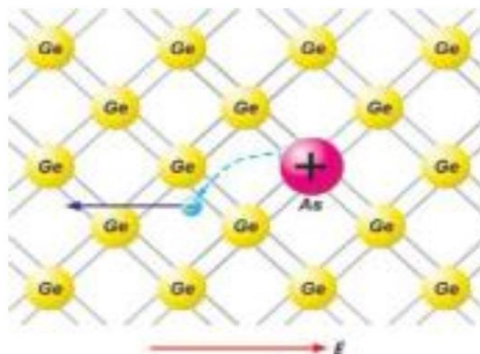
Rekombinatsiya paytida energiya ajralib chikadi, uning kiymati elektron-kovak juftligini xosil kilish uchun sarf bulgan energiyaga tengdir. Ba’zan bu energiya nurlanish kurinishida ajralib chikadi, kup xollarda esa bu energiya kristal panjaraga berilib, uni kizdiradi. erkin elektronlar va kovaklar xosil qilgan o‘tkazuvchanlik yarimo‘tkazgichlarning *xususiy o‘tkazuvchanligi* deb ataladi.

Kovaklar va erkin elektronlar juft juft bulib paydo buladi, shuning uchun toza yarimo‘tkazgichlarda ularning zichligi teng bo‘ladi

$$p = n$$

Yarimo‘tkazgichlarda erkin zaryad tashuvchilarni hosil kilishning yana bir usuli, kristalga atayin turli kirishmalar kiritishdir. Germaniy kristaliga besh valentlik arseniy (As) yoki fosfor (P) atomlari kiritilgan xolatni ko‘rib chikaylik.

Arseniy (As) atomining beshta valent elektroni, u beshta kushni atomlar bilan kimyoviy bog‘ xosil kilish mumkinligini bildiradi.



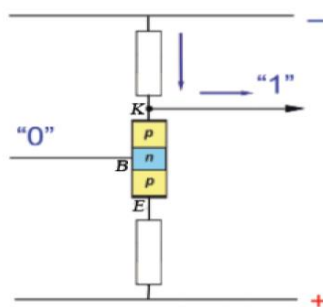
13- rasm. Germaniy kristal parjarasidagi arseniy atomi. n turdagi yarimo‘tkazgich

Germaniy kristalida fakat to‘rtta qo‘shni atom bilan bog‘ xosil kila olish mumkin. Shuning uchun arseniy atomining fakat to‘rtta valent elektroni bog‘ xosil kilishda qatnashadi. Mikrosxemadagi kuchsiz signallar tranzistorlar orkali kuchaytirilib motorlarni, robotlarni, sun‘iy mushaklarni boshqara oladi. Skanerlovchi miroskopdagi nanoamperli tunnel tok ham tranzistorlar yordamida kuchaytiriladi. Tranzistorda kichik tok katta tokni boshkaradi, bu elektronikaning

asosidir. Boshkarish deganda xar doim signallarni kuchaytirish nazarda tutilmaydi. Mantiqiy axborot tashuvchi signallar yordamida xam boshkarish mumkin. Demak, olingan informatsiyani maksadga muvofik ravishda o'zgartirish, ya'ni *qayta ishlash* mumkin. Bu ishlarni nol va birdan iborat ikkilik kodida ishlovchi miroprotsessorlar amalga oshiradi.

SMOS (komplementar metal-oksid yarimo'tkazgich) mantiqiy kurilmalarida musbat yoki nol kuchlanish "0" ni anglatadi, manfiy kuchlanish esa "1" ni bildiradi. Baza zanjiri ko'shilmaganda emitter zanjiridan tok o'tmaydi. Bu xolat mantiqiy "0" ga mos keladi. Bazaga manfiy kuchlanish berilganda zanjirda tok xosil bo'ladi, bu mantiqiy "1" ga mos keladi

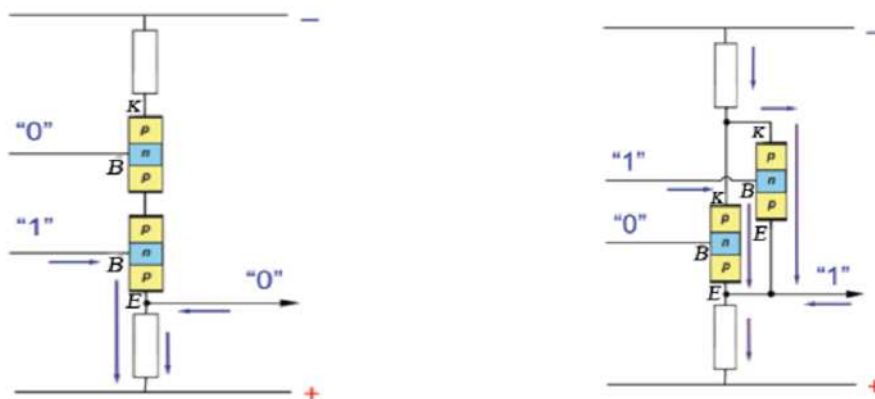
Chikishni tranzistor kollektoriga ulasak, jarayon aksincha kechadi. Bu holda "0" ni "1" ga, 1 esa 0 ga aylantiruvchi. Bu "emas" (NE) nomli mantiqiy sxemaga ega bo'lamiz



14 - rasm. Bir tranzistorli "Emas" mantiqiy kurilmasi

Bir necha tranzistorlar yordamida mantiqiy "VA", "YoKI" va boshka murakkab mantiqiy sxemalarni xosil qilishimiz mumkin. Zamonaviy texnologiyalar yordamida o'lchamlari bir necha mikron bo'lgan tranzistorlar, fotosenszorlar ishlab chikilishi mumkin

Birok, texnikaning keyingi rivoji nanometr ulchamli tranzistorlar yaratishni takozo eta boshladi Bir kancha tranzistorlarni biriktirib barcha "VA", "YoKI" va "EMAS" mantiqiy sxemalarni xosil qilishimiz mumkin. Kompyuterlarning tezkorligi birlik yuzaga joylashgan tranzistorlar soniga to'g'ri bog'langan.



15 - rasm. "VA" va "YoKI" tranzistorli sxemalar

Nanometr o'lchamli tranzistorlar yaratish uchun kilingan birinchi xarakteristiklar yaxshi natijalar berdi. Bu xakda keyingi mavzularda batafsil to'xtab o'tamiz.

Integral mikrosxema. Mikrosxemalarning elektronika ko'llanilishi bu soxada inqilobiy o'zgarishlarga olib keladi. Bu kompyuter sanoatida yorqin namoyon buldi. Minglab elektron lampali, butun binoni egallagan hisoblash mashinalari urniga ixcham, stol ustida, xatto chuntakda joylasha oladigan kompyuterlar kirib keldi.

Integral sxema (IS) - bu mikroskopik kurilmalarning (diod, tranzistor va boshkalar) bitta taglikda yotilgan tizimidir. Ular kovurilgan kartoshka bulakchalariga (inglizcha chip) uxshagani uchun, ba'zan ularni chiplar xam deb ataladi

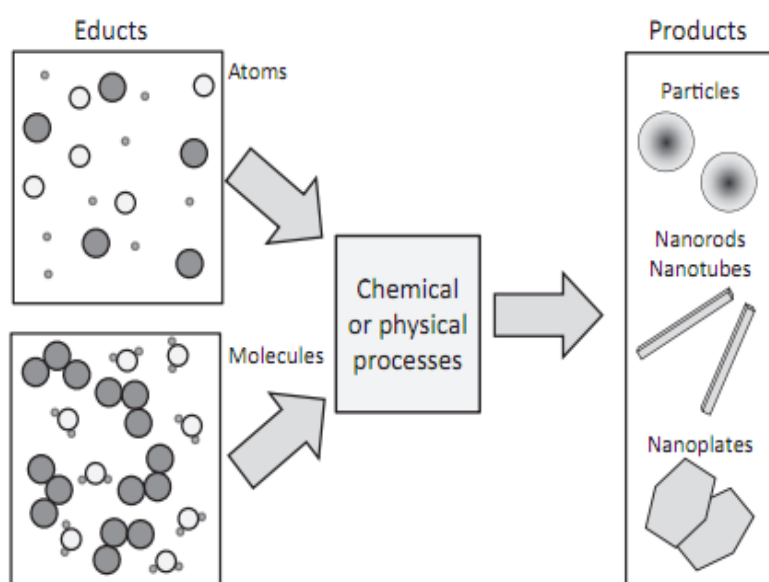
Yuzasi 1 sm^2 bo'lgan chipda millionlab mikroskopik kurilmalar joylashadi. Albatta bunday kichik yuzada joylashgan million tranzistorni ko'lda bir biriga ulab chikib bo'lmaydi. Bu holatdan chikish uchun yagona qurilmada - integral sxemada barcha yarimo'tkazgich kislarni va ular orasidagi bog'lanishlarni bir texnologik jarayonga biriktirib ishlab chikarish usullari paydo bo'ldi.

Nanomateriallar va ularning o'ziga xos noyob xossalari.

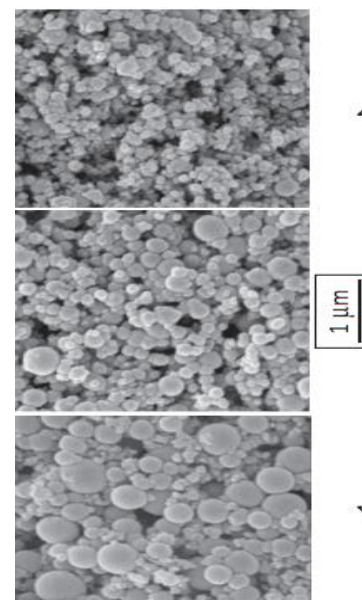
Nanomateriallar. Zamonaviy materiallarning ushbu turi asosan o'lchami, ya'ni masshtabini (zarrachalar diametri, qirralari o'lchami, qatlam qalinligi) 100 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) dan kichikligi va fizik, fizik-kimyoviy xossalarni yuqori saviya, samara va ko'rsatgichlarda namoyon qilishi bilan ananaviy materiallardan keskin farq qiladi. Nanomateriallar shartli ravishda bo'lingan bir qator turlari

mavjud bo'lib, ularning asosiy vakillari nanometall, nanopolimer, nanokeramik, nanoelektronik va nanokompozit deb yuritiladi. Bu borada o'lchami 100 nm dan kichik bo'lgan keramik kukunlar, metall zarrachalar, polimer plenklar, elektronik o'tkazgichlar o'zining nanomateriallar yoki nanostrukturali materiallar sifatidagi tabiatini namoyon qilgan.

Nanomateriallar shakllanish prinsiplari va ular asosida olinadigan turli shaklli mahsulotlar 8-9- rasmda ifodalangan.



8-rasm. Nanomateriallar shakllantirish



9-rasm. Nanozarrachalar

Nazorat svollari

1. Nanofizika va nanotexnologiyalar predmetining asosiy vazifalari nimalardan iborat?
2. Zonalar nazariyasi, metall, dielektrik va yarimo'tkazgichlar xaqida tushinchalar bering.
3. Nanomateriallar, ularning fizik xususiyatlari va amaliyotda qo'llanishining ahamiyani izohlang.
4. Nanomaterialshunoslik nima?

5. Zamonaviy materialshunoslik nimalarni o‘z ichiga oladi?
6. Metall va keramik materiallar tarkibiga nimalardan iborot?
7. Metall nanozarrachalarni barqarorlashtirishda nima uchun kerak?
8. Qanday materiallar “aqlli” materiallar deb yuritiladi?
9. Kompozitlar deganda nimani tushinasiz va ular nima uchun shakllantiriladi?

2-MAVZU: Nanostrukturalarda fundamental elektron hodisalar, kvant o‘lcham effektlari. kvant chegaralanishi. nanoob’yektlarni sintezlash usullari, “yuqoridan-pastga” va “pastdan-yuqoriga” texnologiyalar, fotolitografiya.

REJA

1. Nanofizika predmeti, nanoob’yektlar, nanostrukturalar va nanodispers tizimlar shakllanish prinsiplari.
2. Nanomaterialshunoslik asoslari, unda fundamental va amaliy fanlar hamda texnologiyalar va ishlab chiqarishning hamjihatligi.
3. Metall, keramika, polimerlar, kompozitlar asosida nanomateriallar shakllantirish imkoniyatlari.
4. Nanofizikaning nanoob’yektlar va nanomateriallar yaratishdagi roli va ustuvorligi.

Tayanch iboralar: *nanoob’yektlar, nanodispers tizimlar, nanoo‘lchamli materiallar shakllanishi, nanometallar, nanozarrachalar, nanostrukturalar, nanokompozitlar.*

1. Nanofizika predmeti, nanoob’yektlar, nanostrukturalar va nanodispers tizimlar shakllanish prinsiplari

“Nanotexnologiya” so‘zining o‘zida 2 ta atamani “nano” va “texnologiya” terminlarini ko‘ramiz. Avval ikkinchi tushunchani aniqlash lozim¹.

Ensiklopedik lug‘atda “texnologiya” so‘zi quyidagicha tavsiflangan: u

¹ William D. Callister Jr. *Materials Sciences and Engineering. An Introduction.* John Wiley & Sons. Ins. 2010– P. 1000

yunoncha “techne” – “san’at”, “mahorat” va “bilish” + “logos” – “fan” qo’shma so’z bo’lib, biror bir mahsulot ishlab chiqarishdagi ishlov berish, tayyorlashni, holati xossasini, shaklini o’zgartirish jarayonlarining umumlashgan uslubini bildiradi.

Texnologiyaning vazifasi – tabiat qonunlaridan inson manfaati uchun foydalanishdir. “Mashinasozlik texnologiyasi”, “suvni kimyoviy tozalash texnologiyasi”, “axborot texnologiyalar” va boshqalar mavjud.

Ko’rinib turibdiki, texnologiyalar boshlang’ich xom ashyoning tabiatiga ko’ra bir-biridan ajralib turadi. Metall (temir) tuzilmalar va informatsiya (ma’lumot) orasidagi kuchli farqlanishlar ularga ishlov berish va o’zgartirish uslublaridagi farqlarni belgilab beradi¹.

Texnologiyalarni sanab o’tganimizda “yuqori texnologiyalar” degan tushunchani esga olmaslik mumkin emas. Yuqori texnologiyalar deb, nisbatan yaqinda paydo bo’lgan, hamma joyda tarqalib ulgurmagan samarali bo’lgan texnologiyalarni tushunishga o’rganib qolganmiz. Bu texnologiyalar asosan mikroelektronika sohasiga oid bo’lib, asbob-uskunalarining juda kichik o’lchami bilan bog’liq.

Minglab yillar avval ota-bobolarimiz trillionta atomlarga ega bo’lgan toshlarni olib, ulardan milliard, trillionta atomlarga ega bo’lgan qatlamlarini yo’nib, kamon o’qlarining o’tkir uchlarini tayyorlashgan. Ular qiyin bo’lgan ishlarni juda ustalik bilan bajarishgan. O’sha uzoq vaqtlarda toshlarni bunday yo’nish usulini o’ylab topgan odam uni yuqori texnologiya deb ataganda xato qilmagan bo’lardi. Masalan, 15-20 yil avval uyali telefonlarni “high-tech” turdagi uskunarlar deb hisoblangan. Hozirda esa “mobil telefoni” bilan hech kimni hayron qoldira olmaysan.

Shuning uchun ham jamiyat rivojlanishi bosqichida unga oid barcha ilg’or texnologiyalarni “yuqori texnologiyalar” deb atash joiz bo’lsa kerak.

Endi “nanotexnologiya” tushunchasining o’ziga ta’rif beramiz.

¹ William D. Callister Jr. *Materials Sciences and Engineering. An Introduction.* John Wiley & Sons. Ins. 2010– P. 1000

Nano qo‘shimchasi (yunon “nannos” – “mitti”) u yoki bu birlikning, bizning xolatda metrning, milliarddan bir (10^{-9}) bo‘lagini (nanometr- nm)ni anglatadi. Atomlar va juda mayda molekulalar 1 nanometr tartibdagi o‘lchamga ega.

Ingichka sochning o‘ndan bir qalinligi o‘lchamidagi tarkiblovchili zamonaviy mikrosxemalar chaqmoq tosh yo‘nuvchilar standartlarida kichkina deb hisoblanadi, ammo trillionlab atomlarga ega tranzistorlarning har biri va mikrochiplar hamon oddiy ko‘z bilan ko‘riladi.

Toshga qo‘lda ishlov berishdan boshlab to kremniyli chiplar tayyorlashgacha kuzatish mumkin bo‘lgan texnologiyalar atom va molekulalarning katta birikmalaridan tashkil topgan xom-ashyodan foydalanadi. Bu yo‘nalishni “*balk-texnologiya*” (ing. “bulk” – to‘p-to‘p, to‘plangan) deb atash mumkin.

Nanotexnologiya har bir atom va molekulalar bilan juda aniqlik bilan ishlashi lozim. U dunyoni biz xayolimizga keltiraolmaydigan darajada o‘zgartirib yuborishi mumkin.

Atom – (grek. “atomos” – “bo‘linmas”) – kimyoviy elementning juda mayda zarrachasi bo‘lib, boshqa atomlar bilan birlashib murakkab birikmalarni – molekulalarni hosil qila oladi [2].

Ye‘tibor bersangiz “atom” so‘zining so‘zma-so‘z tarjima qilinishi noto‘g‘ridir va haqiqatdan atom zaryadlangan yadro va manfiy zaryadlangan elektronlardan tashkil topgan. Ammo bu so‘zni qadimgi grek faylasufi Demokrit o‘ylab topgan va hamma undan foydalanishga o‘rganib qolgan.

Nanotexnologiya – *bu ma’lum atomar tuzilishli mahsulotlarni, ularning atom va molekulalarini joylashtirish yo‘li bilan ishlab chiqarish usullari yig‘indisidir.*

Nanotexnologiyaga berilgan bunday ta’rifga ko‘ra tabiiy savol tug‘iladi: materiallarni atom va molekulalar darajasida manipulyatsiya- lashimiz (bu yerda ishlashimiz) mumkinmi? Bizning barmoqlarimiz nanomasshtab uchun juda ham kattalik qiladi-ku. Bu savol zamonaviy nano fanining jumbog‘i bo‘lsa kerak. Bu jumboqni yechishning eng chiroyli yo‘lini erik Dreksler o‘zining “Yaratish (barpo etish, vujudga keltirish) mashinalari” kitobida taklif qildi. Atomlar bilan ishlash

uchun u maxsus nanomashinalarni yoki *assemblerlarni* yaratdi.

Ularni ko‘z oldimizga keltirish uchun avvalo molekulalar qanday tuzilganligini rasm orqali ko‘rishimiz lozim bo‘ladi. Buning uchun biz atomlarni munchoqlar ko‘rinishida chizamiz, molekulalarni esa sim orqali bir-biriga bog‘langan munchoqlar guruhi deb ko‘rsatamiz. Atomlar yumaloq shaklga ega (sharlarga o‘xshash), molekular bog‘lanishlari – sim bo‘laklari bo‘lmasa-da, biz ko‘z oldimizga keltirgan model bizga bu bog‘lanishlar uzilishi va qayta tiklanishi mumkin ekanligini ko‘rsatadi.

Nanomashinalar atom va molekulalarni ushlab olishni bilishi va ularni xoxlagan tartibda bir-biriga bog‘lay olishi lozim. Shuni ta’kidlash lozimki, bunday mashinalar tabiatda minglab yillardan buyon muvaffaqiyat bilan ishlab kelmoqda. Misol tariqasida ribosomalar tomonidan oqsilni sintez qilish mexanizmini keltirish mumkin.

Nanotexnologiyalardan foydalanishning imkoniyatlari bitmas-tuganmasdir: saraton hujayralarini nobud qiluvchi va zararlangan to‘qima va a‘zolarini tiklovchi organizmda “yashovchi” nanokompyuterlardan tortib, to atrof muhitni ifloslantirmaydigan avtomobil dvigatellari bo‘lgan asbob, qurilmalarni yaratish kelajagi mavjud.

Nanonotexnologiyalar quyidagi prinsipial jihatlarga ega bo‘ltb, uni amalga oshirishda 1-rasmda keltirilgan ketma-ketlik ustvuvordir [1].

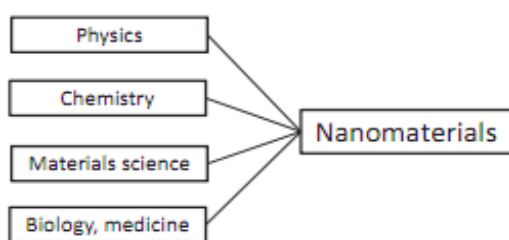


Figure 1.1 To understand and apply nanomaterials, besides knowledge on materials science, a basic understanding of physics and chemistry is necessary. As many applications are connected to biology and medicine; knowledge in these fields are also of advantage.

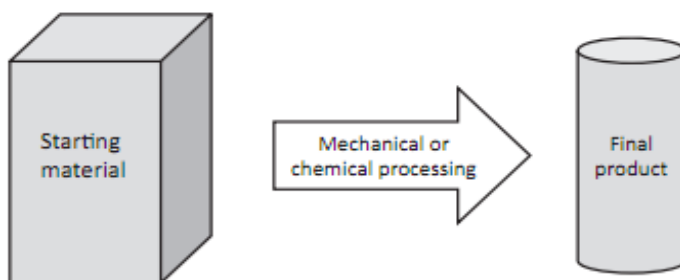


Figure 1.2 Conventional goods are produced by top-down processes, which start from bulk material. Using mechanical or chemical processes, the intended product is obtained.

1-rasm. Nanotexnologiya asoslari

Oqsillar – barcha hujayralarning hayot faoliyatini ta’minlovchi zaruriy tarkibiy qismidir. Oqsillarning organizmdagi (tanadagi) roli xilma - xildir. Tanamizdagi barcha hayotiy jarayonlarda uning o’sishi va ko‘payishini boshqarishda ishtirok etadigan oqsillar – gormonlar ajralib turadi. Yorug‘lik sezuvchi maxsus, oqsil – rodopsin hisobiga ko‘zimiz to‘r pardasida tasvir paydo bo‘ladi. Aktin va miozin oqsillari hisobiga mushaklarimiz qisqaradi va bo‘shashadi, buning natijasida biz harakat qila olamiz. Organizmdagi barcha kimyoviy jarayonlar maxsus oqsillar – fermentlar ishtirokida kechadi. Ularsiz ovqat xazm qilish, nafas olish, moddalar almashuvi, qon ivishi va boshqalar sodir bo‘lmaydi. Oqsillar himoya funksiyasini ham bajarishadi, organizmga kasallik keltirib chiqaruvchi bakteriyalar yoki zaharlar tushsa, ular immunoglobulin oqsillarini ishlab chiqaradi va zararli ta’sirlarni yo‘q qiladi.

Oqsillar va ular faoliyati funksiyalarining xilma-xilligi bilan tanishganimizda, o‘simlik va hayvonot olamining barcha oqsillari – mutlaq inert oqsillardan to biologik faol bo‘lgan oqsillargacha – peptidli bog‘ deb ataladigan kimyoviy bog‘lardan tuzilgan bo‘lib, ular yagona standart zanjirlar -

aminokislotalar zanjiridan tashkil topganini ko‘ramiz. Tashqaridan oqsil molekulasi ipdagi shodalarning ketma-ket joylashishiga o‘xshaydi va unda shodalar rolini aminokislotalar molekulalari bajaradi. Ko‘p oqsillar tarkibida bunday “shodalar” o‘rtacha 300-500 ta bo‘ladi.

Tabiatda barcha aminokislotalar 20 ta turda bo‘ladi, ularni maxsus “kimyoviy alifbe”ning yigirmata “harfi” ga o‘xshatish mumkinki, bu “harf” lardan oqsillar -300-500 harfdan iborat “so‘zlar” tuzilgan bo‘ladi. Bunday yigirma harf yordamida juda ko‘p uzun so‘zlar yozish m.umkin. Agar so‘zdagi harflardan birinasini almashtirilsa yoki ko‘chirilsa, so‘z yangi ma’noga ega bo‘ladi, 500 ramzli so‘zda imkoniy kombinatsiyalar soni 20500 ta bo‘ladi.

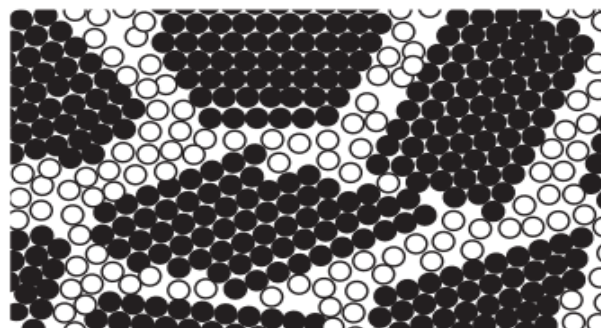
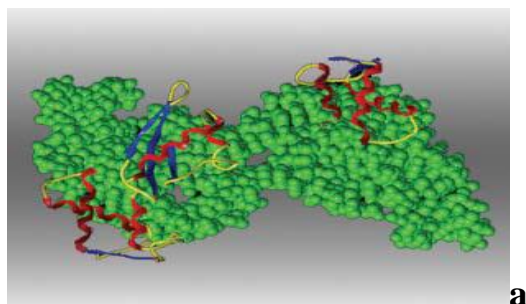


Figure 3.2 Nanocrystalline material. The full circles represent atoms in the crystallized phase, whereas the open circles represent atoms at the grain boundary.

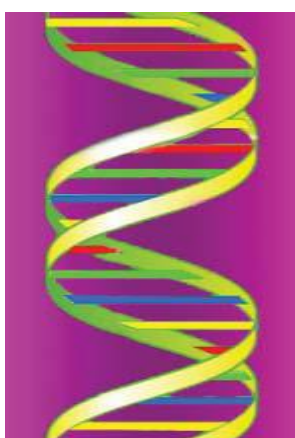
b

2-rasm. Oqsilning tuzilishi (a) va nanokristall material (b).

Har bir oqsil zanjiri *faqat shu oqsilgagina* xos bo‘lgan, faqat ma’lum bir sondagi va aminokislotalar kombinatsiyasidan qurilgan ketma-ketlikdagi u yoki bu oqsilga harakterli bo‘lgan aminokislotalar yagona kombinatsiyasigina ularning kimyoviy va biologik xossalarini belgilab beradi. Bir dona aminokislota zanjirining o‘rni o‘zgartirilishi, almashtirilishi yoki yo‘qotilishi oqsil molekulalari xossalarining tubdan o‘zgarishiga olib keladi. Bundan kelib chiqib, alohida oqsilni sintez qilishda uning tuzilishidagi aminokislotalar zanjirlari ketma-ketligi haqida

to'liq ma'lumotga ega bo'lish kerak ekan. Tabiatda bunday ma'lumot maxsus tashuvchi – DNK molekulasida saqlanadi, unda organizmda mavjud bo'lgan barcha oqsillar tuzilishi haqida ma'lumot bo'ladi.

Bir oqsildagi aminokislotalar ketma-ketligi haqidagi ma'lumotlar joylashgan DNK molekulasining bir bo'lagi **gen** deb ataladi. Shuning uchun DNK dagi ma'lumotni genetik ma'lumot deyiladi. Gen esa irsiy materialning birligi hisoblanadi. DNKda bir necha yuzgacha genlar bo'ladi. DNK molekulasi (dizoksiribonuklein kislota) biri ikkinchisi atrofiga o'ralgan spiralsimon ikkita ipdan iborat. Bunday qo'sh spiralning eni taxminan 2 nm bo'ladi. Uzunligi esa undan 10 ming marta ko'p – bir necha yuz ming nanometrdir. Irsiy ma'lumotni tashuvchi DNK qo'sh spiralini topgani uchun 1962 yilda olimlar Uotson va Krik Nobel mukofotiga sazovor bo'ldilar.



a

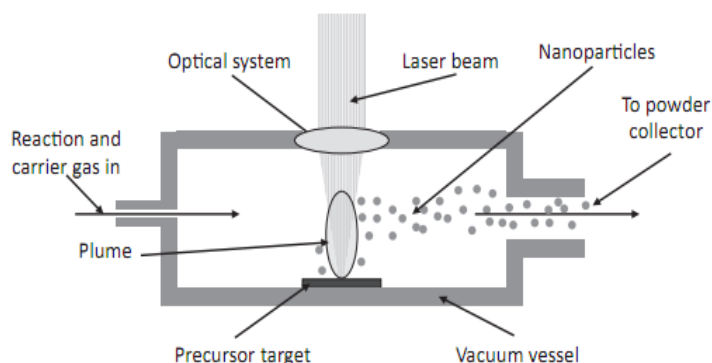


Figure 4.11 Schematic drawing of the experimental setup for nanoparticle synthesis applying laser ablation. The pulsed laser beam is focused at the surface of the precursor target that may be a metal or an oxide. The high-intensity laser beam causes a plume, a supersonic jet of evaporated

material, which is ejected perpendicular to the target surface, expanding into the gas space above the target. The particles formed by condensation in the plume are transported with the carrier gas to the powder collector.

b

3-rasm. DNK tuzilishi (a) va nanozarrachalar olish qurilmasi (b).

DNK iplari esa nukleotidlar zanjiridan tashkil topgan, **nukleotidlar** – organik materiallar bo'lib, bir-biri bilan bog'liq 3 ta molekula: azotli asos, 5 uglerodli shakar (pentoza) va fosfor kislotasi qoldig'idan iborat bo'ladi. Nukleotidlarni azotli asoslarning tarkibiga kiruvchi 4 tipi (turi): *adenin* (A), *guanin* (G), *sitozin* va (T) *timin* nomi bilan nomlangan. Nukleotidlar 4 turining DNK zanjirida joylashish tartibi juda muhimdir - u oqsillardagi aminokislotalar tartibini,

ya'ni ularning tuzilishini belgilaydi.

DNKda oqsil tuzilishi dasturlashtirilganini tushunish uchun Morze alifbosini eslash kifoya, unda alifboning barcha harflari, tinish belgilari va sonlar qisqa (nuqta) va uzun (tire) signallar kombinatsiyasida belgilanadi. DNKda ham xuddi shunday shifr mavjud ekan. Huddi Morze alifbosida har bir harfga nuqtalar va tirelarning muayyan ketma-ketligi mos keltirilganidek, DNK kodida nukleotidlarning ma'lum ketma-ketlikda kelishi oqsil molekulasidagi ma'lum bir aminokislota mos kelar ekan. DNK kodini bilish – bu har bir aminokislota mos bo'lgan nukleotidlar ketma-ketligini bilish demakdir.

2. Nanomaterialshunoslik asoslari, unda fundamental va amaliy fanlar hamda texnologiyalar va ishlab chiqarishning hamjihatligi.

Barcha imkoniy son, harf va tinish belgilarini kodlashtirish uchun bizga 2 ta ramzni bilish kifoya qilar ekan. Bitta aminokislota kodlashtirish uchun esa birgalikda 3 nukleotid o'zi yetarli bo'ladi (4 ta nukleotiddan 64 ta kombinatsiya hosil qilish mumkin, har birida 3 tadan nukleotid bor: $4^3=64$). Bunday birikmalar *triplet* yoki *kodon* deb ataladi.

DNK kodi *bir qiymatga ega* (1 triplet 1 tadan oshmagan aminokislota shifrlaydi) va *universallikka ega*, (ya'ni Yerda barcha yashovchi va o'suvchi – bakteriyalar, zamburug'lar, donlilar, chumoli, qurbaqa, ot, inson – ayni bir tripletlar ayni bir aminokislotalarni shifrlaydi). Hozirgi vaqtda DNK kodi butunlay oshkorlangan, ya'ni har bir aminokislota uchun kodlovchi triplet aniqlab qo'yilgan. O'quvchiga yana bir marta eslatamizki, DNK ketma-ketligida faqat bir nukleotidni almashtirish yoki chetlatish sintezlovchi oqsillar tuzilishini buzadi. Genetik kod tilga o'xshagani uchun bunga yaqqol misol qilib harfli tripletlardan tuzilgan quyidagi iborani keltirish mumkin:

Bu iborada tinish belgilari bo'lmasa ham uning ma'nosi va mantiqi bizga tushinarli, iboradagi birinchi harfni olib tashlasak va uni yana tripletlar bilan o'qisak, unda hech qanday ma'nosiz narsa kelib chiqadi:

Huddi shunday genetik ma'nosiz narsa gendan bir nukleotid tushib qolganda ham paydo bo'ladi. Bunday buzilgan gendan o'tgan oqsil organizmda jiddiy

genetik kasalliklarni keltirib chiqarishi mumkin (Daun kasalligi, qandli diabet, mushak distrofiyasi va boshqalar). DNK informatsion matritsasidagi bunday xato shu oqsilni sintezlash vaqtida qaytaraliveradi. Huddi kitob yoki gazeta nashr ettirilayotganda, matritsadagi xato qaytarilavergani kabi.

Barcha oqsillar sintezi uchun matritsa bo'lgan DNK molekulasi o'zi sintezlash jarayonida ishtirok etmaydi. U faqatgina genetik ma'lumotlarni tashuvchidir.

Oqsil sintezida uning tuzilishi haqidagi ma'lumot avval DNKdan **ribosoma** molekulasi – oqsil ishlab chiqaruvchi o'ziga xos fabrikaga yetkaziladi. Bunday ma'lumotlarni ko'chirish *tashuvchi* informatsion RNK (t- RNK, t- ribonuklein kislotasi) molekulasi yordamida amalga oshiriladi, u DNKning bir qismining aniq nusxasi, oynadagi aksidir. I-RNK esa DNK molekulasi bir ipi bilan komplementar bo'lgan bir zanjirli spiral.

DNKdan RNKga genetik ma'lumotlarni nusxalash jarayoni **transkripsiya** (lotin “transcriptio” – ko'chirib yozish) deb ataladi. Ko'chirib yozish jarayonida maxsus ferment – polimeraza DNK bo'ylab harakatlanib ketma-ket ravishda uning nukleotidlarini o'qiydi va komplementarlik prinsipi bo'yicha I-RNK zanjirini hosil qiladi, ya'ni DNK dan u yoki bu gen “chizma”sini oladi.

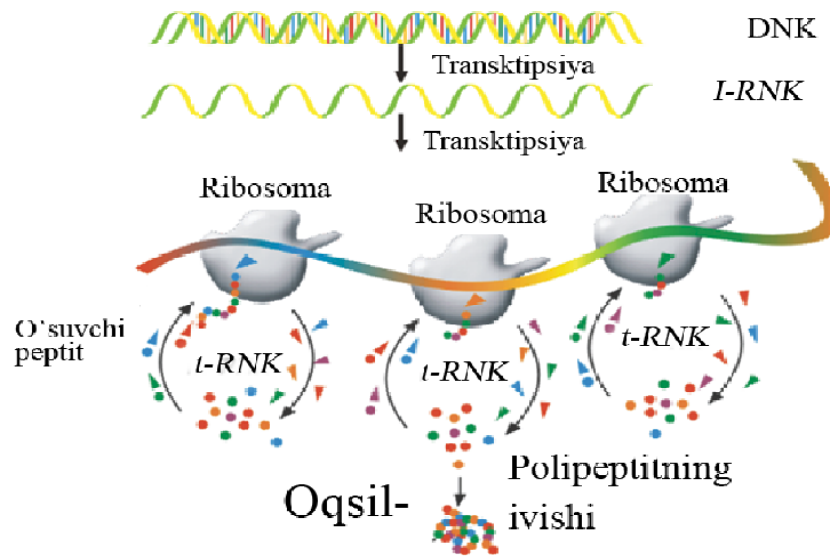
Har bir gendan xoxlagan sondagi RNK nusxalarini olish mumkin. Shunday qilib, oqsil sintezi jarayonida I-RNK perfokarta rolini bajaradi, unga aniq bir oqsil qurilishi “dasturi” yozilgan bo'ladi.

Perfokarta – eski hisoblash mashinalarida dastur yozish uchun ma'lum bir joylarida yorug'lik nuri o'tishi uchun teshikchalar qilib qo'yilgan qattiq qog'oz bo'lagi yoki tasmasi.

I-RNK molekulasi unga yozilgan dastur bilan ribosoma tomon yo'naladi, u yerda oqsil sintezlanadi. U tomonga yana oqsil quriladigan materiallar – aminokislotalar oqimi ham yo'naladi. Aminokislota ribosomaga mustaqil emas, balki harakatlanuvchi *transport* RNK (t-RNK) yordamida o'tadi. Bu molekulalar turli aminokislotalar ichidan “o'zining” aminokislotasini ajrata oladi, o'ziga qo'shib ribosomaga olib boradi.

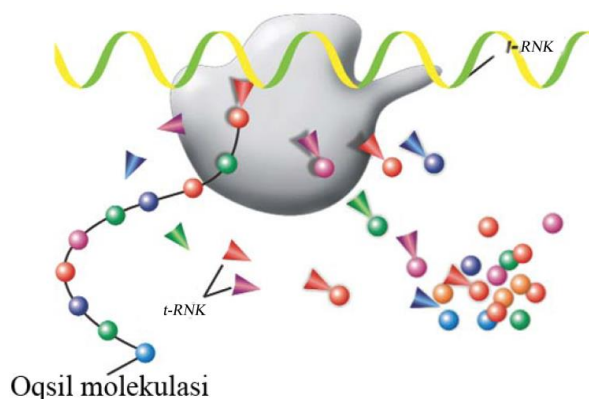
Ribosomalarda oqsil sintezini *translyatsiya* (lotin. “translatio” - uzatish) deb ataladi.

Oqsil molekulasini qurilishi davomida ribosoma i-RNK bo‘ylab “o‘rmaydi” va shu i-RNKga dasturlashtirilgan oqsilni sintezlaydi. I-RNK bo‘ylab ribosoma qancha uzoqqa ko‘chib borsin, oqsil molekulasining shuncha katta qismi “yig‘ilgan” bo‘ladi. I-RNK tasmasida, konveerdagiga o‘xshab, bir vaqtning o‘zida bir oqsilning o‘zini bir necha ribosomalar tomonidan yig‘ish davom etaveradi (4-rasm). Ribosoma i-RNKning oxiriga yetganida sintez tugaydi.



4-rasm. Ribosoma oqsilining sintez jarayoni.

Endi ribosomaning ishlash mexanizmi to‘xtalib o‘taylik. Rasmga murojaat qilamiz. Ribosoma i-RNK bo‘ylab bir tekisda harakatlanmaydi, to‘xtab-to‘xtab “qadamma-qadam”, triplet ketidan triplet tarzda harakatlanadi. Ribosomaning i-RNK bilan tegishgan har qadamida unga ulangan aminokislotali t-RNKning molekulasini “suzib” keladi. Oldin aytilganidek, har bir t-RNK faqat “o‘z” aminokislotasini taniydi va uni oqsil quriladigan joyga keltirish uchun birlashtirib oladi. Bu unda muayyan aminokislotaga mos triplet borligi tufayli sodir bo‘ladi. Agar t-RNKning kodli tripleti ayni paytda ribosomada bo‘lgan i-RNK tripletiga komplementar bo‘lib chiqsa, unda aminokislota t-RNKdan ajralib chiqadi va oqsilning qurilayotgan zanjiriga birikadi (oqsil molekulasiga yana bir “munchoq” qo‘shiladi).



5-rasm. Ribosoma oqsilni sintez qilmoqda.

Soʻngra, ozod t-RNK ribosomadan atrof muhitga chiqarib tashlanadi. Bu yerda u aminokislotaning yangi molekulasini tutib oladi va ishlayotgan ribosomalarning xohlaganiga olib boradi. Bizning ribosoma esa i-RNK boʻylab oldinga keyingi “qadam”ni bir triplet qadar qoʻyadi. Asta-sekinlik bilan ribosoma i-RNK triplet ketidan triplet harakatlanadi va birin ketin oqsil zanjiri koʻpayib boradi.

I-RNKning butun uzunligi boʻyicha oʻtib boʻlib, ribosoma tayyor oqsil bilan undan “tushib” qoladi. Soʻngra, oqsil molekulasini hujayraning shu turdagi oqsil zarur boʻlgan tomoniga yoʻnaladi, ribosoma esa boshqa ixtiyoriy i-RNK tomon yoʻnaladi (ribosoma har qanday oqsilni sintezlay oladi; oqsil harakteri faqat i-RNK matritsasiga bogʻliq boʻladi).

Shunday qilib, ribosomalar oqsil va RNKdan qurilgan nanomashinalar murakkab molekular qurilishga dasturlashtirilishi mumkinligini, yaʼni ular hohlangan molekular tuzilmalar ishlab chiqarish uchun tabiiy assemblerlar (atomlar yigʻuvchi) boʻlishini tasdiqladi ^{2,3}

Gen injenerlari hozir biologik tabiiy materiallar: aminokislotalar, oqsillar, DNK molekulari va boshqalardan foydalanib, birinchi eksperimental sunʼiy nanomashinalar qurishga harakat qilishmoqda. Ammo, biologiksimon nanomashinalar – bu organikadir va ularning imkoniyatlari chegaralangan boʻladi. Ular yuqori temperatura va bosimda barqarorlikni yoʻqotadi yoki buzilib ketadi,

2. Feng Kai. In investigation on phase behavior and orientation factor of electrospun nanofibers. The Uni. of Tennessee, Knoxville (US), 2005. –P. 106.

3. Mustafa Akay. Introduction to Polymer Science and Technology & Ventus Publishing ApS, 2012, - P.169.

nurlanishlardan ta'sirlanadi, qattiq materiallarga ishlov bera olmaydilar, kimyoviy agressiv muhitlarda ishlay olmaydilar. Shuning uchun ham insoniyatning balk-texnologiyada yaratgan ko'plab ishlanmalaridan voz kechish to'g'ri bo'lmaydi. G'ildirakdan kompyutergacha – bularning hammasi tabiat “o'ylab topmaganlardir”.

Metall, keramika, polimerlar, kompozitlar asosida nanomateriallar shakllantirish imkoniyatlari.

Biologiksimon tuzilishlarsiz ayrim atom va molekulalardan foydalanish qiyin bo'ladi. Shuning uchun nanomashina – assemblerlar tirik va texnik sistemalar sintezidan iborat bo'lishi lozim. Dreksler assemblerga quyidagicha ta'rif beradi:

Assembler – *bu o'z-o'zini replikatsiyalash(ko'paytirish) xossasiga ega bo'lgan molekular mashinadir, u amalda har qanday molekular tuzilishni yoki qurilmani sodda kimyoviy qurilish bloklaridan qurishi uchun dasturlanishi mumkin.*

Assemblerning asosiy vazifasi – bu atom va molekulalarni berilgan tartibda birlashtirishdir. U har qanday maqsadga yo'naltirilgan nanosistemalarni – dvigatellar, stanoklarni, hisoblash uskunalarini, aloqa vositalarini qura olishi lozim. U RNK yoki DNK zanjiriga o'xshash, “perfolentali” almashadigan dasturli universal molekular robot bo'ladi.

Yig'uvchining tashqi ko'rinishini bir necha atom uzunligidagi manipulyator “qo'lli” nanometr o'lchamidagi “quti”ga o'xshash deb tasavvur qilish mumkin. Manipulyator uchun boshlang'ich (dastlabki) material bo'lib atomlar, molekulalar va kimyoviy faol molekular konstruksiyalar (qurilmalar) xizmat qilishi mumkin. Yig'uvchining ichiga manipulyator ishlashini boshqaruvchi va uning barcha harakatlari dasturi joylashgan uskunalar o'rnatiladi. Murakkab tuzilishli katta molekulalar tashkillash katta joylashtirish aniqligini talab qilgani uchun assembler bir necha shunday manipulyatorlarga ega bo'lishi kerak.

Assembler nimasi bilandir o'rgimchakka o'xshab ketadi, u bir “oyoqlari” bilan sirtga yopishib tursa, qolganlari bilan atom ketidan atom tarzida murakkab

molekular tuzilmalarni yig'adi. Nanoassemblerning eng ommaviy sxemasi rasmda ko'rsatilgan (6-rasm). Yig'uvchilarni – sanoat robotlarini boshqarishda ishlatiladigan, qandaydir oddiy tilda dasturlashtirilgan va inson boshqaradigan odatiy kompyuterga ulangan nanokompyuterlar boshqarishi lozim. Inson – operator kompyuterda alohidagi molekular tuzilishidagi qandaydir konstruksiyani modellashtirayotganini ko'z oldimizga keltiraylik. Kerakli ob'yektni “chizib” olib u assemblerlarga buyruq beradi, u esa uni birin-ketin (atomm-atom) qura boshlaydi. Biroz vaqtdan so'ng konstruktorda berilgan harakteristikalar bo'yicha, inson ko'p ishtirok etmagan, tayyor buyum paydo bo'ladi.

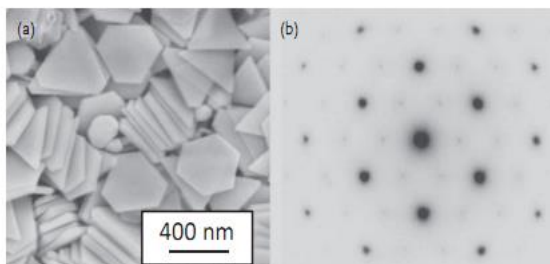
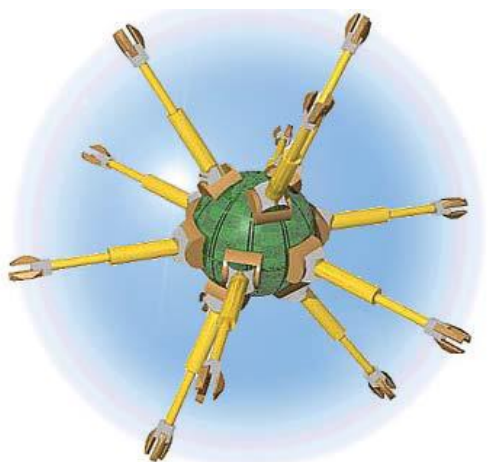


Figure 5.3 Gold platelets. This special hexagonal shape was obtained by the addition of poly vinyl pyrrolidone to the solution used for precipitation [2]. Fig. 1a,b. (a) Electron micrograph of the gold platelets. The size of these hexagonal platelets is around 400nm; the thickness is in the range from 25 to 60nm. (b) Electron diffraction

pattern of one gold platelet as depicted in Figure 5.3a. The hexagonal symmetry of the diffraction pattern shows that the electron beam was perpendicular to the faces of a platelet; which were (111) planes at the surface. (Reproduced with permission by The American Institute of Physics.)



6-rasm. Assemblerning tashqi ko'rinishi (a) va nanostrukturalar (b) i (v)

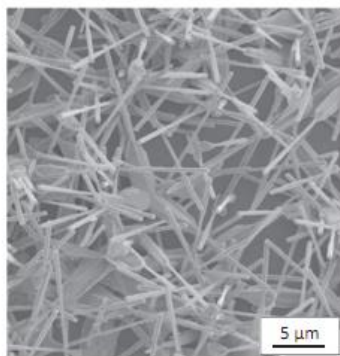


Figure 5.2 Secondary electron micrograph of ZnO nanorods [1]. At one end, most of these nanorods show a bulge, which is typical for a synthesis via a gas-phase route. (Reproduced with permission of Springer.)

Assemblerlar

ob'yektning tuzilishini molekular darajada yozib oluvchi, uni atomlarga ajrata oladigan, **dizassemblerlar** – nanomashinalar bilan birgalikda ishlashi mumkin. Masalan, qaysidir bir

ob'jektning nushasini yasash uchun, dizassembler uni atomma-atom parchalab atom turlari, ularning joylashishi kabi barcha ma'lumotlarni assemblerga uzatadi, u esa keyinchalik ob'jekt nushasini xohlaganingizcha marta yasab berishi mumkin. Nazariyada bunday nusxa haqiqiyisiga har tomondan o'xshaydi va uni har bir atomigacha takrorlay oladi. Dizassemblerlar olimlarga narsalarni va ularning atom tuzilishini yaxshilab o'rganishga yordam beradilar.

Yuqorida aytib o'tilganidek, assemblerlar *replikatsiya* (ko'payish) xossasiga ega bo'ladi. Gap evolyutsiya haqida borganda, unda replikator – bu o'zida sodir bo'lishi mumkin bo'lgan barcha o'zgarishlar bilan birga o'z-o'zini nushalay oladigan (gen, mim yoki kompyuter virusiga o'xshash) ob'yektdir. Assembler kompyuter buyrug'iga binoan yoki uni o'rab turgan muhitga bog'liq ravishda o'z nushasini tuzish (yasash) yo'li bilan ko'payadi (replikatsiyalanadi).

Shunday qilib, o'zining nushasini yasay oladigan bir dona universal assembler yasab olib, biz bir necha soatdan so'ng, xayotimizni tubdan o'zgartirib yuboradigan, shunaqa mayda assemblerlarning butun qo'shiniga ega bo'lamiz. Assemblerlarning eng katta muammosi, ularning dastlabki konstruksiyasini yasab olishdir. Shunga qaramay, dunyodagi barcha davlatlardagi laboratoriyalar buni amalga oshirishda birinchilar qatorida bo'lishga harakat qilmoqdalar.

Hozirgi kunda Foresight Institute – nanotexnologiyalar yaratish ilg'orlaridan biri – molekular darajada operatsiyalar bajara oladigan nano-manipulyator – “qo'l” va tomonlari 50 nanometr bo'lgan kubchaga joylashadigan 8 bitli summatorni yaratishda harakat qilmoqda.

Optimistlarning fikricha, amaliy nanotexnologiyalarning gullash davri asrimizning I choragidir. Pessimistlar buni asrning o'rtalariga borib yuz beradi deb hisoblashmoqda. Hozir kelajakda qaysi mutaxassislikni tanlashni rejalashtirayotganlar nanorobotlarni dasturlashtiruvchi yoki molekular kompyuterlar konstruktori bo'lishi haqida o'ylab ko'rishsa yaxshi bo'lsa kerak. Chunki bir necha yillardan so'ng bunday mutaxassislar mashhur bo'lib ketadilar.

3-MAVZU. Kimyovaiy va fizik sintezlash usullari. nanotrubbkalar, nanorodlar, nanosimlar, kvant nuqtalari nanoplyonkalar. nanoob'yektlarni kuzatish vositalari.

REJA:

1. Kimyovaiy va fizik sintezlash usullari.
2. Nanotrubbkalar, nanorodlar, nanosimlar, kvant nuqtalari nanoplyonkalar.

Nanofizikaning nanoob'yektlar va nanomateriallar yaratishdagi roli va ustuvorligi.

Nanotexnologiyalarning bobosi deb grek faylasufi Demokritni hisoblash mumkin. U 2400 yil oldin moddaning eng mayda zarrachasini ta'riflash uchun birinchi bo'lib "atom" so'zidan foydalangan.

Shveysariyalik fizik Albert Eynshteyn esa 1905 yilda nashr qilingan ishida qand (shakar) molekulasining o'lchami taxminan 1 nanometrغا teng ekanligini isbotlab bergan.

1931 yilda nemis fiziklari Maks Knoll va Ernst Ruskalar birinchi marta nanoob'yektlarni o'rganish mumkin bo'lgan elektron mikroskop yaratdilar.

1959 yilda amerikalik fizik Richard Feynman miniatyuralash kelajagini baholay olgan ishlarini e'lon qildi. Nanotexnologiyalarning asosiy holatlari, uning Kaliforniya Texnologik Institutida o'qilgan (U yerda – pastda joylar ko'p) ("There's Plenty of room at the Bottom") deb nomlangan mashhur ma'ruzasida belgilab berilgandi. Feynman fizikaning asosiy qonunlari nuqtai nazaridan narsalarni to'g'ridan-to'g'ri atomlardan hosil qilish mumkinligini ilmiy tomondan tasdiqlab berdi.

O'sha vaqtda uning bu so'zlari faqat bir sabab bilan fantastikaga o'xshab ketar edi: ayrim atomlar bilan operatsiyalar o'tkazish mumkin bo'lgan texnologiyalar (ya'ni atomni aniqlab olish, uni olib boshqa joyga qo'yish) xali yo'q edi. Bu sohaga qiziqishni kuchaytirish uchun Feynman, kim birinchi bo'lib kitobning bir betini igna uchiga yozib bersa u 1000 dollar berishni va'da qildi. Bu narsa 1964 yildayoq amalga oshirildi.

1968 yilda Amerikaning Bell kompaniyasining ilmiy bo'limi xodimlari Alfred Cho va Jon Arturlar sirtni nano-qayta ishlashning nazariy asoslarini ishlab chiqishdi.

1974 yilda yaponiyalik fizik Norio Taniguchi ilmiy atamalar qatoriga "nanotexnika" so'zini kiritdi, u bu so'z bilan o'lchamlari 1 mikrondan kichik bo'lgan mexanizmlarni (uskunalarni) atashni taklif etdi.

1981 yilda germaniyalik fiziklar Gerd Binnig va Genrix Rorerlar skanerlovchi tunnel mikroskopini yaratishdi, bu uskuna materialga atomar darajada ta'sir ko'rsata oladi. Ular 4 yildan so'ng Nobel mukofotini oldilar.

1985 yilda Amerika fiziklari Robert Kerl, Xerold Kroto va Richard Smollilar diametri 1 nanometrغا teng bo'lgan buyumlarni aniq o'lchay oladigan texnologiyani yaratdilar.

1986 yilda tunnel mikroskopidan farqli ravishda barcha materiallar bilan o'zaro ishlay oladigan atomiy- kuch mikroskop yaratildi.

1986 yilda nanotexnologiyadan keng omma ham xabar topdi. Amerikalik futurolog erik Dreksler nanotexnologiyalar yaqin vaqtlar ichida tez rivojlanib ketishini bashorat etgan kitobini nashr qildi.

1989 yilda IBM kompaniyasi xodimi Donald eygler o'z firmasining nomini ksenon atomlari bilan yozib berdi.

1998 yilda gollandiyalik fizik Seez Dekker nanotranzistorni yaratdi.

2000 yilda AQSh hukumati "Milliy nanotexnologik tashabbus"ini e'lon qildi (National Nanotechnology Initiative). O'sha vaqtda AQSh federal budjetidan 500 mln. dollar ajaratildi. 2002 yilda bu mablag' 604 mln. dollargacha oshirildi. 2003 yilga 710 mln. dollar so'raldi, 2004 yilda AQSh hukumati bu sohadagi olib borilayotgan izlanishlarga 4 yilga mo'ljallangan 3,7 mlrd. dollar ajratdi. Umumiy ravishda butun dunyoda bu sohani o'rganishga kiritilgan mablag' 12 mlrd. dollarni tashkil etdi!

2004 yilda AQSh hukumati endi "Milliy nanotibbiyot" tashabbusini "Milliy Nanotexnologik tashabbusi"ning bir qismi hisoblab qo'llab quvvatladi.

Nanotexnologiyalarni bunday tez rivojlanishi ommaning katta miqdordagi

axborotni qamrab olishga bo'lgan ehtiyojidan kelib chiqqan.

Zamonaviy kremniy chiplar (integral sxemalar) turli texnik zaruratlar natijasida yana taxminan 2012 yilgacha kichiklashib boraveradi. Ammo yo'lakchasining eni 40-50 nanometr bo'lganda kvant mexanik buzilishlar oshib boradi: elektronlar tunnel effekti hisobiga tranzistorlardagi o'tish yo'laklarini teshib o'ta boshlaydi. Bu esa qisqa tutashuv degani. Buni yengib o'tish uchun kremniy o'rniga o'lchamlari bir necha nanometr bo'lgan uglerod birikmali nanochiplar qo'l kelishi mumkin edi. Hozirgi vaqtda bu yo'nalishda katta izlanishlar olib borilmoqda.

Nanotexnologiya uskunalari. Materiallarga makro-, mikro yoki nano-darajada ishlov bera oladigan barcha texnologiyalar mos kattaliklarni o'lchay oladigan vositalarsiz ishlay olmaydilar. Turli xil o'lchash uskunalari ichida katta va kichik masofalarni o'lchay oladigan maxsus uskunalar mavjud.

10^{-3} m (millimetr) tartibigacha bo'lgan kichik masofalar oddiy chizg'ich yordamida o'lchanadi. U bilan masalan qalin karton qog'oz qalinligini o'lchash mumkin. Qog'ozning varag'i qalinligi ham unday varaq ko'p bo'lsa o'lchash qiyin bo'lmaydi ¹ Yuz varaqni bir to'p qilib, chizg'ich bilan o'lchab, chiqqan kattalikni 100 ga bo'ling. Bu bilan biz har bir varaq qalinligi bir xil deb hisoblab, uning bir varag'i qalinligini o'lchagan bo'lamiz.

Ammo, ulardan ham mayda o'lchamlarga chizg'ich yaramaydi. Chizg'ich bilan sochning bir tuki qalinligini o'lchashga harakat qilib ko'rsak, faqat bir narsani ya'ni u juda ingichka va o'lchovi yo'q ekan degan xulosaga kelamiz. Shuning uchun ham shunday va bundan ham kichik bo'lgan o'lchamlarni o'lchash uchun kattalashtiruvchi uskunalar lozim bo'ladi, bunday uskunalar bizga ma'lum bo'lgani optik mikroskopdir.

Optik mikroskop bizga buyumning 0,25 mkm gacha bo'lgan mayda qismlarini ko'rish imkonini beradi. Optik tarzda ishlovchi mikroskoplarni yaxshilash, takomillashtirish yo'lidan borib o'lchamlari nanometr tartibdagi

¹ Dieter Vollath Nanoparticles-Nanocomposites-Nanomaterials. An introduction for beginners. – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr. Weinheim, Germany, 2013. – P. 322.

buyumlarni ko'rsata oladigan elektron mikroskoplar yaratildi. Elektron mikroskop atomlar panjaralarini ajratib, ko'rib olish imkonini beradi, ammo undagi nuqsonlarni aniqlab bera olmaydi. Shunday qilib XX - asrning boshida, materialning sirtini ko'ra olish darajada kattalashtirmasdan tegib turish yo'li bilan o'rganish haqida antiqa fikr keldi. Bunda bizga o'sha vaqtga kelib tunnel effekti yordamga keldi, uning asosida 1981 yili birinchi aniqlovchi tunnel mikroskopi (STM) yaratildi.

STM va tunnel effektini o'rganish bilan keyinroq, mukammalroq shug'ullanamiz, hozir esa uni umumlashtirib ko'rib chiqamiz.

4-MAVZU. Skanlovchi zondli mikroskopiya, elektron mikroskopiya, skanlovchi elektron mikroskop, transmission elektron mikroskop. spektroskopik usullar.

Reja:

- 4.1. Skanlovchi zondli mikroskopiya, elektron mikroskopiya.
- 4.2. Skanlovchi elektron mikroskop, transmission elektron mikroskop.

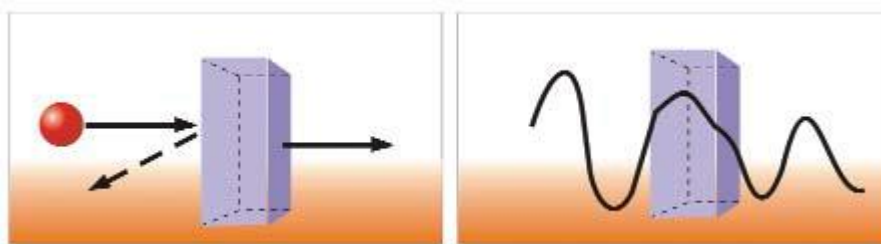
Tunnel effekti – klassik fizikada unga o'xshashi bo'lmagan yangi kvant mexanik effektdir, shuning uchun ham izlanuvchilarda qiziqish uyg'otdi. U elementar zarracha tabiatiga xos bo'lgan korpuskulyar-to'lqin dualizmiga asoslangan.

Klassik mexanika nuqtai nazaridan ma'lumki, $E_e < V_0$ energiyaga ega bo'lgan hech qanday moddiy jism V_0 balandlikdagi potensial to'siqdan o'ta olmaydi. Masalan, koptokni moddiy jism deb hisoblasak, potensial to'siq – bu juda baland devor bo'lsa, koptokni devor tomonga yetarli darajada baland tashlanmasa, uning energiyasi oldinda turgan devordan oshib o'tib ketishiga yetmaydi va u to'siqqa urilib orqaga qaytib tushadi.

Ammo moddiy jism sifatida elektron ko'rilsa, unda potensial to'siqning balandligi, elektronning hususiy energiyasidan yuqori bo'lsa ham aniq ehtimollik bilan xuddi “devorda” biror bir “teshik” yoki “tunnel” bor bo'lganidek, elektron

o‘z energiyasini biroz o‘zgartirgan holda, to‘siqning boshqa tomonida bo‘lib qolishi mumkin.

Bu bir qarashda tushuntirib bo‘lmaydigan tunnellanish effekti elektronning ham korpuskulyar, ham to‘lqinsimon xossali ekanligidandir. Elektron E energiyaga ega bo‘lgan klassik zarra bo‘lganda, u o‘z yo‘lida yengib (oshib) o‘tish uchun katta energiyani talab qiladigan to‘siqni uchratib bu to‘siqdan qaytib ketishi lozim bo‘lar edi. Ammo u bir vaqtning o‘zida to‘lqin ham bo‘lgani uchun, u bu to‘siqdan xuddi rentgen to‘lqinlari moddiy buyumlar ichidan osongina o‘tganidek o‘tib keta oladi.



7-rasm. Tunnel effekti

Shunday qilib, har qanday o‘tkazgich yoki yarimo‘tkazgich sirtida doimiy ravishda uning chegaralaridan termoelektron emissiya natijasida emas, balki tunnel effekti evaziga “chiqib” ketgan erkin elektronlarning ma’lum miqdorini kuzatish mumkin.

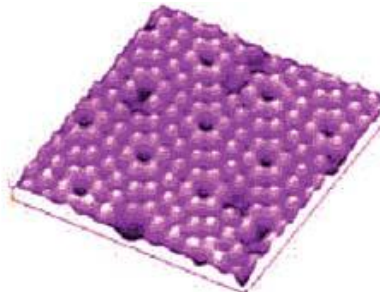
Agar ikkita o‘tkazuvchi material olib ularni bir-biridan 0,5 nm masofada joylashtirib, ularni potentsiallarning nisbatan kichik farqi (0,1-1 V) bilan qo‘shib qo‘ysak, unda ular o‘rtasida tunnel effekti natijasida paydo bo‘lgan va tunnel toki deb ataladigan elektr toki paydo bo‘ladi.

Xuddi shu tajribani endi bizni qiziqtirayotgan jism sirtiga o‘tkir predmetni, masalan, uchi atom qalinligidagi ignani yaqinlashtirsak va uni o‘rganayotgan buyumdan o‘tkazib buyumning atom darajadagi tuzilishi haqidagi ma’lumotlarni olsak bo‘ladi.

1981 yilda IBM kompaniyasi xodimlari G.Bining va G.Rorerlar bu hodisa asosida birinchi *skanerlovchi tunnel mikroskop* (STM)ni yaratishdi va 1982 yilda uning yordamida tarixda birinchi bo‘lib atomar ajratish bilan avval oltinning, so‘ngra kremniyning sirti tasvirini olishdi.

Bu ixtirolari uchun olimlar 1985 yili Nobel mukofotiga loyiq deb topilgan.

Taqdir taqozosi bilan STMning ulkan imkoniyatlarini darrov tushunib yetmagan ba'zi bir nashiryotlar Bining va Rorerlarning maqolasini, ixtirolariga berilgan ta'rifni uncha qiziqish uyg'otmaydi degan bahona bilan nashr etish uchun qabul qilmaganlar.



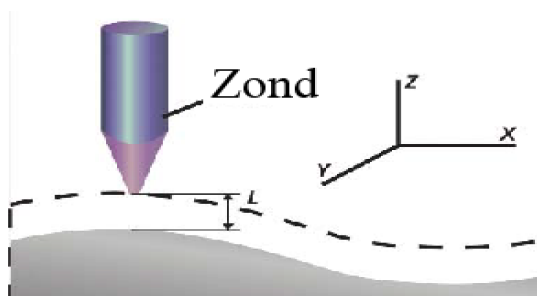
8-rasm. STMda monokristall kremniyning ustki ko'rinishi

STMning ishchi organi – zond – bu tok o'tkazuvchi metal ignadir. O'rganilayotgan sirtga zond juda yaqin masofaga ($\sim 0,5$ nm) yaqinlashtiriladi va unga doimiy kuchlanish berilganda o'rtasida tunnel toki hosil bo'ladi, u esa eksponensial ravishda zond bilan namuna orasidagi masofaga bog'liq bo'ladi: oradagi masofa faqatgina 0,1 nm qadar kattalashtirilsa tunnel toki deyarli 10 martaga pasayib ketadi. Xuddi shu hodisa mikroskopning yuqori darajada ajratish qobiliyatini ta'minlaydi.

Kuzatish tizimi yordamida tok va masofani doimiy birday ushlab turib, zondni X va Y o'qlari bo'ylab harakatlantirib, relefga mos ravishda goh ko'tarilib, goh pasayib STM sirtini o'rgana boshlaydi.

Bu harakat haqidagi axborotni kompyuter kuzatadi va tekshiriluvchi buyum tasviri ekranda zaruriy aniqlikda ko'rish uchun dasturlanadi.

Namunalarni tekshirish tartibiga asoslangan STM konstruksiyasining 2 ta varianti mavjud.



9-rasm. STMning ishlash sxemasi

Igna uchi doimiy balandlik tartibida namuna ustida gorizont tekislik

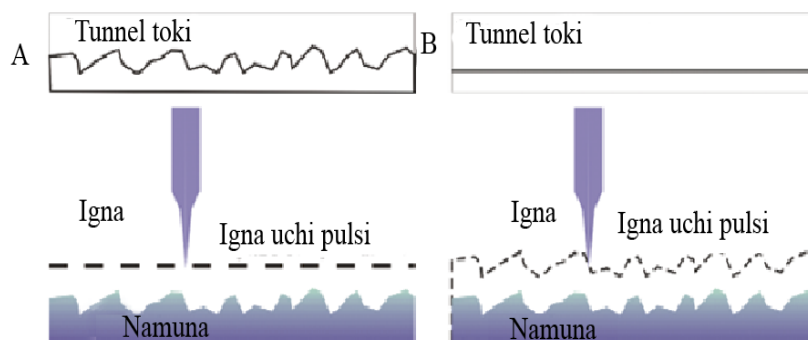
bo'ylab harakatlanadi, tunnel tok esa o'zgaradi (1.10a rasm). Sirtning barcha nuqtasida o'lchangan tunnel tok kattaligi haqidagi ma'lumotlardan kelib chiqib namuna qiyofasi ko'rinishi quriladi.

STMning *doimiy tok tartibida* teskari bog'lanish tizimi ishga tushiriladi. Bunda doimiy tunnel tokni tekshiruvchi uskuna balandligini sirtning har bir nuqtasiga moslashtirish yo'li bilan quyilib turiladi (10, b rasm).

Ikkala tartibda ham yutuq va kamchiliklar bor. Doimiy balandlik tartibi tezroq, chunki bu tizim tekshiruvchi moslamani yuqoriga-pastga jildirmaydi, ammo bunda foydali ma'lumotni nisbatan silliq namunalardangina olish mumkin. Doimiy tok tartibida esa yuqori aniqlik bilan murakkab sirtlarni o'rganish mumkin, ammo vaqt ko'p ketadi.

STMning eng zarur qismi bu mexanik manipulyatoridir, u zondni nanometrning mingdan bir bo'laklari aniqligida sirt ustida harakatlanishini ta'minlashi lozim. Odatda mexanik manipulyatorni pezokeramik materialdan tayyorlanadi.

Bunday materialning qiziq hususiyati uning *pezoeffektidir*. Uning ma'nosi quyidagidan iborat: pezomaterialdan to'g'ri burchakli to'sin kesib olib, qarama-qarshi tomonlariga metall elektrodlar surkalsa va ularga potentsiallar farqi qo'yilsa, unda tok ta'siri ostida to'sinning geometrik o'lchamlari o'zgarishi yuz beradi. Va uning teskarisi: to'sinda kichkinagina bo'lsada deformatsiya yuz bersa, uning qarama-qarshi tomonlarida potentsiallar farqi hosil bo'ladi. Shunday qilib, tokdagi kichik o'zgarishlarni boshqara turib, zondning juda kichik masofalarga siljishiga erishish mumkin. Bunda tadqiqot mikroskopi ishlashi kerak.

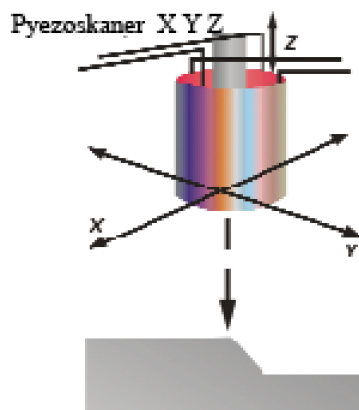


10-rasm. STMning ishlash tartibi (rejimi)

Amaliy qurilmalarda odatda bir nechta ajratilgan elektrodli yupqa devorli naycha ko‘rinishdagi pezokeramik manipulyatorlardan foydalaniladi. Boshqaruvchi kuchlanish bunday manipulyatorlarning cho‘zilishini yoki egilishini keltirib chiqaradi va shu bilan birga zondning barcha uch fazoviy koordinatalar X, Y va Z o‘qlari bo‘yicha harakatini ta’minlaydi.

Zamonaviy manipulyatorlar qurilmasi zondning tekislikda 100-200 mkm ga, balandlik bo‘yicha esa 5-12 mkm ga harakatlanish diapazonini ta’minlaydi.

Tunnel mikroskopining kashf etilishi sirtlarni atom darajasida o‘rganishga imkon berdi. Ammo bu asbob bir qator cheklanishlarga ham ega. Tunnel effektiga asoslanganligi uchun u faqat elektr tokini yaxshi o‘tkazadigan materiallarni o‘rganishdagina qo‘llanishi mumkin.

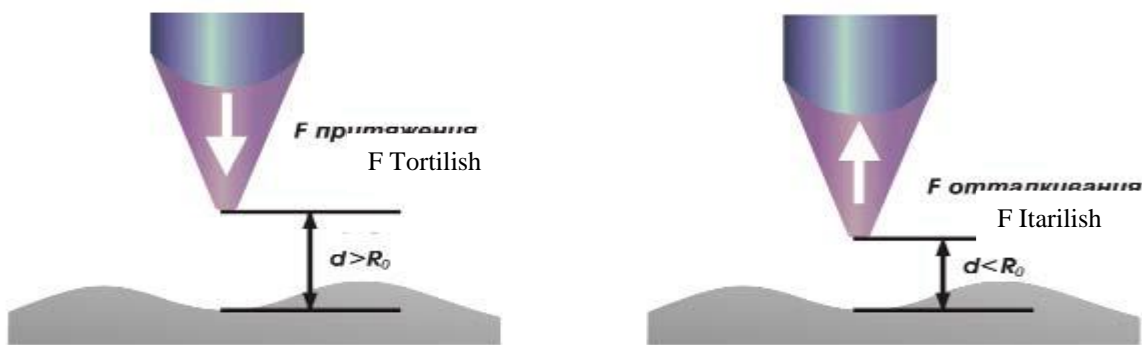


11-rasm. Pezomanipulyatorning sxemasi

Ammo, rivojlanish, o‘shish bir joyda turib qolmaydi va 1986 yili IBMning Syurix bo‘limi laboratoriyasida keyingi avlod mikroskoplari – **atomiy - kuch mikroskoplar**(AKM) yaratildi. AKM ham sirtlarni atom aniqligida o‘rganishga imkon beradi, ammo endi elektr o‘tkazuvchilar bo‘lishi shart emas. Hozirgi kunda aynan shunday mikroskop tadqiqotchilar qiziqishni uyg‘otmoqda³.

Atomiy - kuch va tunnel mikroskoplarning harakat qonuniyatlari amalda bir xil, faqat tunnel mikroskopinikidan farqli ravishda AKMning ishlashi atomlararo bog‘lanishlar kuchidan foydalanishga asoslangan. Kichik masofalarda (0,1 nm ga yaqin) ikki jism atomlari o‘rtasida itarishish kuchlari (12a rasm), katta masofalarda esa tortishish kuchlari harakatga keladi (12b rasm).

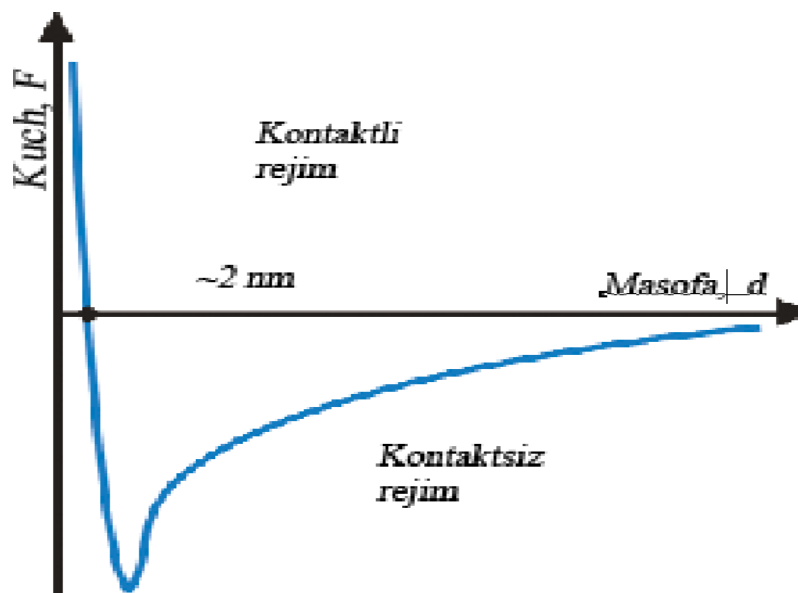
³. Mustafa Akay. Introduction to Polymer Science and Technology & Ventus Publishing ApS, 2012, - P.169.



12-rasm. AKMning ishlash prinsipi

Tadqiqotlar uchun yaratilgan atomiy- kuch mikroskopda bunday ikki jism oʻrganilayotgan sirt va uning ustida sirpanayotgan igna uchi boʻladi. AKMda zond sifatida olmos ignadan foydalaniladi. Sirt va igna uchi oʻrtasidagi F kuchi oʻzgarganda unga biriktirilgan prujina ogʻadi va u datchik tomonidan qayd qilinadi. Elastik elementning (prujinka) ogʻish kattaligi sirtning reliefi haqidagi maʼlumotga ega boʻladi.

13-rasmda atomlararo kuchning igna uchi va namuna oʻrtasidagi masofaga bogʻliqligi egri chizigʻi koʻrsatilgan.



13-rasm. Namuna va zond uchidagi atom oʻrtasidagi taʼsir kuchini ular orasidagi masofaga bogʻliqligi.

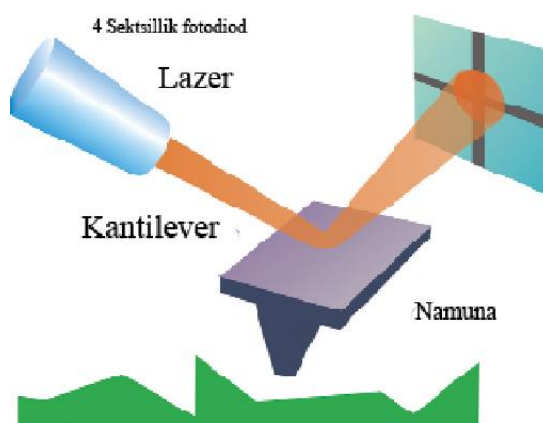
Igna sirtga yaqinlashgani sari uning atomlarining namuna atomlariga tortilishi kuchayib boraveradi. Igna va sirtning tortishish kuchi to ularning elektron “bulutlari” elektrostatik ravishda bir-biridan itarishish xolatiga kelguncha davom

etaveradi, yana ham yaqinlashishganda elektrostatik itarish kuchi eksponensial tarzda tortishish kuchini kamaytiradi. Bu kuchlar atomlar orasidagi masofa 0,2 nm ga yaqin bo'lganda muvozanatlashadi.

AKMda ham STMga o'xshab sirtni tekshirish ikki usulda amalga oshishi mumkin: *kantilever* (zond) *orqali tekshirish va taglik bilan tekshirish*. Birinchi holda tekshirilayotgan sirt bo'ylab kantilever harakatlanadi, ikkinchisida esa harakatsiz namunaga nisbatan taglikning o'zi harakatlanadi.

Zond va sirtning o'zaro ta'sirlashish kuchlarini qayd etish uchun odatda zond uchidan qaytgan lazer nurining og'ishini qayd etishga asoslangan uslubdan foydalaniladi. Nur maxsus aluminiyli ko'zgusimon qoplam bilan qoplangan kantileverning uchi tomon yo'naladi, shundan so'ng maxsus to'rt seksiyalik fotodiodga o'tadi.

Shunday qilib, kantileverning ozgina og'ishi ham lazer nurini fotodiod seksiyalariga nisbatan siljishiga olib keladi, bu esa o'z navbatida kantileverning u yoki bu tomonga siljishini ko'rsatuvchi fotodiod signalini o'zgartiradi. Bunday sistema nurning 0,1 burchak ostida og'ishini o'lchash imkonini beradi.



14-rasm. Lazer nurining boshlang'ich holatdan og'ishini qayd qilinishi.

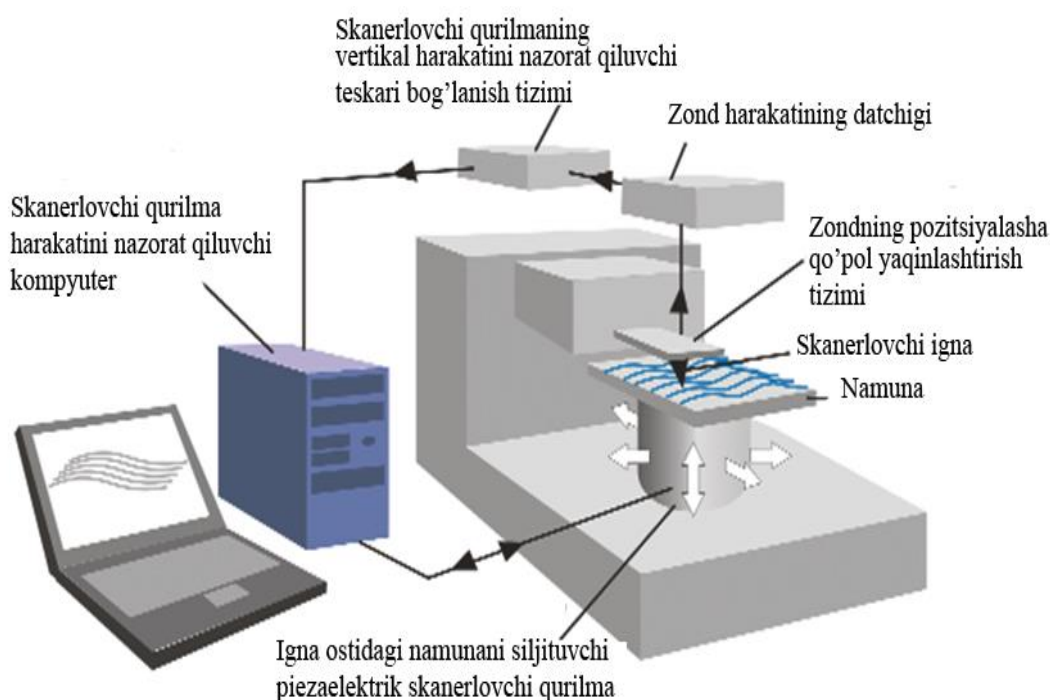
AKMning elektr namunalar o'tkazuvchan bo'lishini talab qilmagani uchun u DNK va boshqa yumshoq materiallarning molekular o'tkazgichli va izolyatorlik hossalari tekshirishga imkon yaratadi.

Zondli mikroskopiyaning rivojlanishi ta'riflangan qonuniyatlar amalda zond uchining sirt bilan o'zaro ta'sirlashishining har qanday turida ham qo'llanilishi mumkinligini ko'rsatib berdi. Bu esa umumiy nomi tekshiruvchi zond

mikroskoplari (TZM) deb ataluvchi mikroskoplarning kichik-kichik namunalarini ham yaratilishiga olib keldi². Bugungi kunda ularning quyidagi turlari ma'lum:

- tunnel zondlar;
- atomiy- kuch zondlar;
- yaqin maydon optik zondlar;
- magnitik-kuch zondlar;
- yelektrostatik kuch zondlar va boshqalar.

TZMning boshqa ba'zi turlari bilan keyingi boblardan birida to'liqroq tanishamiz, hozircha ularning umumiy chizmasi bilan tanishamiz.



15-rasm. TZM ishlashining umumiy ta'rifi.

Har bir tekshiruvchi zond mikroskopining maxsus xossalari bor. Ammo, ularning umumiy chizmasi u yoki bu darajada yuqorida aytilgan qonuniyatlarga yaqinligicha qolgan. TZM tarkibiga mikroskopning elektromexanik qismining ishlashini boshqaradigan zond, qayd etgan ma'lumotlarni qabul qiladigan va yozib oladigan, hamda ular asosida tasvir qo'rinishini tuzadigan qismlar kiradi. Bundan tashqari, maxsus dastur izlanuvchiga olingan tasvir bilan xohlagan tarzda ishlash

² Dieter Vollath Nanoparticles-Nanocomposites-Nanomaterials. An introduction for beginners. – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr. Weinheim, Germany, 2013. – P. 322.

uchun (masshtablashtirish, aylantirish, kesimlar qurish) sirtning ko‘rinib turgan rasmini tahlil qilib chiqish uchun imkon yaratadi.

Tekshiruvchi zond mikroskopiyasida qabul qilingan terminologiya ingliz tilidan kelib chiqqanligini ko‘rsatuvchi izlarni qoldirgan. Masalan, ko‘pincha tekshiruvchi ignaning uchini “tip” (tip), konsol – «kantilever» (cantilever) deb ataladi.

Bugungi kunda TZM nanotexnologiyalarning asosiy quolidir. Takomillashtirishlar natijasida ular o‘rganilayotgan namunalarning nafaqat topologiyasini (geometrik xususiyatlarini), balki ko‘plab boshqa karakteristikalarini: magnitik va elektrik xossalari, qattiqligini, tarkibning bir jinsliligini va boshqalarni, nanometr o‘lchamlilari darajasida aniqlik bilan o‘rganish imkonini beradi.

Turli parametrlarni aniqlashdan tashqari zamonaviy TZMlar nanoob‘yektlarni *manipulyatsiyalash*, ayrim atomlarni tutish va ularni yangi vaziyatga ko‘chirishni ta‘minlaydi, eni bir atomga teng bo‘lgan o‘tkazuvchilarni atomar tarzda yig‘ish imkonini beradi.

STM ignasi yordamida atomlar o‘rinlarini almashtirishning 2 ta asosiy usuli bor: *gorizontal* va *vertikal*. O‘rinlarni vertikal almashtirishda kerakli atom tutilgandan so‘ng zondni bir necha angstromga ko‘tarib turib atomni sirtidan uzib olinadi. Atomning sirtidan uzilishini tokning sakrashi nazorat qilib turadi. Bu holda atomni uzib olib boshqa joyga ko‘chirib qo‘yish ko‘p mehnat talab qiladi. Lekin, atomni gorizontal ko‘chirish sirtning g‘adir-budirliklardan olib o‘tishdan ko‘ra afzalroq. Belgilangan joyga olib borilgan atom nina uchini sirtga yaqinlashtirib, kuchlanish qayta ulash bilan ozod etiladi va joyiga tushiriladi.

Hozirgi kunda dunyoda ko‘p turdagi TZM va uning qismlari ishlab chiqarilmoqda. Ularni ishlab chiqargan firmalarning nomlari: Digital Instruments, Park Scientific Instruments, Omicron, Topometrix, Burleigh va boshqalardir.

Nazoart savollari:

1. Nano – qo‘shimchasi qanday ma‘noni anglatadi?
2. Balk – texnologiya nima?

3. Nanotexnologiya ta'rifini ayting.
4. Assembler nima?
5. Oqsil sintezlanish jarayonini tushuntiring.
6. I-RNK va t- RNKlar nima vazifani bajaradi?
7. Birinchi nanotranzistor qachon yaratilgan?
8. STM nima va u qanday ishlaydi?
9. AKM ishlashini tushuntiring.
10. O'z – o'zini yig'ish deganda nimani tushunasiz?
11. Fulleren qachon kashf etilgan?

5-MAVZU. Nanotexnologiyalarni energetika va atrof muhit himoyasida qo'llash. yangi avlod quyosh elementlari, fotokatalizatorlar, vodorod energetikasi, nanogeneratorlar.

REJA:

1. Nanotexnologiyalarni energetika va atrof muhit himoyasida qo'llash.
2. Yangi avlod Quyosh elementlari, fotokatalizatorlar.

Tayanch iboralar: Nanofizika, nanotexnologiya, nanodisper tizimlar, nanomezanika, nanoelektronika, nanojihozlar, nanosensorlar, nanoqatlamli materiallar, nanotolalar, nanosorbentlar.

1 Nanofizika va nanotexnologiyalar uzviyligi hamda ustuvor ilmiy-tadqiqot sohalari va yo'nalishlari.

Materiallar sifati yuqori bo'lishi uchun ular atomlar va molekular darajasida mukammal bo'lishlari lozim. Bunday tuzilmalarni tuzishning nanotexnologik usullaridan biri – bu o'zi-o'zini yig'ishdir.

O'z-o'zini yig'ish tirik tabiatda keng tarqalgan. Barcha to'qimalarning tuzilishi ularning xujayralardan o'z-o'zini yig'ishi bilan ta'riflanadi, xujayralarning o'z tuzilishi esa ayrim molekularning o'z-o'zini yig'ishi bilan kafolatlanadi¹.

¹ Dieter Vollath Nanoparticles-Nanocomposites-Nanomaterials. An introduction for beginners. – Wiley-VCH

Tabiatdagi nanosistemalarning o‘z-o‘zini yig‘ish mexanizmlari izlanuvchilarni uning qonuniyatlaridan sun‘iy nanostrukturalarni qurish uchun “nusha ko‘chirib” olishga undadi. Hozirgi vaqtda tabiiy suyak to‘qimasini takrorlovchi nanomateriallar tayyorlashda sezilarli muvaffaqiyatlarga erishildi. Buning uchun kollogenning tabiiy tolasini takrorlovchi, diametri 8 nm ga yaqin bo‘lgan tolaning o‘z-o‘zini yig‘ishidan foydalaniladi. Olingan materialga tabiiy suyak xujayralari yaxshi o‘rnashadi, bu uni suyak to‘qimasi uchun “yelim” yoki “shpatlyovka” sifatida ishlatish imkonini beradi [2].

Elektrostatik o‘z-o‘zini yig‘ish ham hozirgi paytda kuchli rivojlangan. U material tuzilishini odatiy sharoitlarda o‘zgartirish imkoniyatini beradi. Buning uchun ichida nanozarrachalar bo‘lgan materialga qo‘yilgan potentsiallar farqini boshqarish asos bo‘lib xizmat qiladi [4].

Tabiatdagi nanoeffektlar: g‘aroyib panjalar. “Uning uzunligi 8 dan 30 sm gacha. Boshi ancha keng va kuchli yassilashgan, ko‘zlari qovoqsiz tirqishsimon qorachiqli, bo‘yni kalta, tanasi ancha yo‘g‘on, sinuvchan. Tanasi mayda bo‘rtmasimon va donador tangachalar bilan qoplangan. Eski va Yangi olamning issiq mamlakatlarida yashamaydi.” .

Bu yerda gap gekkon – chiroyli, xavfsiz bo‘lgan, o‘zining har qanday joyda har qanaqasiga yura olish hususiyati bilan olimlarning diqqatini tortgan kaltakesak haqida bormoqda. Gekkonlar nafaqat tik qiyaliklarga, devorlarga chiqa oladilar, balki shift va deraza oynalarida ham bemalol yura oladilar.

Olimlar uzoq vaqtlar mobaynida gekkon qanday qilib juda silliq va vertikal oyna bo‘ylab, yiqilmasdan va sirpanmay yurishini, harakatlana olishini tushuna olmas edilar. Bunday tabiiy mavjudotni tushunish uchun ko‘plab urinishlar bo‘ldi.

Avvaliga, gap hayvon panjalaridagi noyob so‘rg‘ichlarda deb taxmin qilingan. Ammo, aniqlanishicha, gekkon panjalarida hech qanday so‘rg‘ichga o‘xshagan narsalar yo‘q ekan. Gekkon oyna bo‘ylab shilliqqurtga o‘xshab har qanday predmetda ham ushlanib turishiga yordam beradigan yopishqoq suyuqlik

yordamida harakatlanadi degan taxmin ham o'zini oqlamadi. Bunday suyuqlikdan oynada iz qolishi kerak edi, undan tashqari gekkon panjalarida bunday suyuqlik chiqarib bera oladigan hech qanday bezlar ham topilmadi.

Bu holatga topilgan javob butun ommani xayratga soldi: gekkon harakatlanayotganda molekular fizika qonunlaridan foydalanar ekan. Olimlar gekkon panjasini mikroskop ostida diqqat bilan o'rganib chiqdilar. Aniqlanishicha, uning panjalari juda ham mayda tukchalar bilan qoplangan ekan, bu tukchalarning diametri inson sochining diametridan ham 10 marta maydaroq ekan. Har bir tukchaning uchida santimetrning 200 milliondan bir bo'lagichalik bo'lgan minglab juda mayda yostiqlar mavjud ekan. Bu yostiqlar past tomonidan to'qima barglari bilan to'silgan va ancha kattalashatirilgan, har bir bargcha yuz minglab ingichka tukchasimon qilchalar, yuzlab ko'raksimon uchlarga bo'lingan, ularning har birining diametri 200 nm holos ekan!

Yuz millionlab bunday tukchalar sirtidagi har qanday mayda tekis bo'lmagan joylarga yopishib olish imkonini beradi. Ko'zimizga har qancha sillik ko'ringan oynalar ham gekkonlarga unga yopishib olish imkonini berar ekan. Aniqlanishicha, bu yerda Van-der-Vaals kuchlari, boshqacha aytganda molekulalararo ta'sir kuchlari ishlar ekan. Van-der-Vaals nazariyasi kvant mexanikasiga asoslangan. Materiallar molekulalari juda qisqa masofalarda itarishadi, kattaroq masofalarda esa tortishadi (AKM ishlashi shu prinsipga asoslangan).

Gekkon panjasini sirtga qo'yganda, nanoqilchalar uchidagi ko'rakchalar unga shunday zich o'tiradiki, xuddi panjalar vertikal devorga yoki shiftga yopishib qolganday bo'ladi. Gekkon bo'g'inlarini kuchlantirsa va panjasini tortsa – Van-der-vaals kuchlari yo'q bo'ladi va u sirtdan yengilgina ajraladi.

Van-der-vaals kuchlari juda kichik, ammo gekkon panjalaridagi tukchalarning joylashishi ancha katta ta'sir maydonni qamrab olib kaltakesakka shiftda o'zining besh barmoqli panjasining faqat bir barmog'i yoki dumi uchi bilan ushlanib turish imkonini beradi ⁴.

⁴ William D. Callister Jr. *Materials Sciences and Engineering. An Introduction*. John Wiley & Sons. Ins. 2007. – P. 975.



1 -rasm. Gekkon panjasining yaqinlashtirilgan surati.

Bularni barchasi olimlarni o'zlari yaratgan ixtirodan foydalanishga turtki bo'ldi. Robot kompaniyasining xodimlari akvarium devorlari bo'ylab vertikal ravishda harakatlana oladigan robotni qurishdi. Keyinchalik robotni sun'iy tuklar bilan ta'minlash va yopishtirib turadigan kuchni oshirish rejalashtirilgan. Iloji bo'lsa robotga gekkon dumi ulansa, u uchli toshlar ustida ham yugura oladi.

Kaltakesaksimon robotlarni tayyorlash uchun olib borilayotgan tajribalar muvaffaqiyatli chiqsa, buni turli sohalarda – baland imoratlar oynasini yuvishdan to uzoq sayyoralarning tik yo'llari bo'ylab sayyohatga chiqishgacha qo'llanishi mumkin.

Bu qonuniyatni yopishqoq lenta, skotchga o'xshash materiallarni, tayyorlashda asos qilib olish mumkin, undan qayta-qayta va xatto vakuumda ham foydalanish mumkin (odatiy skotch fazoda ishlamaydi). “Quruq yelim”lar deb ataluvchi, karakteristikalari diapazoni keng bo'lgan, elektrostatikaga asoslangan kuchli yopishqoqlikni ta'minlovchi yangi materiallar avlodini yaratish ustida ishlar olib borilmoqda.

Insonni vertikal devorda mahkam ushlab turuvchi oyoq kiyim va qo'lqoplar tayyorlash mumkin. Ular nafaqat alpinistlar va cho'qqilarda ishlar olib boradigan montajchilar hayotini, balki boshqa odamlarning ham hayotini yengillashtirgan bo'lar edilar.

5.2. Nanodispers tizimlar, nanomexanika, nanoelektronika, nanometall va yarimo'tkazgichli nanojihazlar va nanomateriallar.

Demokrit o'zining Koinotning atomistik qarashida dunyo ko'plab

“g‘ishtchalar”dan – o‘ziga xos hususiyatli kimyoviy element va uning birikmalaridan iborat ekanligiga e‘tibor qaratgan. “Olamni tashkillagan g‘ishtchalari”ning hususiyatlari bir xil bo‘lmaganidek, ularning tarixi ham bir xil emas. Bir xil elementlar: mis, temir, oltingugurt, karbon kabilar qadimdan ma’lum. Boshqalaridan, ular hali kashf qilinmasidan turib asrlar davomida topilmasdan turib ham, inson foydalangan (masalan, kislorod faqat XVIII asrdagina ochilgan). Uchinchilari esa 100-200 yil oldin ochilgan, ammo hozirga kelib birinchi darajali ahamiyatga ega bo‘lib qolishdi. Ularga uran, aluminiy, bor, litiy, berilliy va boshqalar qiradi.

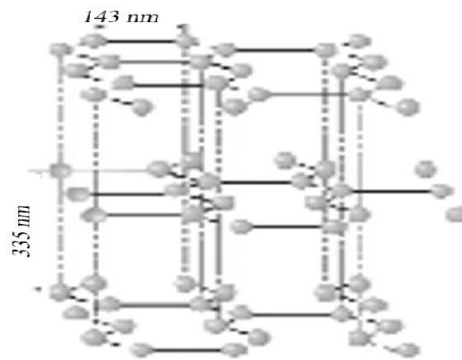
To‘rtinchilarining esa biografiyasi endi boshlanmoqda...

1985 yilda Robert Kerl, Garold Kroto va Richard Smollilar kutilmaganda tubdan yangi uglerodli birikma – *fullerenni* ochdilar. Fullerenlarning noyob xossalari ularga juda katta qiziqishni keltirib chiqardi. 1996 yilda ularga Nobel mukofoti topshirildi.

Fullerenlar va uglerodli nanonaychalar. Fulleren molekulasi asosi ugleroddir – bu noyob kimyoviy element ko‘pchilik elementlar bilan birikib turli tarkib va qurilishga ega molekulalar hosil qilish xossalari ega. Maktab kimyo kursidan bizga ma’lumki, uglerod 2 ta asosiy allotrop holatga ega: grafit va olmos. Fulleren ochilishi bilan uglerod yana bir allotrop holatga ega bo‘ldi deyishimiz mumkin. Biz ana shu grafit, olmos va fulleren molekulalari tuzilmalaridir.

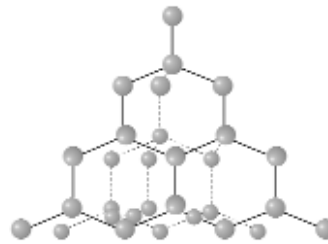
Grafit qatlamli tuzilishga ega. Uning har bir qatlami to‘g‘ri olti burchakli bir-biriga kovalent bog‘langan uglerod atomlaridan iborat.

Qo‘shni qatlamlar kuchsiz Van-der-vaals kuchlari bilan bir-biriga bog‘lanib turadi. Bunga misol qilib oddiy qalamni ko‘rsatishimiz mumkin – siz grafitli sterjenni qog‘oz ustida yurgizsangiz, qatlamlar asta-sekin bir biridan ajraladi va qog‘ozda iz qoldirishadi.



2-rasm. Grafitning tuzilishi

Olmos uch o‘lchamli tetraedrik tuzilishiga ega. Uglerodning har bir atomi qolgan to‘rttasi bilan kovalent ravishda bog‘langan. Barcha atomlar kristal panjarada bir- biridan bir xil masofada (154 nm) joylashgan. Ular har biri boshqalari bilan to‘g‘ri kovalent bog‘langan va kristalda bitta yirik makromolekula hosil qiladi ⁶.



3-rasm. Olmosning tuzilishi

S-S kovalent bog‘lanishlarning yuqori energiyasi hisobiga olmos juda mustahkam va nafaqat qimmatbaho tosh, balki metal kesuvchi va silliqlovchi uskunalar tayyorlash uchun ham hom-ashyo sifatida ishlatiladi.

Fullerenlar o‘z nomlanishini arxitektori Bakminster Fuller sha’niga olishgan, u bunday strukturalarni arxitekturada foydalanish uchun yaratgan (shuning uchun ularning yana bakibolalar deb ham atashadi). Fulleren futbol to‘piga juda o‘xshovchi, 5-6 burchak shaklli “yamoqlar”dan tuzilgan *karkas tuzilishiga* ega. Bu ko‘pyoqlar uchida uglerod atomlari joylashgan deb tasavvur qilsak, unda biz eng barqaror bo‘lgan S_{60} fullerenini olamiz.

Yeng taniqli hamda fullerenlar oilasining eng simmetrik bo‘lgan vakili S_{60} molekulasida oltiburchaklilarning soni 20 ga teng. Bunda har bir beshburchak

⁶ www.nanometer.ru/

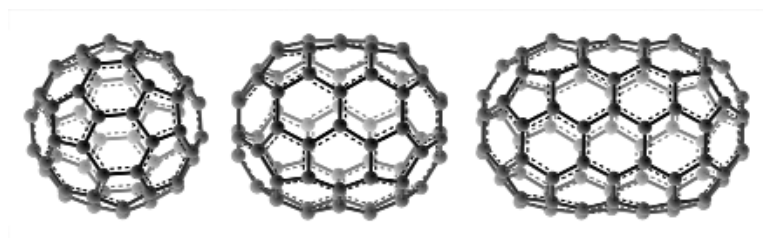
faqat oltiburchakli bilan chegaralashgan, har bir oltiburchak oltiburchaklilar bilan 3 ta umumiy tomonga va 3 ta beshburchaklar bilan umumiy tomonga ega.

Fulleren molekulasini tuzilishining qizig'i shundaki, bunday uglerod "to'pi"ning ichida bo'shliq hosil bo'ladi, unga kapilyar xususiyatlari hisobiga boshqa materiallarning atom va molekularini kiritish mumkin, bu esa ularga, masalan, ularni xavfsiz ko'chirish imkonini beradi¹.



4-rasm. Fullerenning tuzilishi.

Fullerenlarni o'rganish davomida uning tarkibida uglerod atomlari soni turlicha – 36 tadan 540 tagacha bo'lgan molekulari sintez qilindi va o'rganildi.

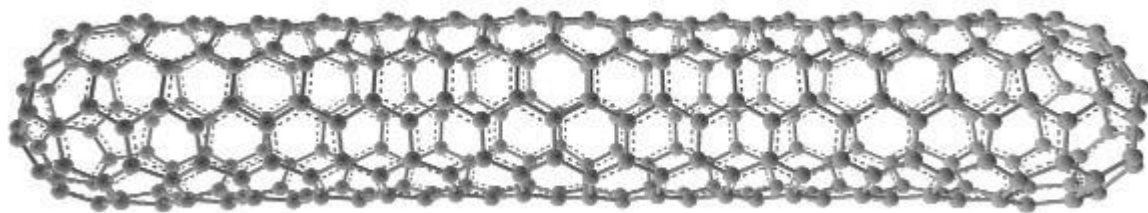


5-rasm. Fullerenlar vakillari a) S₆₀ v) S₇₀ s) S₉₀

Ammo uglerodli karkas tuzilmalar xilma xilligi bu bilan tugamaydi. 1991 yilla yaponiyalik professor Sumio Iidzima uzun uglerodli silindrlarni aniqladi va ularni nanonaychalar deb nomladi.

Nanonaycha – bu milliondan ortiq uglerod atomlaridan iborat molekula bo'lib u diametri 1 nanometr ga yaqin va uzunligi bir necha o'n mikron bo'lgan naycha ko'rinishidadir. Naycha devorlarida uglerod atomlari to'g'ri oltiburchaklarning uchida joylashgan.

¹ Dieter Vollath Nanoparticles-Nanocomposites-Nanomaterials. An introduction for beginners. – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr. Weinheim, Germany, 2013. – P. 322



6-rasm. Nanonaychanning tuzilishi (strukturasi)

Nanonaychalar tuzilishini quyidagicha ko‘z oldimizga keltirish mumkin: grafit tekislik olamiz (qog‘oz), uni uzun qilib kesamiz va silindrga “yopishtiramiz” (haqiqatda nanonaychalar boshqacha o‘sadi). Bu juda oddiy ekan-ku – ammo buni nanonaychalar tajribalar natijasida yaratilguncha hech bir nazariyachi oldindan aytib bera olmagan. Shuning uchun ham olimlarga uni o‘rganish va undan xayratlanishdan boshqasi qolmadi.

Xayratlanishga esa asos bor edi, chunki bu xayratga solgan nanonaychalar odam sochi tolasidan 100 ming marta ingichka bo‘lishiga qaramasdan juda ham mustahkam material bo‘lib chiqdi. Nanonaychalar po‘latdan 50-100 marta mustahkamroq va 6 marta kichik zichlikka ega. Yung moduli – materialning deformatsiyaga qarshilik darajasi – bu nanonaychalarda oddiy uglerod tolalariga nisbatan ikki barobar yuqori. Naychalar nafaqat mustahkam, balki o‘ta qattiq mustahkam rezina naychalarga o‘xshaydi. Mexanik kuchlanishlar ta‘sirida nanonaychalar o‘zini boshqacha, antiqa tutadilar: ular “uzilmaydi”, “sinmaydi”, oddiygina tarzda joylarini almashtirib olishadi. Nanonaychalarning bunday o‘ziga xos hususiyatlaridan sun‘iy muskullar yaratishda foydalanish mumkin, ular bir xil hajmda biologik muskullardan 10 barobar kuchliroq bo‘lishi mumkin, yuqori temperatura, vakuum va ko‘plab kimyoviy reagentlardan qo‘rqishmaydi.

Nanonaychalardan o‘ta yengil va o‘ta mustahkam kompozitsion materiallar yaratish mumkin, ulardan esa harakatni qiyinlashtirmaydigan o‘t o‘chiruvchilar va fazogirlar uchun kiyimlar tikish mumkin, Yerdan Oygacha bo‘lgan bitta naychali nanokabelni ko‘knor urug‘i o‘lchamidagi g‘altakka o‘rash mumkin. Nanonaychalardan tashkil topgan diametri 1 mmli uncha katta bo‘lmagan ip, o‘zining massasidan yuz milliardlab katta bo‘lgan 20 t yukni ko‘tara olgan bo‘lar

edi.

To'g'ri, hozir nanonaychalarning maksimal uzunligi o'n va yuzlab mikron – atomlar masshtabidan juda katta, shunday bo'lsa ham ular doimiy foydalanish uchun juda kichiklik qiladi. Lekin olinayotgan nanonaychalarning uzunligi asta-sekin oshib bormoqda – hozir olimlar santimetrli chegaraga yaqin kelishdi. 4 mm uzunlikka ega bo'lgan ko'p qatlamli nanonaychalar olindi. Shuning uchun ham olimlar yaqin kelajakda metr va yuzlab metrli uzunlikdagi nanonaychalarni o'stirishga erishadilar deb umid qilsak bo'ladi.

Nanonaychalar turli shakllarda bo'ladi: bir qatlamli, ko'pqatlamli, to'g'ri va spiralsimon. Bundan tashqari ular kutilmagan elektrik, magnitik, optik xossalarini namoyish qilishmoqda.

Maqsadga muvofiq ravishda naychalar ichiga boshqa materiallar atomlarini kiritish yo'li bilan nanonaychalarning elektron xossalarini o'zgartirish mumkin.

Fullerenlar va nanonaychalar ichidagi bo'shliqlar anchadan buyon olimlar diqqatini tortar edi. Tajribalardan ko'rinishcha, fulleren ichiga qaysidir materialning atomi kiritilsa, bu uning elektrik xossalarini o'zgartirib yuborishi va hattoki izolyatorni o'ta o'tkazgichga aylantirib yuborishi mumkin ekan.

Shunday yo'l bilan nanonaychalar xossalarini ham o'zgartirish mumkinmi? Olimlar nanonaychalar ichiga avvalo gadolinii atomlari kiritilgan fullerenlar zanjirini joylashga erishdilar. Bunday g'aroyib strukturaning elektrik xossalari oddiy, bo'shliqli nanonaychalar hamda ichida bo'sh fullerenli nanonaychalar xossalaridan kuchli ravishda ajralib turadi. Bunday birikmalar uchun maxsus kimyoviy belgilar ishlangan. Yuqorida ta'riflangan struktura quyidagicha belgilanadi: Ulardan (nanonaychalardan) foydalanish doirasi juda keng. Nanonaychalardan, masalan, mikroasboblarda uchun simlar tayyorlash mumkin. Ularning g'aroyibliigi, tok ular bo'ylab umuman issiqlik ajratmasdan va juda yuqori qiymatga – 10^7 A/sm² ga yetadi. Oddiy o'tkazgich bunday toklarda darrov bug'lanib ketgan bo'lar edi.

Nanonaychalarni kompyuter industriyasida qo'llash uchun bir nechta ishlanmalar ham ishlab chiqilgan. 2006 yilda nanonaychali matritsalarda ishlovchi

yassi ekranli emission monitorlar paydo bo'ldi. Nanonaychalarning bir uchiga o'rnatiladigan kuchlanish ta'sirida boshqa uchi elektronlar taratishni boshlaydi, ular fosforetsensiyalanadigan ekranga tushadi va piksel yorug'lanishini keltirib chiqaradi. Bunday hosil bo'ladigan tasvir nuqtasi juda ham kichik: mikronlar tartibida bo'ladi.

Yana bir misol – nanonaychadan tekshiruvchi mikroskop ignasi sifatida foydalaniladi. Odatda bunday igna juda o'tkirlashgan volframli igna ko'rinishida bo'ladi, ammo atomlar o'lchovida bunday ignalar juda qo'pol bo'lib qolaveradi. Nanonaycha esa diametri bir necha atomlar tartibidagi eng yaxshi igna ko'rinishida bo'ladi.

Nanonaychalarning g'aroyib elektrik xossalari ularni nanoelektronikaning asosiy materiallaridan biri qilib qo'yadi. Ular asosida kompyuterlar uchun yangi elementlar tayyorlandi. Bu elementlar uskunalar o'lchamlarini kremniyli asboblarga nisbatan bir necha tartibga kichrayishni ta'minlaydi.

Nanoelektronikada nanonaychalarni qo'llashning yana bir yo'nalishi – yarimo'tkazgichli getereotuzilmalar, ya'ni "metal yarimo'tkazgich" tipidagi tuzilmalarni hosil qilishdir.

Yendi bunday qurilmalarni tayyorlash uchun ikkita materialni alohida-alohida o'stirish va so'ngra ularni bir biri bilan "payvandlash" shart emas. Nanonaychaning o'sish jarayonida unda tuzilish nuqsoni (uglerodli oltiburchakning birini beshburchakli bilan admashtirib qo'yish) xosil qilish, ya'ni uni o'rtasidan maxsus ravishda sindirib qo'yish yo'li bilan hosil qilish mumkin. Shunda nanonaychaning bir qismi metal xossalariga, boshqasi esa yarimo'tkazgich xossalariga ega bo'ladi.

Nanonaychalar ichki bo'shliqlarida gazlarni xavfsiz ravishda saqlash uchun yaxshi materiallardir. Bu birinchi navbatda vodorodga taalluqlidir. Undan avtomobillar uchun yoqilg'i sifatida foydalanish mumkin edi. Devorlari qalin, og'ir va xavfsiz deb bo'lmaydigan ballonlari muammosini hal etilsa vodorodning eng katta yutug'i –uning massa birligiga (avtomobil 500 km harakatlanishi uchun hammasi bo'lib 3 kg N₂ yetarli bo'ladi) ajratiladigan katta miqdordagi energiya

sarf qilishidir.

Sayyoramizdagi neft zaxiralari bir kun kelib tugashini hisobga olsak, vodorod ko‘plab muammolarning effektiv ravishda yechilishiga yordam bergan bo‘lar edi. Yaqin kelajakda avtomobillarni benzin bilan emas, balki vodorodli yoqilg‘i bilan ta‘minlash mumkin bo‘ladi.

Nanonaychalarga nafaqat atom va molekulalarni alohida “qamash”, balki materialning o‘zini butunlay “qo‘yish” mumkin. Tajribalarda aniqlanishicha ochiq nanonaycha kapillyar, ya‘ni materialni o‘ziga tortishish hususiyatiga ega ekan. Shunday qilib nanonaychalardan: oqsil, zaharli gazlar, yoqilg‘i komponentlari va eritilgan metallar kabi kimyoviy va biologik faol materiallarni tashish va saqlash uchun mikroskopik konteynerlar sifatida foydalanish mumkin.

Atom va molekulalar nanonaycha ichiga tushgandan so‘ng nanonaychalar bir uchidan ochiladi va ichidagi materiallarni qat‘iy belgilangan dozalarda chiqarib beradi. Bu hayol emas, bu turdagi tajribalar ko‘plab laboratoriyalarda o‘tkazilmoqda, nanonaychalar uchlarini “payvandlash” va uni “ochish” operatsiyalari zamonaviy texnologiyalar uchun muammo tug‘dirmaydi. Bir tomoni yopiq nanonaycha hozir yaratilgan.

10-15 yildan so‘ng bu texnologiya asosida kasalliklarni davolash o‘tkazilishi mumkin: aytaylik, bemor qoniga oldindan tayyorlab qo‘yilgan juda faol fermentli nanonaychalar kiritiladi, bu nanonaychalar organizmning ma‘lum bir joyida qandaydir mikroskopik mexanizmlar tarzida to‘planishadi va ma‘lum vaqtda “ochilishadi”. Zamonaviy texnologiya 3-5 yildan so‘ng bunday sxemalarni amalga oshirishga amalda tayyor. Asosiy muammo bunday mexanizmlarni “ochish” va nishon hujayralarni izlash uchun oqsil markerlariga integratsiyalash effektiv uslublarining yo‘qligidir.

Viruslar va nanokapsulalarga asoslangan dorilarni yetkazishning bundan ham samaraliroq usullarini ham yaratish mumkin. Nanonaychalar asosida ayrim atomlarni yuqori tezlikda aniq tarzda tashib beruvchi konveerlar ham yaratilgan.

5.3. Optik nanosensorlar, nanoqatlamli quyosh elementlari.

Hozir yuzaga kelayotgan muammo va xatarlarga sanoatda vujudga kelgan inqiloblar sabab hech kim inkor qilmasa kerak. Bekorga ko'plab yirik zamonaviy olimlar kelajakning nafaqat ijobiy, balki salbiy tomonlarini ham ko'rib chiqishni taklif qilishayotgani yo'q. Bill Djoy, Kaliforniya shtati, Polo Alto, Sun Microsystems asoschisi va yetakchi olimining aytishicha, nanotexnologiyalar va boshqa sohalarda olib borilayotgan izlanishlar insoniyatga zarari yetgunga qadar to'xtatilishi lozim. Uning fikrini yana bir guruh nanotexnologlar "Foresight Guidelines" - "Inctityt boshqaruvchilari" qo'llab quvvatladilar. Ular ham Djoy kabi nanotexnologiyalarning ortib borishi va rivojlanishi nazoratdan chiqib borayotganini ta'kidlamodalar. Bu sohadagi izlanishlar oddiy ta'qiqlash bilan chegaralanib qolmasdan, balki davlat nazorati o'rnatilishini taklif qildilar. Ularning aytishicha, bunday rivojlanish kutilmagan falokatlarni keltirib chiqarishi mumkin. Nanotexnologiya xavfi paydo bo'lishi 1986 yili Dreksler tomonidan yaratilgan "Yaratuvchi mashina" ya'ni "Kulrang so'lak muammosi" nomini olgan qurilmasi bilan bog'liq edi. Kulrang so'lakning xavfli tomoni shunda ediki, u nanometrli assemblerlarni ishdan chiqarib, boshqaruv tizimini buzadi. Bu texnologiyada o'z-o'zini boshqarish va ko'payish hususiyati mavjud bo'lib, u yo'lida uchragan narsalardan xom ashyo sifatida foydalanadi.^{1,3}

O'tkazilgan tajriba shuni ko'rsatadiki, assembler har qancha ishonchli qilib yaratilmasin, undagi xatoliklar va o'z-o'zini boshqarishga intilish baribir kuzatilaveradi. Lekin yoddan chiqarmaslik kerakki, assemblerda dasturlash terroristlar yoki bezorilar, hattoki zamonaviy kompyuter viruslarini ishlab chiqaruvchilar tomonidan ham yaratilishi mumkin.

Djoy o'zining qo'lyozmalarida, mikromashinalarning ishlab chiqarilishi va ular jamiyatda o'z o'rnini topib ulgurgani haqida to'xtaladi. "Hajmi molekuladek bo'lgan elektron ko'rinishdagi assemblerlar xozir amalda qo'llanilinmoqda"-deydi

¹ Dieter Vollath Nanoparticles-Nanocomposites-Nanomaterials. An introduction for beginners. – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.KGaA, Boschstr. Weinheim, Germany, 2013. – P. 322.

3. William D. Callister Jr. Materials Sciences and Engineering. An Introduction. John Wiley & Sons. Ins. 2007. – P. 975.

Djoy. Keyinchalik esa u o'z-o'zini tiklash biologik jihatdan emas, balki texnologik jihatdan bajarilayotganini aniqladi. "Mana nima uchun nanotexnologiyalar xavf tug'dirmoqda", - deydi Djoy. Boshqa olimlar guruxi "kulrang so'lak" mexanizmi xavf tug'dirmasligini ta'kidlamokdalar. "Bularning barchasiga barmoq ostidan qaralmoqda", - deydi Blok. Muxandislarning izlanishlarini cheklab qo'yilsa, rivojlanishdan ortda qolib ketish va o'z-o'zini tiklash hususiyatlariga ega mashinalar yaratilmay qolishi mumkin. Biologik tizimga kelsak, birinchidan, ular nanometr hajmida emas, ikkinchidan, o'z tuzilmasida fantastik ravishda murakkab hisoblanadi, bundan tashqari bu tizimda axborotlar genda saqlanadi va avloddan avlodga o'tadi.

"Hattoki tabiat ham o'z-o'zini tiklash hususiyatiga ega bo'lgan nanometrik tuzilishiga qodir tizimni yaratmagan"- deydi Viola Vagen, Sietl shtati Vashington Universiteti nanotexnologiya mutaxasisi. Nanotexnologiyalar yutuqlaridan yovuz maqsadlarda foydalanuvchi muxitlar ham mavjud. Nanotexnologiyalar rivojlanishiga bag'ishlangan yig'ilishda quyidagi savollar vujudga keldi:

- O'qitish tizimi nanotexnologiya bo'yicha mutaxassislarni tayyorlay oladimi?
- Nanotexnologiyalarning rivojlanishi natijasida ko'plab insonlar ishsiz qolishi mumkinmi?
- Nanotexnologiyalarning ortib borishi, narxining pasayishi va oson topilishi natijasida terroristlar xavfli mikroorganizmlarni yaratishlari mumkinmi?
- Nanotexnologiyalarning xaddan ziyod ko'payishi va tarqalishi bora-bora insonlarda hohlamaslik hissini keltirib chiqarmasmikan?

Nanotexnologiyalarni inson tanasiga o'rnatish va ommalashtirish vaqti kelib jiddiy kasalliklarni keltirib chiqarmasmikan? Shu va shunga o'xshagan savollar hozir ishlab chiqaruvchilarni o'ylantirib qo'yimoqda. Ushbu arzon nanotexnologiyalar poygasida olimlar ularning barcha insoniyat salomatligiga ta'siri va paydo bo'layotgan xavflarga javobgarlikni o'z zimmasiga olishlari shart. Yuqoridagi sabablarga asosan texnologiyalarning yangi nanorivojlanishni yangi usul va uslublarda olib borish kerak bo'ladi.

5. Nanoplenkalar, nanotolalar, nanosorbentlar, nanotrubbkalar, nanogellar, nanokomplekslar, nanokompozitlar va ularning amaliy qo'llanishi.

Nanotexnologiyalar bilan boshqa sohalarning aloqadorligi haqida so'z borganda kelajakda hattoki maktab darsliklari ham nanotexnologiyalar asosida o'qitilishiga hech shubha yo'q.

Ayniqsa nanotexnologiyalar sohasining fizika, kimyo va biologiya sohalari bilan bog'liqligi kelajakda yana ham uzviy bo'ladi. Lekin, shuni aytish kerak-ki, axborot texnologiyalari sohasining rivojlanishisiz barcha sohalar uchun zarur bo'lgan assembler va nanoelektronikalar rivojlanishini ham tasavvur qilib bo'lmaydi.

Yarimo'tkazgichlar – o'tkazgichlar va dielektriklar o'rtasidagi moddalardir. Ularga juda ko'p kimyoviy moddalar (germaniy, kremniy, selen, tellur, va boshq.) va juda ko'p turdagi kimyoviy birikmalar kiradi. Bizning tevarak - atrofimizni o'rab turgan deyarli barcha neorganik moddalar yarimo'tkazgichlardir. Tabiatda eng ko'p tarkalgan yarimo'tkazgich kremniy bo'lib, u yer qobig'ining 30% ni tashkil qiladi [3].

Yarimo'tkazgichlarning asosiy belgilaridan biri shundan iboratki, ularning fizik xossalari tashqi tasirga – temperaturaning o'zgarishi yoki kirishmalar kirishiga kuchli bog'langan.

Yarimo'tkazgichlar temperaturasini maqsadli o'zgartirib yoki uni legirlab (kirishma kiritib), uning fizik xossalarini, jumladan, elektrik o'tkazuvchanligini boshqarish mumkin.

Bundan 180 yil ilgari odamlarga turli o'tkazgichlar elektr tokini turlicha o'tkazishi ma'lum edi. 1821 yilda ingliz kimyogari Hemfri Devi temperatura ortishi bilan metalning elektrik o'tkazgichligi kamayishini aniqlagan. Uning shogirdi Maykl Faradey 1833 yilda tajribalarni davom ettirib, oltingurgut va kumush birikmasi elektrik o'tkazuvchanligi temperatura ortishi bilan pasayishini emas, aksincha ko'tarilishini kuzatgan. So'ngra, u o'tkazuvchanligi temperaturaga g'ayrioddiy bog'langan yana bir necha moddalarni kashf qildi. Lekin, o'sha paytlarda bu dunyo ilm ahlini qiziqitirmadi. 1873 yili selenning (Se) karshiligi

yorug'lik nuri ta'sirida o'zgarishi aniqlangandan so'ng, bu ishlarga qiziqish ortdi.

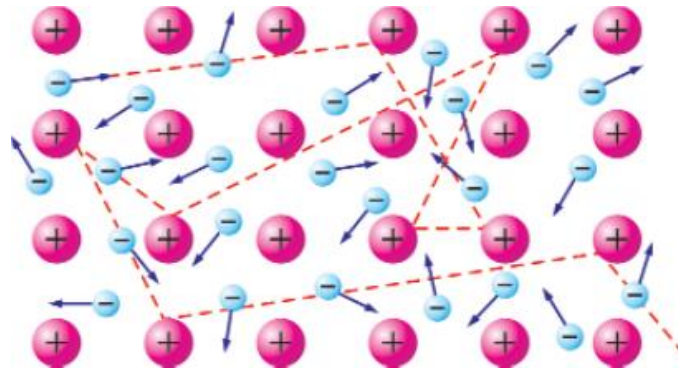
Selen fotoqarshiliklar tezda turli optik asboblarda qo'llanila boshladi. Oddiy selen ustunidan qilingan *fotoqarshilik* birinchi yarimo'tkazgichli asbob bo'ldi. Uning elektrik o'tkazuvchanligi yoritilganda qorong'ulikdasisiga nisbatan kattalashar edi.

Avval, 1948 yili nuqtaviy, keyin 1951 yili yassi tranzistorlar kashf qilinishi, yarimo'tkazgichli elektronikaning jadal rivojlanishiga olib keldi. Tranzistorlar ishlash qonuniyatini tushuntirish uchun yarimo'tkazgichlarda kehadigan qator fizik jarayonlarni ko'rib chiqish zarur bo'ladi. Dast avval ulardagi elektrik o'tkazuvchanlik mexanizmiga to'xtalib o'tamiz.

Elektrik o'tkazuvchanlik. Ma'lumki, barcha moddalar turli kimyoviy bog'lar hosil qilgan atomlardan tuzilgan bo'lib, bu bog'lar ularning ko'plab fizik va kimyoviy xossalarini, jumladan, elektrik o'tkazuvchanligini belgilaydi. Masalan, tuz va yog' dielektriklar guruhiga mansub bo'lib, elektr tokini o'tkazmaydi, metaldan qilingan sim esa juda yaxshi o'tkazgichdir. Metalning yuqori elektrik o'tkazuvchanligi sababi nimada?

Metallarning elektrik o'tkazuvchanligi. Kristal panjarada metal atomlari juda zich joylashgan – har bir metal atomi o'n ikkitagacha qo'shni atom bilan bevosita bog'langan bo'lishi mumkin. Shuning uchun metal atomining tashqi elektron qobig'idagi valent elektronlar “yerkin” bo'lib, metal ichida tartibsiz issiqlik harakatidagi “yelektronlar gazi” ni hosil qiladi. Kristal panjara tugunlaridagi metal ionlari esa, shu elektron gaz ichiga botirilgandak joylashgan.

Metallarning kristal panjara tugunlarida joylashgan ionlari ham, erkin elektronlari ham betartib issiqlik xarakatida ishtirok etadi. Ionlar kristal panjara tugunlarida tebranma harakat qiladi, erkin elektronlar esa kristal bo'ylab betartib ilgarilanma harakatda bo'ladi (1 -rasm)



7 – rasm. Metalning kristal panjarasidagi erkin elektronlar harakati.

Bitta elektronning traektoriyasi shtrix bilan ko‘rsatilgan.

Erkin elektronlar o‘zlarining betartib issiqlik harakati davomida kristal panjara tugunlaridagi metal ionlari bilan to‘qnashib turadi. Metal sirtiga yaqin biror elektron shu to‘qnashishlar natijasida metaldan chiqib ketishi ham mumkin. Buning uchun uning energiyasi potensial to‘siq deb nomlanuvchi energiyadan yuqori bo‘lishi zarur. Metalning potensial to‘siq balandligi (yenergiya birligida) uning *chiqish ishi* deb ataladi. Xona temperaturasida ko‘p erkin elektronlarning issiqlik xarakat energiyasi potensial to‘siqni yengib chiqish uchun yetarli bo‘lmaydi.

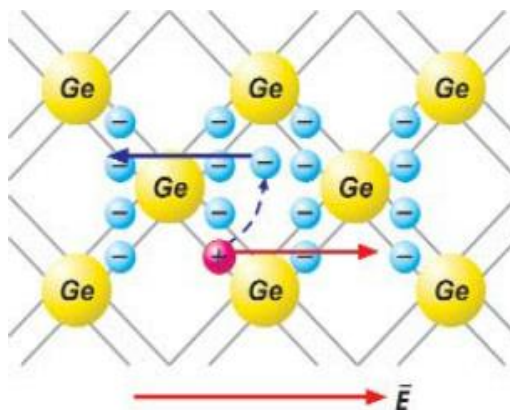
Metal o‘tkazgich chetlariga potenciallar farqini (kuchlanishni) qo‘ysak, erkin elektronlarning betartib issiqlik harakatidan tashqari, tartiblangan (bir tomonga yo‘nalgan) harakati paydo bo‘ladi, ya’ni elektr toki hosil bo‘ladi. Aynan erkin elektronlarning metallardagi yuqori zichligi ularing yuqori elektrik o‘tkazuvchanligini belgilaydi.

Yarimo‘tkazgichlarning elektr o‘tkazuvchanligi. Yendi yarimo‘tkazgich kristali panjarasini ko‘rib chiqamiz. Yarimo‘tkazgich atomlari *kovalent bog‘langan* bo‘ladi. Misol sifatida to‘rt valent elektronli germaniy (Ge) kristalini ko‘rib chiqamiz. Kovalent bog‘larning mustahkamligi tufayli germaniy kristalidagi elektronlar metaldagilarga nisbatan ancha mustahkam joylashib olgan. Shuning uchun oddiy sharoitlarda erkin ya’ni yaxshi joylasha olmagan bog‘lanmagan, erkin elektronlar kam bo‘lganligi uchun ularning o‘tkazuvchanligi metalarnikidan ko‘p marta kichikdir.

Germaniy kristalida erkin elektronlar hosil bo‘lishi uchun qandaydir yo‘l

bilan atomlar orasidagi kovalent bog'larni uzish kerak. Bunga turli yo'llar bilan erishish mumkin.

Ulardan biri bu kristalni qizdirishdir. Unda bir qism valent elektronlar qo'shimcha issiqlik energiya ta'sirida kovalent bog'lanishdan uzilib chiqib ketadi. Faraz qilaylik, qizdirish natijasida atomlar orasidagi bir bog'lanish uzildi, urib chiqarilgan elektron esa erkin elektronga aylanadi.



8 – rasm. Germaniy kristalidagi juft elektron bog'lari

Natijada “kovak” qo'shni atomga siljiydi. U atom o'z navbatida boshqa atomdan elektronni tortib oladi va x.k. Natijada bitta elektroni yetishmaydigan chala bog' kristal bo'ylab tartibsiz erkin ko'chib yurishi mumkin. Uzilgan bog'larning (kovaklarning) ko'chib yurishi qo'shni bog'lardagi elektronlarni tortib olish hisobiga sodir bo'ladi, shuning uchun har safar bir atom o'zining uzilgan bog'i uchun elektron tortib olganda, u bilan birga bog'ning kompensatsiyalanmagan musbat zaryadi ham ko'chib yuradi. Bu holatni xuddi yarimo'tkazgichda yangi musbat zaryadli zarracha paydo bo'lganidek qabul qilish mumkin. Ushbu zarraning zaryadi elektron zaryadiga teng bo'lib, ishorasi esa musbatdir. Bunday kvazi zarralar (“kvazi” – deyarli degan ma'noni bildiradi) “*kovak*”lar deb nomlanadi.

Bog'dan uzilib chiqqan erkin elektron va uning o'rnida hosil bo'lgan kovak cheksiz uzoq vaqt tura olmaydi. Ma'lum bir vaqtdan so'ng (10^{-12} dan 10^{-2} sek gacha) ular bir biri bilan yana uchrashib qoladilar va ikkalasi ham yo'q bo'lib ketadi, buni rekombinatsiya deb ataladi.

Rekombinatsiya paytida energiya ajralib chiqadi, uning qiymati elektron-

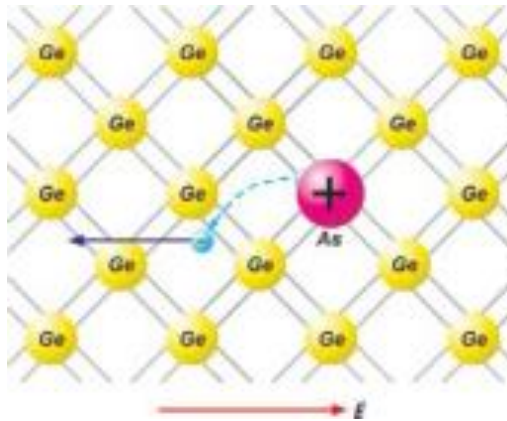
kovak juftligini hosil qilish uchun sarf bo'lgan energiyaga tengdir. Ba'zan bu energiya nurlanish ko'rinishida ajralib chiqadi, ko'p xollarda esa bu energiya kristal panjaraga berilib, uni qizdiradi. erkin elektronlar va kovaklar hosil qilgan o'tkazuvchanlik yarimo'tkazgichlarning *xususiy o'tkazuvchanligi* deb ataladi.

Kovaklar va erkin elektronlar juft juft bo'lib paydo bo'ladi, shuning uchun toza yarimo'tkazgichlarda ularning zichligi teng bo'ladi:

$$r = n.$$

Yarimo'tkazgichlarda erkin zaryad tashuvchilarni hosil qilishning yana bir usuli, kristalga atayin turli kirishmalar kiritishdir. Germaniy kristaliga besh valentlik arseniy (As) yoki fosfor (P) atomlari kiritilgan holatni ko'rib chiqaylik.

Arseniy (As) atomining beshta valent elektroni, u beshta qo'shni atomlar bilan kimyoviy bog' hosil qilish mumkinligini bildiradi.



9 – rasm. Germaniy kristal panjarasidagi arseniy atomi.

n turdagi yarimo'tkazgich Germaniy kristalida faqat to'rtta qo'shni atom bilan bog' hosil qila olish mumkin. Shuning uchun arseniy atomining faqat to'rtta valent elektroni bog' hosil qilishda qatnashadi.

Mikrosxemadagi kuchsiz signallar tranzistorlar orqali kuchaytirilib motorlarni, robotlarni, sun'iy mushaklarni boshqara oladi. Skanerlovchi miroskopdagi nanoamperli tunnel tok ham tranzistorlar yordamida kuchaytiriladi.

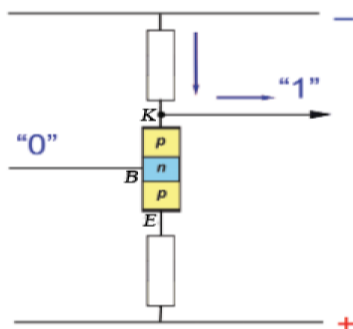
Tranzistorda kichik tok katta tokni boshqaradi, bu elektronikaning asosidir.

Boshqarish deganda har doim signallarni kuchaytirish nazarda tutilmaydi. Mantiqiy axborot tashuvchi signallar yordamida ham boshqarish mumkin. Demak,

olingan informatsiyani maqsadga muvofiq ravishda o'zgartirish, ya'ni *qayta ishlash* mumkin. Bu ishlarni nol va birdan iborat ikkilik kodida ishlovchi miroprotsessorlar amalga oshiradi.

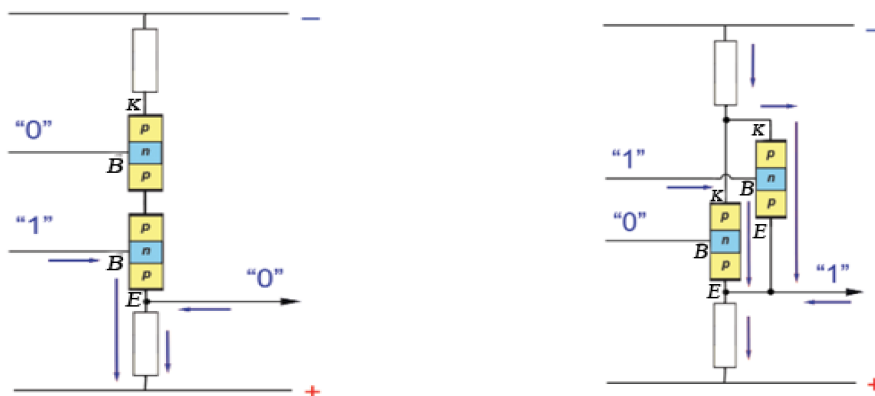
CMOS (komplementar metal-oksid yarimo'tkazgich) mantiqiy qurilmalarida musbat yoki nol kuchlanish "0" ni anglatadi, manfiy kuchlanish esa "1" ni bildiradi. Baza zanjiri qo'shilmaganda emitter zanjiridan tok o'tmaydi. Bu holat mantiqiy "0" ga mos keladi. Bazaga manfiy kuchlanish berilganda zanjirda tok hosil bo'ladi, bu mantiqiy "1" ga mos keladi¹.

Chiqishni tranzistor kollektoriga ulasak, jarayon aksincha kechadi. Bu holda "0" ni "1" ga, 1 esa 0 ga aylantiruvchi. Bu "emas" (NE) nomli mantiqiy sxemaga ega bo'lamiz.



10 – rasm. Bir tranzistorli "Emas" mantiqiy qurilmasi

Bir necha tranzistorlar yordamida mantiqiy "VA", "YoKI" va boshqa murakkab mantiqiy sxemalarni hosil qilishimiz mumkin. Zamonaviy texnologiyalar yordamida o'lchamlari bir necha mikron bo'lgan tranzistorlar, fotosensorlar ishlab chiqilishi mumkin.



¹ Dieter Vollath Nanoparticles-Nanocomposites-Nanomaterials. An introduction for beginners. – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr. Weinheim, Germany, 2013. – P. 322.

11 – rasm. “VA” va “YoKI” tranzistorli sxemalar

Biroq, texnikaning keyingi rivoji nanometr o‘lchamli tranzistorlar yaratishni taqozo eta boshladi.

Bir qancha tranzistorlarni biriktirib barcha “VA”, “YoKI” va “EMAS” mantiqiy sxemalarni hosil qilishimiz mumkin. Kompyuterlarning tezkorligi birlik yuzaga joylashgan tranzistorlar soniga to‘g‘ri bog‘langan.

Nanometr o‘lchamli tranzistorlar yaratish uchun qilingan birinchi harakatlar yaxshi natijalar berdi. Bu haqda keyingi paragraflarda batafsil to‘xtab o‘tamiz.

Integral mikrosxema. Mikrosxemalarning elektronikada qo‘llanilishi bu sohada inqilobiy o‘zgarishlarga olib keladi. Bu kompyuter sanoatida yorqin namoyon bo‘ldi. Minglab elektron lampali, butun binoni egallagan hisoblash mashinalari o‘rniga ixcham, stol ustida, hatto cho‘ntakda joylasha oladigan kompyuterlar kirib keldi.

Integral sxema (IS) – bu mikroskopik qurilmalarning (diod, tranzistor va boshqalar) bitta taglikda yig‘ilgan tizimidir. Ular qovurilgan kartoshka bo‘lakchalariga (inglizcha **chip**) o‘xshagani uchun, ba‘zan ularni **chiplar** ham deb ataladi.

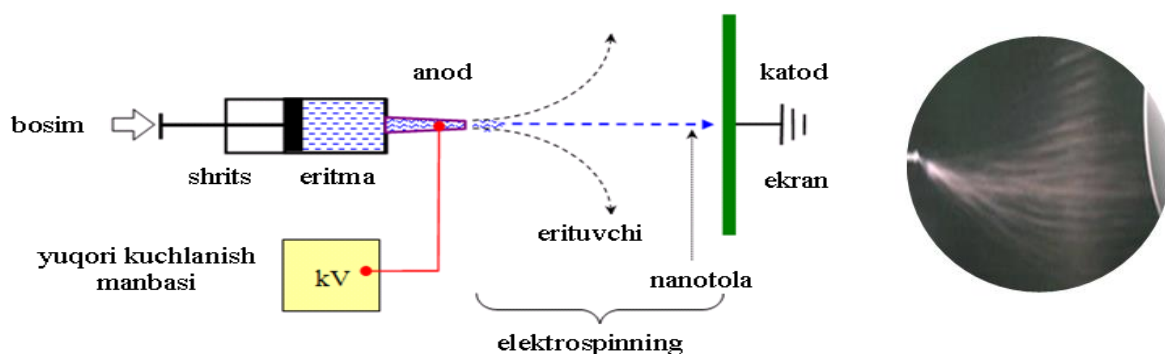
Yuzasi 1sm^2 bo‘lgan chipda millionlab mikroskopik qurilmalar joylashadi. Albatta bunday kichik yuzada joylashgan million tranzistorni ko‘lda bir biriga ulab chiqib bo‘lmaydi. Bu holatdan chiqish uchun yagona qurilmada - integral sxemada barcha yarimo‘tkazgich qismlarni va ular orasidagi bog‘lanishlarni bir texnologik jarayonga biriktirib ishlab chiqarish usullari paydo bo‘ldi.

Polimer nanotolalar shakllantirishning elektrospinning usuli

Nanotolalar shakllantirishda eng zamonaviy usullardan biri elektrospinning bo‘lib, bu usulning prinsipial asosi aslida 1934 yilda tavsiya etilgan. Unda eritma oqimi bo‘ylab yuqori kuchlanishli doimiy elektr maydoni ta‘sir ettirilganda, erituvchini bo‘g‘lanishi hamda polimer molekulalari bir biriga orientatsiyon birikib $10 - 30\text{ sm}$ masofada tolalar shakllanishi kuzatilgan. Ammo shakllangan tolalar bir-biriga chigallashib ketgan va nobarqaror tuzilishga ega bo‘lgan. Bu kamchiliklarni bartaraf etish, barqaror tolalar, jumladan, nanoo‘lchamli tolalar

shakllantirishga 1990 yillarga kelib Berklik AQSh olimlari jiddiy kirishishgan. Buning uchun yaqin maydonli elektrospinning (*near-field electrospinning process*) qoʻllanilgan va uning samaradorligi hozirda jadal rivojlanayotgan polimer nanotolalar olishning yangi davri boshlab bergan.

Elektrospinning jarayoni ichgichka ($0,1 \div 2,0 \text{ mm}$) kapillyardan (*anoddan*) chiqayotgan polimer eritma oqimini havoda yuqori kuchlanish ($0,5 \div 50 \text{ kV}$) taʼsiri ostida ekranga yoki barabanga (*katodga*) elektrostatik tortish va oqimdan erituvchini jadal boʻgʻlantirib chiqarib yuborish hamda polimer molekulalarini orientatsion holatga oʻtkazib bir biriga oʻralgan (*yeshilgan*) tarzda nanooʻlchamli tola koʻrinishida shakllantirishga asoslangandir. Odatda anod va katod oʻrtasidagi masofaning har bir sm ga bir kB dan doimiy kuchlanish moʻljallab beriladi (1-jadval). Elektrospinning jarayonining prinsipial chizmasi 12-rasmda keltirilgan⁵.



12-rasm. Elektrospinning prinsipial chizmasi (a) va elektr maydonida fileradan chiqayotgan polimer suyuq fazali oqimdan erituvchini choshilishi va makromolekulalarni orientatsion eshilgan holga nanotolalar boʻlib shakllanib ekranga borib tushishining fotosurati (b)

1-jadval. Elektrospinning nanotolalari morfologiyasiga polimer konsentratsiyasi (C) va yuqori elektr kuchlanishining taʼsiri².

a

b

⁵ Холмуминов А. Полимерлар физикаси, Тошкент, Университет, 2015, 252 б.

² . Feng Kai. In investigation on phase behavior and orientation factor of electrospun nanofibers. The Uni. of Tennessee, Knoxville (US), 2005. –P. 106.

C, %	U, kV		
	15	20	25
0,50			
0,75			
1,00			
1,25			
1,50			
1,75			
2,00			

Kuchlanishni ($15 \div 25$ kV) va konsentratsiyani ($0,5 \div 2,0$ %) turli miqdorlarida elektrospinning jaroyonini amalga oshirish orqali har xil morfologiyaga ega bo‘lgan nanotolalar shakllantirilgan va ularning optimal sharoitlari aniqlangan. Shu bilan birga nanotolalar shakllantirish polimerlarning turlari, konfiguratsiyasi, konformatsiyasi, molekular massaviy tavsiflari, polielektrolit xossalariga ham bog‘liqdir.

Polimer nanotolalarni maxsus xossalarga ega bolishida eritmani tarkibi va aralashmalar tabiati ham muhimdir. Ushbu ta’kidlangan jihatlarni inobatga olgan tarzda nanotolalarni shakllantirish katta amaliy ahamiyat kasb etadi.

Nazoart savollari:

1. Yarimo‘tkazgichli nanodiod va nanotranzistor qanday ishlaydi?
2. Integral sxema deganda nimani tushunasiz?
3. Mikro- nanosxemalar qilinishida qanday asosiy bosqichlar mavjud?
4. MEMS va NEMS texnologiyalarini tushuntirib bering.
5. Nanosensornlarning qanday turlari mavjud?
6. “Aqlli chang” lar qaerlarda qo‘llaniladi?
7. Nanoelektronika rivojlanishining uch asosiy yo‘nalishlari nima?
8. Nano- va spintronika nima?
9. Nanomotorlarning qanday turlarini bilasiz?

10. Nanostrukturali materiallar texnologiyasi nimaga asoslanadi?
11. Nanotolalar shakllanishi qanday amalga oshiriladi?
12. Doimiy kuchlanish nanotolalar shakllanishida qanday rol o'ynaydi?

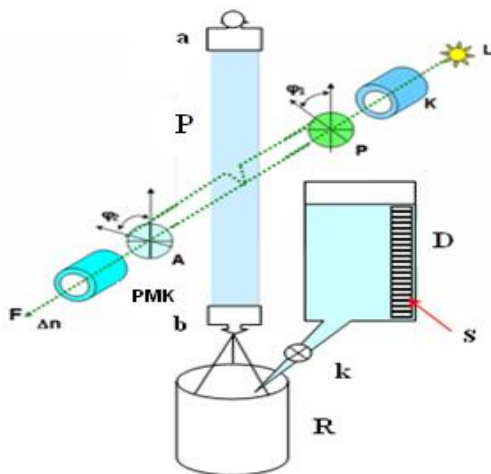
IV. AMALIY MASHG‘ULOTLARINING MAZMUNI

1-amaliy mashg‘ulot:

Plenkalar anizotropik xossalari polyarizatsion-optik usulda tadqiq etish

Shaffof polietilen plenaning deformatsion cho‘zishda ruy beradigan mexano-anizotropik o‘zgarishlarini polyarizatsion-optik usulda nazorat qilishni o‘zlashtirish. Qo‘sh nur sinishi ko‘rsatgichini qayd etish orqali plenaning deformatsion o‘zgarishdagi orientatsiya faktorini aniqlash. Optik va mexanik anizotropiyalar o‘zaro bog‘liqligini tahlil qilish.

Polietilen plenka. Shaffof polietilen plenadan eni 1 sm etib tasma (P) kesiladi va maxsus polyarizatsion-optik qurilmaga quyidagi sxema bo‘yicha polyarizatsion nur yo‘nalishiga perpendikulyar vertikal tarzda o‘rnatiladi (1-rasm). Bunda yuqoridan qo‘zg‘almas qisqich (a) bilan plenka tutib turiladi va quyidan maxsus idish (R) ga qisqich (b) orqali biriktiriladi. Ichida distillangan suv bo‘lgan shisha idish (D) dan kran (k) ochilishi bilan (R) ga suv oqib tusha boshlaydi va uning hajmi (V, ml) maxsus shkala (s) yordamida o‘lchab boriladi. Suvning hajmi



(V) va massa (m) si tengligidan idish (R) da massasi oshishi bilan plenani birlik yuzasi (S) ga ta‘sir etib deformatsion cho‘zadigan mexanik kuch ($F = mg$) va kuchlanish ($\sigma = F/S$) vujudga keladi.

1-rasm. Plenka uchun maxsus polyarizatsion-optik qurilma chizmasi.

O‘lchashlar. Tajribalar $\lambda = 0,56 \cdot 10^{-4}$

sm to‘lqin uzunligida j_1, j_2 va d ning miqdorlarini σ ning plenani uzishgacha bo‘lgan miqdorlari diapazonida o‘lchash orqali amalga oshiriladi. Natijalar quyidagi 1-jadvalga qayd etiladi va hisoblanadi.

1-jadval. Tadqiqot natijalari va ularning hisoblanishi

σ, Pa	d, sm	$j_1, ^\circ$	$j_2, ^\circ$	dn	dn_o	b

Hisobot. Tadqiqot natijalari asosida makromolekulalar orientatsiya faktori (b) ni kuchlanish (σ) ga bog‘lanish grafigi tuziladi hamda kuchlanish ostida konformatsion o‘zgarishlar mohiyati tahlil qilinadi.

2-amaliy mashg‘ulot:**Materiallar g‘ovakligini sorbsion usulda aniqlash prinsiplari**

Sorbsion usul prinsipi suv bug‘larini material tarkibiga diffuzion kirib borishini nazorat qilishga asoslangan bo‘lib, uning yordamida sorbsion jarayon kinetikasi, materialdagi g‘obaklarning o‘lchamlari, solishtirma sirti va hajmi kabi ko‘rsatgichlar aniqlanadi. Amaliy mashg‘ulotda ushbu parametrlarni amaliy aniqlashning asosiy prinsiplari o‘zlashtiriladi.

Sorbentning solishtirma sirtini hisoblash. Sorbsiya S-simon izoterma bilan tavsiflansa, sorbentning solishtirma sirti (S_{sol}) odatda Brunauer, emmet va Teller tavsiya etgan tenglama (qisqacha BET usulisi) yordamida hisoblanadi:

$$(r_1/r_1^0)/a(1 - r_1/r_1^0) = (1/Ca_m) + (C - 1)/Ca_m)(p_1/p_1^0) \quad (1)$$

bu yerda r_1 – sorbent atrofidagi bo‘g sorbatning muvozanatli bosimi; r_1^0 – to‘yingan bo‘g sorbatning bosimi; sorbsiyalangan moddaning konsentratsiyasi, mol/g ; a_m – yaxlit monomolekular qatlamdagi moddaning konsentratsiyasi, mol/g ; C – doimiy.

Ushbu tenglamaga binoan $(r_1/r_1^0)/a(1 - r_1/r_1^0)$ ning (r_1/r_1^0) ga bog‘lanishi to‘g‘ri chiziqli bo‘lib, tangens burchak bo‘yicha og‘ishi k va ordinata o‘qini kesib o‘tganda hosil bolgan kesmasi b dan a_m va C miqdorlarini hisoblash mumkin:

$$a_m = 1/(k + b) \quad C = (k + b)/b \quad (2)$$

bunga binoan sorbent solishtirma sirti quyidagicha hisoblanadi:

$$S_{sol} = a_m \omega N_A * 10^{-7}, m^2/g \quad (3)$$

bu yerda $N_A = 6,02 * 10^{23} mol^{-1}$ - Avogadro soni; ω - bitta molekula egallagan yuza bo'lib, u quyidagi tenglama boyicha hisoblanadi:

$$\omega = 4 * 0,866 (M/4(2dN_A)^{1/2})^{2/3} \quad (4)$$

bu yerda M – sorbsiyalanadigan modda molekular massasi; d – uning zichligi.

Sorbent g'ovaklarining umumiy hajmini hisoblash. Bir jinsli – yupqag'ovakli sorbentlar umumiy g'ovaklarini hajmini hisoblash uchun Dubinin va Radushkevich tenglamasi qo'llaniladi:

$$lga = lg(W_o/V) - 0,43B(lg(p_1^o/p_1))^2 \quad (5)$$

bu yerda B - sorbatni $1 mol$ hajmi; W_o – g'ovaklarning umumiy hajmiga bo'g'larni suyuqlikka aylanib to'yingan holatdagi hajmi; a – sorbat miqdori; B – doimiy.

(5) tenglamaga binoan lga va $lg(p_1^o/p_1)^2$ bog'lanish to'g'ri chiziqli bo'lib, ordinata o'qini kesib o'tganda hosil bolgan kesmasi $b = lg(W_o/V)$ ga teng bo'lib, unda W_o - sorbent g'ovaklarining umumiy hajmi hisoblanadi.

G'ovaklar radiusini hisoblash va differensial taqsimot grafigini (DTG) tuzish. Agar S_{sol} va W_o ma'lum bo'lsa, g'ovaklar o'rtacha radiusini $r_{o'r}$ quyidagi ifoda bo'yicha hisoblash mumkin:

$$r_{o'r} = (2W_o/S_{sol})10^4 \quad (6)$$

Shuningdek, g'ovaklar radiusini (r) aniqlashda Kelvin tenglamasi qo'llaniladi:

$$r = 2\sigma_s V/RTlg(p_1/p_1^o) \quad (7)$$

bu yerda σ_s – sorbatning sirt tarangligi; R – universal gaz doimiysi; T – harorat.

G'ovaklar hajmini differensial taqsimot grafini radiuslar bo'yicha tuzish uchun desorbsiya izotermasi asosida amalga oshirilishi mumkin. Buning uchun desorbsiya izotermasi bir nechta intervallarga bo'linadi va har bir interval uchun desorbsiyalangan moddaning (Δa) millimollari soni hamda shu interval chetki nuqtalariga mos kelgan radiuslar farqi ($r_1 - r_2$) bo'yicha o'rtacha miqdori ($r_{o'r}$) topiladi, ya'ni

$$r_{o'r} = (r_1 - r_2)/2 \quad (8)$$

Desorbsiya miqdori esa bo'g'ni suyultirilgan hajmi ΔV bo'yicha hisoblanadi:

$$\Delta V = \Delta a V \quad (9)$$

(8) va (9) asosida $\Delta V/V - r_{o'r}$ bog'lanish grafigi, ya'ni DTG tuziladi.

Polimer sorbentlar tasniflari bo'yicha 4 turga bo'linadi:

- g'ovaksiz sorbentlar: S-simon izotermali, $W_o = 0$ va $S_{sol} = 1 - 7 \text{ m}^2/\text{g}$;
- mikrog'ovakli, yoki bir jinsli-yupqa g'ovakli sorbentlar: Γ -simon izotermali, $r_{o'r} \leq 15 \text{ \AA}$ va $W_o \leq 15 \text{ sm}^3/\text{g}$;
- o'zgaruvchan g'ovakli sorbentlar: S-simon izotermali, $15 \leq r_{o'r} \leq 2000 \text{ \AA}$, $W_o = 0,8 \text{ sm}^3/\text{g}$ va $S_{sol} = 700 - 900 \text{ m}^2/\text{g}$;
- mikrog'ovakli polimer sorbentlar: S-simon izotermali, $1 \leq r_{o'r} \leq 10000 \text{ \AA}$.

Shuni ta'kidlash joizki, polimerlarning quyimolekular birikmalarni sorbsiyalash mexanizmi juda murakkab bo'lib, u juda ko'p faktorlarga bo'g'liqdir. Bunda sorbat va polimerning termodinamik jihatdan o'xshashligi muhimdir. Sorbsiya jarayoni tufayli polimer turli darajada hajmini o'zgartirishi va bu jarayon turli mexanizmlar bo'yicha amalga oshishi mumkin.

Hisobot. Sorbsion parametrlarni amaliy aniqlashning asosiy prinsiplari o'zlashtiriladi va tushuntiriladi.

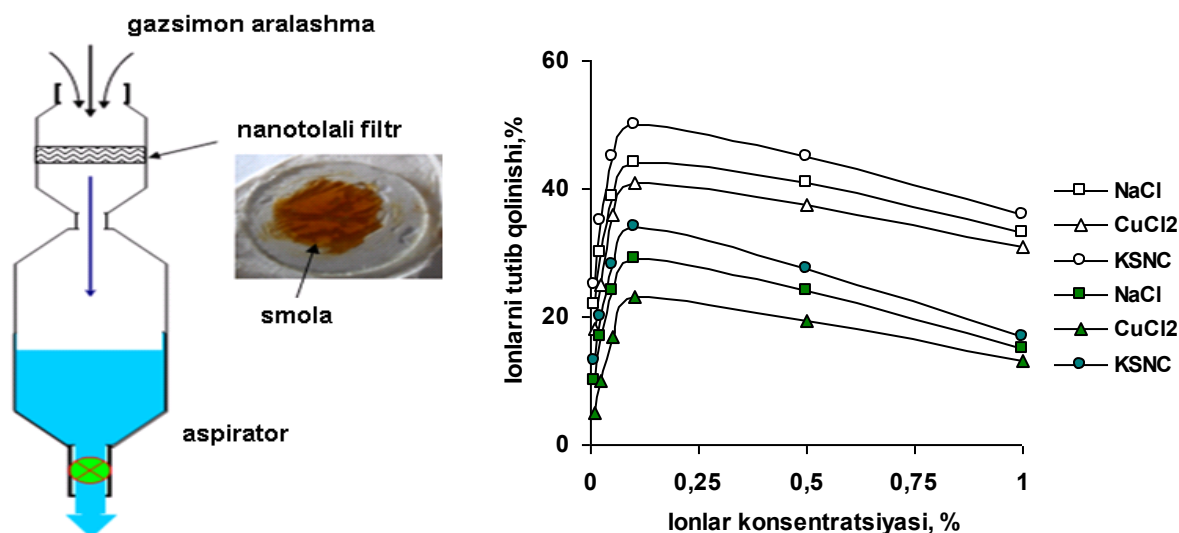
3-amaliy mashg'ulot:

Nanofiltr materiallarning samaradorligini baholash

Nanotolali noto'qima materiallar g'ovaklarining nanodapazonda bo'lishi, ular asosida nanofiltrlar tayyorlash imkoniyatini beradi. Bunday materiallar muhim ikki jihati bilan boshqa filtrlardan farqlanadi: birinchidan, nanoo'lchamli zarrachalarni filtrlaydi, ikkinchidan, nanotolalarning sirtiy faolligi hisobiga g'ovaklar filtrlanayotgan moddalarni selektiv tarzda ushlab qolish imkoniyatiga ega bo'ladi. Ushbu jarayonlar mashg'ulotda amaliy o'zlashtiriladi.

Nanotolalarning suyuqliklarni filtrlashdagi samaradorligini aniqlash uchun mikrotolalar bilan qiyosiy taqqoslash tajribalar o'tkazilgan. Bunda turli konsentratsiyali tuz ionlari ushbu tolalar asosida olingan noto'qima materiallar orqali filtrlashda tutib qolingani ionlar miqdori aniqlangan. Natijalar tuzlar

konsentratsiyasi 0,1 % gacha oshib borguncha ionlarni tutib qolish jadal tarzda amalga oshishini, tuzlar konsentratsiyasi 0,1 % dan katta bo'lgan sohada ionlarni tutib qolish biroz susayishini ko'rsatgan. Bunda nanotolali material mikrotolali materialga nisbatan 1,5 martadan ko'proq ionlarini tutib qolgan.



1-rasm. Nanofiltr uskunasi chizmasi (a), co-AN nanotolali (oq belgili) va mikrotolali (qora belgili) filtrlarini ionlarni tutib qolishni qobiliyatini konsentratsiyaga bog'liqligi qiyosiy tahlili (b) .

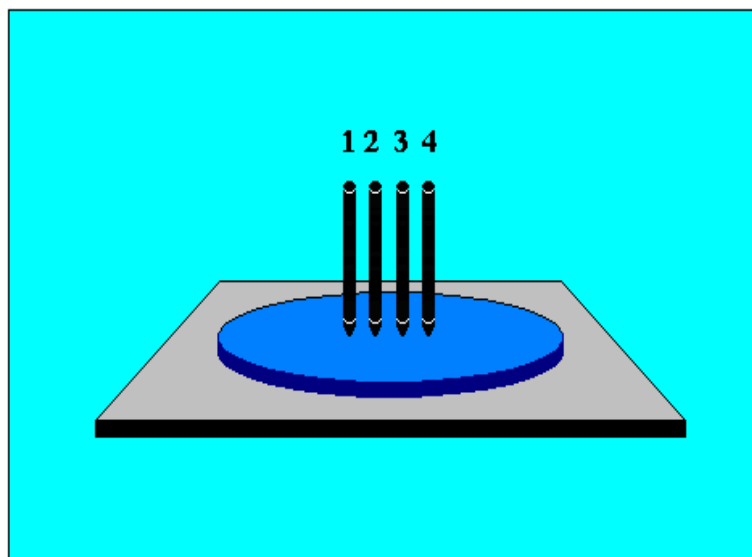
Hisobot. Nanofiltrning samadorligi sinash natijalari tahlil qilinadi

4-amaliy mashg'ulot:

Nanoqatlamli materiallarning elektrofizik xossalari

Yarimo'tkazgichli metalloksidlar asosida shakllantirilgan nanoqatlamli materiallarning solishtirma elektr o'tkazuvchanligini to'rt zondli usulda aniqlashning prinsiptial jihatlari o'zlashtiriladi. Tajribalar maxsus yig'ilgan qurilmada o'tkaziladi va tadqiqot natijalari asosida nanomaterialning elektr o'tkazuvchanlik qobiliyati baholanadi.

Tajriba usuli.



1-расм. Яримўтказгич пластинаси сиртида зондларнинг жойлашиши.

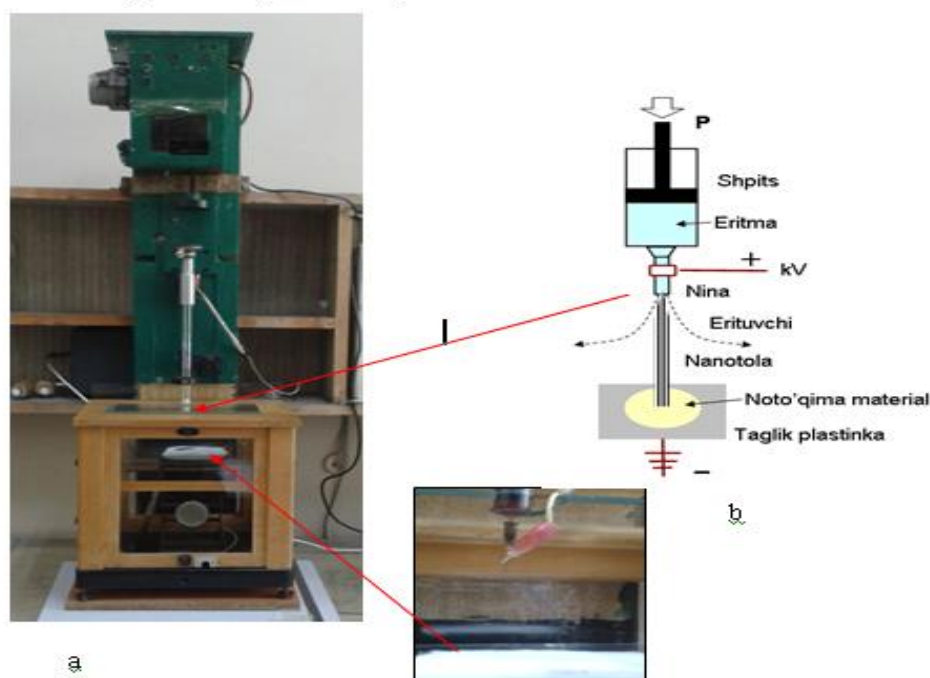
Hisobot. Tajriba usulini amaliy qo'llash va natijalarni tahlil prinsiplari tushuntiladi.

7-amaliy mashg'ulot: (ko'chma)

Nanotolalar shakllantirishning elektrospinning usuli

Yuqori kuchlanish ta'sirida fileradan (anod) chiqayotgan eritmani ekranga (katod) tortilishi tufayli erituvchini bug'lanib ketishi va makromolekular zanjirlarni bir biriga orientatsion o'ralib qalinligi nanoo'lchamlarda bo'lgan tolalar, ya'ni nanotolalar shakllantiriladi. Ushbu amaliy mashg'ulotda mazkur jarayon amalga oshirishning prinsipsial jihatlari o'zlashtiriladi.

Tadqiqot usullari.



Hisobot. Elektropsinning usuli ishlash prinsipi tushuntiriladi.

5-amaliy mashg'ulot: (ko'chma)

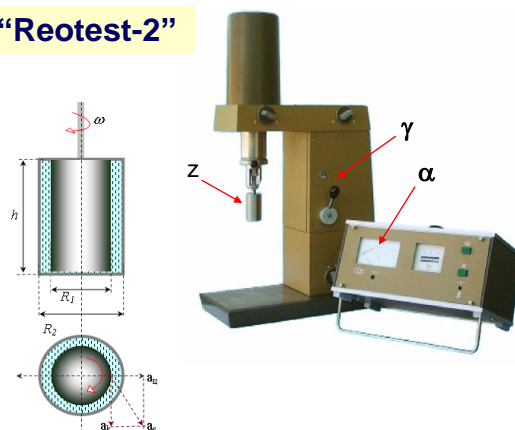
Nanodispers tizimlarning reologik xossalari

Nanodispers tizimlar, ya'ni tarkibida nanoo'lchamli zarrachalari bo'lgan konsentrlangan eritma yoki gelning oqishida deformatsion o'zgarishlarini, ya'ni reologik tavsiflari, jumladan, effektiv qovushoqligi va qovushoq oquvchanligining faollik energiyalarini aniqlashning prinsiplari o'zlashtiriladi. Ushbu amaliyot tadqiqoti "Reotest-2" qurilmasida yoki maxsus yig'ilgan "Reometr" qurilmasida o'tkaziladi.

Tadqiqot qurilmasi. Reotest-2 qurilmasi, S/S_2 - soaksial silindrlar tizimi va uni doimiysi $z = 8,06$ (1-rasm).

O'lchashlar. Tajribalar *II b* rejimda siljish maydonini γ ning *12* holatida o'tkaziladi. Bunda indikator ko'rsatgichi a ni miqdori qayd etiladi va siljish kuchlanishi $\sigma = a * z$ dan aniqlanadi hamda 1-jadvalga kiritiladi.

"Reotest-2"



1-rasm. Reotest-2 qurilmasi.

Effektiv qovushoqlik $\eta_{eff.} = \sigma/\gamma$ hisoblanadi va natural logarifm ($\ln\eta_{eff.}$) miqdori topiladi. Tajribalar 25, 40, 55, 70 °C da o‘tkaziladi va har harorat uchun $\ln\eta_{eff.}$ ni g ga bog‘liqlik grafigi tuziladi hamda $C \rightarrow 0$ shartidan $\eta_{eff} = \eta$ miqdori topiladi. Natijalar asosida Eyring-Frenkel formulasi (1) ga binoan η ni $1/T$ ga bog‘lanish grafigi tuziladi va og‘ish burchagidan E_a ni miqdori aniqlanadi.

Hisobot. Natijalar asosida aniqlangan E_a ni miqdori adabiyot ma’lumotlari bilan qiyosiy taqqoslanadi va uning mohiyati tahlil etiladi.

V. GLOSSARIY

Termin	O‘zbekcha mazmuni	Inglizcha mazmuni
Adsorbsiya	Qattiq material sirtida gazsimon va suyuqliklar molekularini kontakt bo‘lishida bog‘lanishi	Bonding of a thin layer of gaseous or liquid molecules to the surface of a solid or liquid with which they are in contact.
Allotropiya	Qattiq faza sirtiga moddaning biror bir fazada (gaz yoki suyuqlikni) chiqishi	The ability of a substance to exist in more than one phase in the solid (or indeed, liquid and gaseous) state.
Aluminiy oksid	Aluminiy oksid deb yuritiladi, Al_2O_3	Common name for aluminium oxide, Al_2O_3 .
Amorf	Noregulyar, tartibsiz kristallanmagan qattiq holat	Without the regular, ordered structure of crystalline solids.
Amorf polimer	Molekular zanjirlari noregulyar konformatsiyaga ega bo‘lgan polimer	A polymer in which the molecular chains exist in the irregular conformation
Anizotropiya	Izotrop bo‘lmagan, ya’ni turli yo‘nalishlarda turli xossalar namoyon qiladigan material	Not isotropic; i.e. having different properties in different directions.
Aqli materiallar	Tashqi muhit ta’sirida o‘zining muhim xossalarini, tuzilishi va funksiyasini o‘zgartirish qobiliyatiga ega bo‘lgan materiallardir	The ability of a materials to exist in more than one properties, structural and functional change abilities in aspects of using their
Biomateriallar	Organizmga implatat sifatida qo‘llanadigan materiallar.	The materials are used so implant in organism
Bioparchalanuvchan (biodegradatsion) polimer	Tabiiy jarayonlar va bakteriyalar ta’sirida ma’lum vaqt davomida parchalanadigan polimer	A polymer which degrades over time through the action of bacteria and natural processes.
Bog‘	Atomlarni bir birini tutib turushni mexanizmi bog‘dir. Bu mexanizm hamma vaqt elektronlar ta’sirlashish jarayoniga asoslanganjir. Bog‘lar kovalent, ion, metall va vandervaals bog‘lari turlariga bo‘linadi.	As applied to atoms, the mechanism by which two (or more) atoms are held together. The mechanism is always reliant on some electron process. Common types include covalent, ionic, metallic and van der Waals.
Desorbsiya	Molekulari birikkan tizimda qattiq va suyuq fvzalarni ajralishi.	Breaking of the bond holding molecules to the surface of a solid or liquid.

Zamonaviy materialshunoslik fani	Zamonaviy ishlab chiqarishning ma'lum sharoitlarida ishlaydigan konkret mahsulotlar uchun materiallarni ratsional tanlash vazifasini yechish uchun xizmat qiladi	The modern direction of material sciences which hold the aspects of production any materials and goods by rational choosing of their tasks and problems desolutions
Ikkilamchi deformatsiyalanish	Materialning mexanik deformatsiyasida material cho'zilishini namoyon bo'lishi.	Mechanical deformation of a material induces strain in the material.
Karbid	Uglerod va biron bir metall asosidagi kcompound material	A compound of carbon and one or more metals.
Keramika	Odatiy ion bog'li material, metall anionlar va metallmas kationlar asosida bo'ladi.	A predominantly ionic bonded material made up of metallic anions and non-metallic cations.
Keramik materiallar	Tarkibida metall va nometall elementlar o'zaro kimyoviy birikkan holda shakllangan noorganik materialdir	The nonorganic materials are formed after chemical bonds metals and nonmetals in the volume of materials
Komponent (konsitent)	Individual kimyoviy subtansiya (element yoki qo'shimcha), qotishmaga qo'shiladi. Uglerodli po'latlar komponentlari Fe va C. Bronzada Cu va Sn.	The individual chemical substances (elements or compounds) present in an alloy system. The components in carbon steel are Fe and C. In bronze they are Cu and Sn.
Kristall	Kristall tartibli tuzilishga ega bir yoki necha xil atomlar tutgan birikma, fazoviy asosida yo'nalishlari regullyar joylashgan	A crystal consists of identical structural units, consisting of one or more atoms, which are regularly arranged with respect to each other in space
Kristallanish	Kristallanish eritmalar sovutilishida amalga oshadi.	Crystallization occurs when a saturated solution is cooled.
Kristallografiya	Kristallar fizikasi, kristall strukturani o'rganish, kristallar defektlarini aniqlash va h.k.	Crystal's physics, study of crystalline structure, defects of crystals and other
Kristall nuqsoni	Kristall panjara tuzilishi nomukammal shakllanishi nuqson hisoblanadi.	A defect can be any imperfection in the lattice structure of a crystal
Matritsa	Kompozit komponenti va uning asosidir. Masalan, tolalar unda joylashadi	The component of a composite material in which the fibres are embedded.

Materialshunoslik yoki materiallar haqidagi fan	Qattiq materiallarning xossalari va bu xossalar qanday qilib kompozitsion material va strukturasini o'rganadi.	The study of the properties of solid materials and how those properties are determined by a material's composition and structure.
Materialshunoslik predmeti	Materiallarning tuzilishi, yangilarini yaratish prinsiplari va texnologiyalarini ishlab chiqish hamda qo'llanish sohalarini belgilashdan iboratdir.	The subject is consist about of structure, carried out new principles and technology of materials and fount out the applications fields of materials
Metall silliqlash	Metallni shakllantirish operatsiyasi bo'lib, metall zarrachalari bilan sirtga ishlov beriladi.	A metal-forming operation in which a piece of metal is pulled through a die in order to reduce the cross-section.
Metallurgiya (metalsunoslik)	Turli metallarning xossalarini o'rganish	A study of properties of different materials
Nanomateriallar	O'lchami nanodiapazonda bo'lgan va shu o'lchamga xos noyob va maxsus xossalarni namoyon qilidigan materiallar turidir	Nanosize materials with are carrying out the original and specifically properties in using the materials in different fields
Polimer materiallar	Makromolekular tuzilishga ega birikmalar asosida shaklangan materiallardir.	The materials are forming on the base of macromolecular structured compounds
Suyuqlanish harorati	Qattiq holatdan suyuq holatga o'tish harorati	The temperature at which a solid starts to transform to the liquid state.
Uglerod tolalar	Eng yaxshi uglerod tolalar poliakrilonitril (PAN) asosida olinadi. Bu PAN ning issiqlik ta'sirida grafit holatiga o'tishidir.	The best carbon fibres are prepared from polyacrylonitrile (PAN). PAN is converted into graphite through a sequence of carefully controlled heat treatment operations.
Cho'yan	Tarkibida 2-4 % uglerod tutgan temir.	Iron containing 2-4% carbon.
Shisha tola	Shisha asosidagi tola bo'lib, plastiksimon tabiatga ega	By far the most widely used fibre reinforcement for plastics
Elastik deformatsiya	Materiallning tashqi ta'sir ostida cho'zilishi va ta'sir olib tashlangach dastlabki	Change in shape of a material subject to an applied stress in which the initial shape is

	holatiga qayta tiklanish jarayoni	completely recoverable with negligible time delay when the stress is removed.
Elektrokeramika	Keramikaning elektronikada qoʻllanishi. Bu material koʻp hollarda dielektriklar sifatida qoʻllaniladi.	A ceramic that is used for an electronics application. The most common use is for the dielectric of capacitors.
Sement	Bu atama qotiruvchi yoki yopishtiruvchi maʼnosiga ega. Sement aslida qotiruvchi sifatida ishlatiladi. U suv taʼsirida oʻta tez qotadi.	A term used to describe any binding agent or adhesive. Cement is used as the binding agent for concrete, and hardens as it slowly reacts with water.
Sementlashgan	Temir uglerod birikma, Fe_3C . Ferritdan qattiqroq va mustahkam, ammo quyilmaydi	Iron carbide, Fe_3C . Harder and stronger than ferrite, but not as malleable.
Qoʻsh nurni sinishi	Qoʻsh nurni sinishi materialdan yorugʻlik nuri oʻtishida ikkiga ajralib sinishidir. Bu effekt oʻtayotgan nurning qutblanish holatini oʻzgarishi hamdir.	A material is birefringent if a ray of light passing through it experiences two refractive indices. The effect of this is to change the polarization state of the transmitted light.

VI. ADABIYOTLAR RO‘YXATI

I. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining asarlari

1. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажегимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қураимиз. – Т.: “Ўзбекистон”, 2017. – 488 б.
2. Мирзиёев Ш.М. Миллий тараққиёт йўлимизни қатъият билан давом эттириб, янги босқичга кўтарамиз. 1-жилд. – Т.: “Ўзбекистон”, 2017. – 592 б.
3. Мирзиёев Ш.М. Халқимизнинг розилиги бизнинг фаолиятимизга берилган энг олий баҳодир. 2-жилд. Т.: “Ўзбекистон”, 2018. – 507 б.
4. Мирзиёев Ш.М. Нияти улуғ халқнинг иши ҳам улуғ, ҳаёти ёруғ ва келажаги фаровон бўлади. 3-жилд.– Т.: “Ўзбекистон”, 2019. – 400 б.
5. Мирзиёев Ш.М. Миллий тикланишдан – миллий юксалиш сари. 4-жилд.– Т.: “Ўзбекистон”, 2020. – 400 б.

II. Normativ-huquqiy hujjatlar

6. Ўзбекистон Республикасининг Конституцияси. – Т.: Ўзбекистон, 2018.
7. Ўзбекистон Республикасининг 2020 йил 23 сентябрда қабул қилинган “Таълим тўғрисида”ги ЎРҚ-637-сонли Қонуни.
8. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2012 йил 10 декабрдаги “Чет тилларни ўрганиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-1875-сонли қарори.
9. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июнь “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-4732-сонли Фармони.
10. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февраль “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги 4947-сонли Фармони.
11. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 20 апрель "Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-2909-сонли қарори.
12. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 21 сентябрь “2019-

2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини инновацион ривожлантириш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПФ-5544-сонли Фармони.

13. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 май “Ўзбекистон Республикасида коррупцияга қарши курашиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5729-сон Фармони.

14. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 17 июнь “2019-2023 йилларда Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университетиди талаб юқори бўлган малакали кадрлар тайёрлаш тизимини тубдан такомиллаштириш ва илмий салоҳиятини ривожлантири чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-4358-сонли Қарори.

15. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 август “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз малакасини ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги ПФ-5789-сонли Фармони.

16. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 8 октябрь “Ўзбекистон Республикаси олий таълим тизимини 2030 йилгача ривожлантириш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПФ-5847-сонли Фармони.

17. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2019 йил 23 сентябрь “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги 797-сонли қарори.

III. Maxsus adabiyotlar

18. A.A. Abdujabbarov, B.J. Ahmedov, Photons Motion and Optical Properties of Black holes, Tashkent, 2019, 184 pp.

19. Andi Klein and Alexander Godunov. “Introductory Computational Physics”. Cambridge University Press 2010.

20. David Spencer “Gateway”, Students book, Macmillan 2012.

21. Dieter Vollath Nanoparticles-Nanocomposites-Nanomaterials. An introduction for beginners. – Wiley-VCH VerlagGmbH&Co.KGaA, Boschstr. Weinheim, Germany, 2013. – P. 322.

22. English for Specific Purposes. All Oxford editions. 2010, 204.
23. Harvey Gould, Jan Tobochnik, Wolfgang Christian. "An introduction to computer simulation methods. Applications to Physical Systems". Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley, 2007.
24. Isabel Gedgrave "Modern Teaching of Physics". 2009
25. Lindsay Clandfield and Kate Pickering "Global", B2, Macmillan. 2013.
26. Mitchell H.Q. "Traveller" B1, B2, MM Publications. 2015. 183.
27. Mustafa Akay. Introduction to Polymer Science and Technology & Ventus Publishing ApS, 2012, - P.169.
28. Rolf Klein. Material Properties of Plastics, - Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr. Weinheim, Germany, 2011. – P. 68.
29. S. Siti Suhaily, H.P.S. Abdul Khalil, W.O. Wan Nadirah and M. Jawaid Bamboo Based Biocomposites Material, Design and Applications Additional information is available at the end of the chapter 2013.
30. S.M. Lindsay, Introduction to nanoscience, Oxford University Press, 2010.
31. Viatcheslav Mukhanov, Physical Foundations of Cosmology Cambridge University Press, 2012, DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511790553>
32. Vittorio Degiorio, Ilaria Cristiani / Photonics. A short course/ Springer International Publishing Switzerland 2014.
33. William D. Callister Jr. Materials Sciences and Engineering. An Introduction. John Wiley & Sons. Ins. 2010. – P. 1000.
34. Архангельская И.В., Розенталь И.Л., Чернин А.Д. Космология и физический вакуум. Изд. стереотип. URSS. 2020. 214 с. ISBN 978-5-396-00993-6.
35. Асекретов О.К., Борисов Б.А., Бугакова Н.Ю. и др. Современные образовательные технологии: педагогика и психология: монография. – Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2015. – 318 с. <http://science.vvsu.ru/files/5040BC65-273B-44BB-98C4-CB5092BE4460.pdf>

36. Белогуров А.Ю. Модернизация процесса подготовки педагога в контексте инновационного развития общества: Монография. — М.: МАКС Пресс, 2016. — 116 с. ISBN 978-5-317-05412-0.
37. Гулобод Қудратуллоҳ қизи, Р.Ишмухамедов, М.Нормухаммедова. Анъанавий ва ноанъанавий таълим. – Самарқанд: “Имом Бухорий халқаро илмий-тадқиқот маркази” нашриёти, 2019. 312 б.
38. Джораев М., Физика ўқитиш методикаси. Гулистон давлат университети. Гулистон, 2017. – 256 б.
39. Ибраймов А. Е. Масофавий ўқитишнинг дидактик тизими. методик қўлланма/ тузувчи. А.Е.Ибраймов. – Тошкент: “Lesson press”, 2020. 112 бет.
40. Усмонов Б.Ш., Ҳабибуллаев Р.А. Олий ўқув юртларида ўқув жараёнини кредит-модуль тизимида ташкил қилиш. Ўқув қўлланма. Т.: “Tafakkur” нашриёти, 2020 й. 120 бет.

IV. Internet saytlar

41. <http://edu.uz> – Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги
42. <http://lex.uz> – Ўзбекистон Республикаси Қонун ҳужжатлари маълумотлари миллий базаси
43. <http://bimm.uz> – Олий таълим тизими педагог ва раҳбар кадрларини қайта тайёрлаш ва уларнинг малакасини оширишни ташкил этиш бош илмий-методик маркази
44. www.ziyonet.uz – Таълим портали