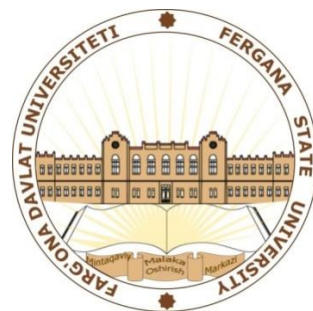




Бош илмий-методик  
марказ

FARG'ONA DAVLAT  
UNIVERSITETI HUZURIDAGI  
PEDAGOG KADRLARNI QAYTA  
TAYYORLASH VA ULARNING  
MALAKASINI OSHIRISH  
MINTAQAVIY MARKAZI



**“NANOFIZIKA ASOSLARI”  
MODULI BO‘YICHA  
O‘QUV –USLUBIY MAJMUUA**

F.-m.f.d., professor  
K.E.Onarqulov

2022

Mazkur o‘quv-uslubiy majmua Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligining 2020 yil dekabrda 648-sonli buyrug‘i bilan tasdiqlangan o‘quv reja va dastur asosida tayèrlandi va FarDU Ilmiy kengashining 2021 yil «30» dekabrda 5-sonli qarori bilan tasdiqlangan.

**Tuzuvchi:** F.-m.f.d., professor K.E.Onarqulov

**Taqrizchi:** F.-m.f.n. D.A.Yusupova

## MUNDARIJA

<b>I.Ishchi dastur .....</b>	<b>4</b>
<b>II.Modulni o‘qitishda foydalanadigan interfaol ta’lim metodlari .....</b>	<b>11</b>
<b>III.Nazariy mashg‘ulot materiallari .....</b>	<b>18</b>
<b>IV.Amaliy mashg‘ulot materiallari .....</b>	<b>87</b>
<b>V.Keyslar banki .....</b>	<b>89</b>
<b>VI.Glossariy .....</b>	<b>92</b>
<b>VII.Adabiyotlar ro‘yxati .....</b>	<b>96</b>

## **I. ISHCHI DASTUR**

### **Kirish**

Dastur O‘zbekiston Respublikasining 2020 yil 23 sentyabrda tasdiqlangan “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 oktyabrdagi “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 sentyabrdagi “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 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 rejalari 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;

- soʻnggi yillardagi aniqlangan qonuniyatlar, kashfiyotlar va tamoyillar;

- hozirgi zamon eksperiment va kuzatuvlardan samarali foydalanish *haqida bilimlarga ega boʻlishi;*

**Tinglovchi:**

- pedagogik faoliyat jarayonini modullashtirish;

- nazorat jarayonini tez va samarali oʻtkaza olish;

- nazoratning turli shakllaridan samarali foydalanish;

- interaktiv metodlarni maqsadli ravishda toʻgʻri tanlash va foydalanish

*koʻnikmalarini egallashi;*

**Tinglovchi:**

- “Nanofizika asoslari” oʻquv 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:**

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

- modulli yondashuv asosida oʻquv jarayonini tashkil etish;

- tajriba texnologiyalariga yondashuv asosida taʼlim 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	Auditoriya uquv yuklamasi			
		Jami	jumladan		
			Nazariy	mashg'ulo	mashg'ulo
1.	Nanofizika va nanotexnologiyalar predmeti, zonalar nazariyasi, metall, dielektrik va yarimo'tkazgichlar haqida tushincha. Nanomateriallar, ularning fizik xususiyatlari va amaliyotda qo'llanishi.	2	2	2	
2.	Nanostrukturalarda fundamental elektron hodisalar, kvant o'lcham effektlari. Kvant chegaralanishi. Nanoob'ektlarni sintezlash usullari, "yuqoridan-pastga" va "pastdan-yuqoriga" texnologiyalar, fotolitografiya.	2	2	2	
3	Kimyovaiy va fizik sintezlash usullari. Nanotrubkalar, nanorodlar, nanosimlar, kvant nuqtalari nanoplyonkalar. Nanoob'ektlarni kuzatish vositalari.	8	2	2	2
4	Skanlovchi zondli mikroskopiya, elektron mikroskopiya, skanlovchi elektron mikroskop, transmission elektron mikroskop. Spektroskopik usullar.	6	2	2	
5	Nanotexnologiyalarni energetika va atrof muhit himoyasida qo'llash. Yangi avlod Quyosh elementlari, fotokatalizatorlar, vodorod energetikasi, nanogeneratorlar.	8	2	4	2
	<b>Jami:</b>	<b>26</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>4</b>



## 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).**

### REJA:

- 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’ektlarni sintezlash usullari, “yuqoridan-pastga” va “pastdan-yuqoriga” texnologiyalar, fotolitografiya. (2 soat).**

### REJA:

- 2.1. Nanostrukturalarda fundamental elektron hodisalar kvant o‘lcham effektlari.
- 2.2. Kvant chegaralanishi.
- 2.3. Nanoob’ektlarni sintezlash usullari, “yuqoridan-pastga” va “pastdan-yuqoriga” texnologiyalar, fotolitografiya.

**3-mavzu. Kimyovaiy va fizik sintezlash usullari. Nanotrubkalar, nanorodlar, nanosimlar, kvant nuqtalari nanoplyonkalar. Nanoob’ektlarni kuzatish vositalari.**

### REJA:

- 3.1. Kimyovaiy va fizik sintezlash usullari.
- 3.2. Nanotrubkalar, nanorodlar, nanosimlar, kvant nuqtalari nanoplyonkalar.
- 3.3. Nanoob’ektlarni kuzatish vositalari.

**4-mavzu. Skanlovchi zondli mikroskopiya, elektron mikroskopiya, skanlovchi elektron mikroskop, transmission elektron mikroskop.**

**Spektroskopik usullar. (2 soat).**

**REJA:**

- 4.1. Skanlovchi zondli mikroskopiya, elektron mikroskopiya.
- 4.2. Skanlovchi elektron mikroskop, transmission elektron mikroskop.
- 4.3. Spektroskopik usullar.

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

**REJA:**

- 5.1. Nanotexnologiyalarni energetika va atrof muhit himoyasida qo‘llash.
- 5.2. YAngi avlod Quyosh elementlari, fotokatalizatorlar.
- 5.3. vodorod energetikasi, nanogeneratorlar.

**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’ektlarni 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’ektlarni 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).

### **KO'CHMA MASHG'ULOT MAZMUNI**

**1-Ko'chma mashg'ulot.** Kimyovaiy va fizik sintezlash usullari. Nanotrubkalar, nanorodlar, nanosimlar, kvant nuqtalari nanoplyonkalar. Nanoob'ektlarni kuzatish vositalari. (2 soat).

**2-Ko'chma mashg'ulot.** Nanotexnologiyalarni energetika va atrof muhit himoyasida qo'llash. Yangi avlod Quyosh elementlari, fotokatalizatorlar, vodorod energetikasi, nanogeneratorlar. (2 soat).

FarDU "Fizika" kafedra o'quv-ilmiy laboratoriyasida materiallarni sintez qilish, yupqa nanoo'lchamli qatlamlar olish jarayonlari, Virtual reallik (Virtual Real) bo'yicha maxsus dasturlar bilan tanishish va ko'rish.

### **O'QITISH SHAKLLARI**

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

- ma'ruzalar, amaliy mashg'ulotlar (ma'lumotlar va texnologiyalarni anglab olish, aqliy qiziqishni rivojlantirish, nazariy bilimlarni mustahkamlash);
- davra suhbatlari (ko'rilayotgan loyiha echimlari bo'yicha taklif berish qobiliyatini oshirish, eshitish, idrok qilish va mantiqiy xulosalar chiqarish);
- bahs va munozaralar (loyihalar echimi bo'yicha dalillar va asosli argumentlarni taqdim qilish, eshitish va muammolar echimini topish qobiliyatini rivojlantirish).

## II. MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTREFAOL TA’LIM METODLARI

### «Xulosalash» (Rezyume, Veer) metodi.

**Metodning maqsadi:** Bu metod murakkab, ko‘ptarmoqli, 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, tahlili qilish va taqqoslash maqsadida foydalanish mumkin.

### Методни амалга ошириш тартиби:



тренер-ўқитувчи иштирокчиларни 4-5 кишидан иборат кичик гуруҳларга ажратади;



тренинг мақсади, шартлари ва тартиби билан иштирокчиларни таништиргач, ҳар бир гуруҳга умумий муаммони таҳлил қилиниши зарур бўлган қисмлари түширилган тарқатма материалларни



ҳар бир гуруҳ ўзига берилган муаммони атрофлича таҳлил қилиб, ўз мулоҳазаларини тавсия этилаётган схема бўйича тарқатмага ёзма баён қилади;



навбатдаги босқичда барча гуруҳлар ўз тақдимотларини ўтказадилар. Шундан сўнг, тренер томонидан таҳлиллар умумлаштирилади, зарурий ахборотлар билан тўлдирилади ва мавзу

**Namuna:**

Nanotexnologiyalar va ularning qo‘llanishi					
fanda		texnikada		Boshqa sohalarda	
afzalligi	kamchiligi	Afzalligi	kamchiligi	afzalligi	kamchiligi
<b>Xulosa:</b>					

**“Keys-stadi” metodi.**

«**Keys-stadi**» - inglizcha so‘z bo‘lib, («case» – aniq vaziyat, hodisa, «stadi» – o‘rganmoq, tahlil qilmoq) aniq vaziyatlarni o‘rganish, tahlil qilish asosida o‘qitishni amalga oshirishga qaratilgan metod hisoblanadi. Mazkur metod dastlab 1921 yil Garvard universitetida amaliy vaziyatlardan iqtisodiy boshqaruv fanlarini o‘rganishda foydalanish tartibida qo‘llanilgan. Keysda ochiq axborotlardan yoki aniq voqea-hodisadan vaziyat sifatida tahlil uchun foydalanish mumkin. Keys harakatlari o‘z ichiga quyidagilarni qamrab oladi: Kim (Who), Qachon (When), Qaerda (Where), Nima uchun (Why), Qanday/ Qanaqa (How), Nima-natija (What).

**“Keys metodi” ni amalga oshirish bosqichlari.**

Ish bosqichlari	Faoliyat shakli va mazmuni
<b>1-bosqich:</b> Keys va uning axborot ta‘minoti bilan tanishtirish	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ yakka tartibdagi audio-vizual ish;</li> <li>✓ keys bilan tanishish(matnli, audio yoki media shaklda);</li> <li>✓ axborotni umumlashtirish;</li> <li>✓ axborot tahlili;</li> <li>✓ muammolarni aniqlash</li> </ul>
<b>2-bosqich:</b> Keysni aniqlashtirish va o‘quv topshirig‘ni belgilash	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ individual va guruhda ishlash;</li> <li>✓ muammolarni dolzarblik ierarxiyasini aniqlash;</li> <li>✓ asosiy muammoli vaziyatni belgilash</li> </ul>
<b>3-bosqich:</b> Keysdagi asosiy muammoni tahlil etish orqali o‘quv topshirig‘ining echimini izlash, hal etish yo‘llarini ishlab chiqish	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ individual va guruhda ishlash;</li> <li>✓ muqobil echim yo‘llarini ishlab chiqish;</li> <li>✓ har bir echimning imkoniyatlari va to‘siqlarni tahlil qilish;</li> <li>✓ muqobil echimlarni tanlash</li> </ul>

<b>4-bosqich:</b> Keys echimini echimini shakllantirish va asoslash, taqdimot.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ yakka va guruhda ishlash;</li> <li>✓ muqobil variantlarni amalda qo‘llash imkoniyatlarini asoslash;</li> <li>✓ ijodiy-loyiha taqdimotini tayyorlash;</li> <li>✓ yakuniy xulosa va vaziyat echimining amaliy aspektlarini yoritish</li> </ul>
--	---

**Keys.** Quyosh batareyalari va shamol agregatlari noa’naviy energiya manbasi sifatida qo‘llaniladi. Amaliyotda ko‘proq ularning qaysi biridan foydalanish qulayroq?

**Keysni bajarish bosqichlari va topshiriqlar:**

- Keltirilgan usullarning kamchiliklari va ularning sabablarini aniqlang (individual va kichik guruhda);
- Har bir usulni afzalliklari haqidagi ma’lumotlarni jamlab izohlang (juftlikdagi ish);

**«FSMU» metodi**

**Texnologiyaning maqsadi:** Mazkur texnologiya ishtirokchilardagi umumiy fikrlardan xususiy xulosalar chiqarish, taqqoslash, qiyoslash orqali axborotni o‘zlashtirish, xulosalash, shuningdek, mustaqil ijodiy fikrlash ko‘nikmalarini shakllantirishga xizmat qiladi. Mazkur texnologiyadan ma’ruza mashg‘ulotlarida, mustahkamlashda, o‘tilgan mavzuni so‘rashda, uyga vazifa berishda hamda amaliy mashg‘ulot natijalarini tahlil etishda foydalanish tavsiya etiladi.

**Texnologiyani amalga oshirish tartibi:**

- qatnashchilarga mavzuga oid bo‘lgan yakuniy xulosa yoki g‘oya taklif etiladi;
- har bir ishtirokchiga FSMU texnologiyasining bosqichlari yozilgan qog‘ozlarni tarqatiladi:

Ф	• фикрингизни баён этинг
С	• фикрингизни баёнига сабаб кўрсатинг
М	• кўрсатган сабабингизни исботлаб мисол келтиринг
У	• фикрингизни умумлаштиринг

- ishtirokchilarning munosabatlari individual yoki guruhiiy tartibda taqdimot qilinadi.

FSMU tahlili qatnashchilarda kasbiy-nazariy bilimlarni amaliy mashqlar va mavjud tajribalar asosida tezroq va muvaffaqiyatli o'zlashtirilishiga asos bo'ladi.

**Namuna.**

**Fikr:** "Olamning paydo bo'lishi haqidagi tasavvurlar".

**Topshiriq:** Mazkur fikrga nisbatan munosabatingizni FSMU orqali tahlil qiling.

**"Assesment" metodi**

**Metodning maqsadi:** mazkur metod ta'lim oluvchilarning bilim darajasini baholash, nazorat qilish, o'zlashtirish ko'rsatkichi va amaliy ko'nikmalarini tekshirishga yo'naltirilgan. Mazkur texnika orqali ta'lim oluvchilarning bilish faoliyati turli yo'nalishlar (test, amaliy ko'nikmalar, muammoli vaziyatlar mashqi, qiyosiy tahlil, simptomlarni aniqlash) bo'yicha tashhis qilinadi va baholanadi.

**Metodni amalga oshirish tartibi:**

"Assesment" lardan ma'ruza mashg'ulotlarida tinglovchilarning mavjud bilim darajasini o'rganishda, yangi ma'lumotlarni bayon qilishda, seminar, amaliy mashg'ulotlarda esa mavzu yoki ma'lumotlarni o'zlashtirish darajasini baholash, shuningdek, o'z-o'zini baholash maqsadida individual shaklda foydalanish tavsiya etiladi. SHuningdek, o'qituvchining ijodiy yondashuvi hamda o'quv

maqsadlaridan kelib chiqib, assesmentga qo‘shimcha topshiriqlarni kiritish mumkin.

**Namuna.** Har bir katakdagi to‘g‘ri javob 5 ball yoki 1-5 balgacha baholanishi mumkin.

### “Insert” metodi

**Metodning maqsadi:** Mazkur metod tinglovchilarda yangi axborotlar tizimini qabul qilish va bilimlarni o‘zlashtirilishini engillashtirish maqsadida qo‘llaniladi, shuningdek, bu metod tinglovchilar uchun xotira mashqi vazifasini ham o‘taydi.

### Metodni amalga oshirish tartibi:

- o‘qituvchi mashg‘ulotga qadar mavzuning asosiy tushunchalari mazmuni yoritilgan input-matnni tarqatma yoki taqdimot ko‘rinishida tayyorlaydi;
- yangi mavzu mohiyatini yorituvchi matn ta’lim oluvchilarga tarqatiladi yoki taqdimot ko‘rinishida namoyish etiladi;
- ta’lim oluvchilar individual tarzda matn bilan tanishib chiqib, o‘z shaxsiy qarashlarini maxsus belgilar orqali ifodalaydilar. Matn bilan ishlashda talabalar yoki qatnashchilarga quyidagi maxsus belgilardan foydalanish tavsiya etiladi:

Belgilar	1-matn	2-matn	3-matn
“V” – tanish ma’lumot.			
“?” – mazkur ma’lumotni tushunmadim, izoh kerak.			
“+” bu ma’lumot men uchun yangilik.			
“– ” bu fikr yoki mazkur ma’lumotga qarshiman?			

Belgilangan vaqt yakunlangach, ta’lim oluvchilar uchun notanish va tushunarsiz bo‘lgan ma’lumotlar o‘qituvchi tomonidan tahlil qilinib, izohlanadi, ularning mohiyati to‘liq yoritiladi. Savollarga javob beriladi va mashg‘ulot yakunlanadi.



## “Tushunchalar tahlili” metodi

**Metodning maqsadi:** mazkur metod tinglovchilar yoki qatnashchilarni mavzu buyicha tayanch tushunchalarni o‘zlashtirish darajasini aniqlash, o‘z bilimlarini mustaqil ravishda tekshirish, baholash, shuningdek, yangi mavzu buyicha dastlabki bilimlar darajasini tashxis qilish maqsadida qo‘llaniladi.

Metodni amalga oshirish tartibi:

- ishtirokchilar mashg‘ulot qoidalari bilan tanishtiriladi;
- tinglovchilarga mavzuga yoki bobga tegishli bo‘lgan so‘zlar, tushunchalar nomi tushirilgan tarqatmalar beriladi ( individual yoki guruhli tartibda);
- tinglovchilar mazkur tushunchalar qanday ma‘no anglatishi, qachon, qanday holatlarda qo‘llanilishi haqida yozma ma‘lumot beradilar;
- belgilangan vaqt yakuniga etgach o‘qituvchi berilgan tushunchalarning to‘g‘ri va to‘liq izohini o‘qib eshittiradi yoki slayd orqali namoyish etadi;
- har bir ishtirokchi berilgan tugri javoblar bilan o‘zining shaxsiy munosabatini taqqoslaydi, farqlarini aniqlaydi va o‘z bilim darajasini tekshirib, baholaydi.

### Namuna: “Moduldagi tayanch tushunchalar tahlili”

Tushunchalar	Sizningcha bu tushuncha qanday ma‘noni anglatadi?	Qo‘shimcha ma‘lumot
O‘ta o‘tkazgich	Qarshiligi nolga teng bo‘lgan material	
nanotexnologiya	Metrning milliarddan bir qismiga teng bo‘lgan o‘lchamdagi jarayonlar bilan ish ko‘ruvchi texnologik jarayonlar	
Infraqizil nurlanishlar	To‘lqin uzunligi 0,76 mkmdan uzun bo‘lgan elektromagnit to‘lqinlar.	
galaktika	Ko‘zimizga ko‘rinadigan osmon yulduzlari majmui.	

**Izoh:** Ikkinchi ustunchaga qatnashchilar tomonidan fikr bildiriladi. Mazkur tushunchalar haqida qo‘shimcha ma’lumot glossariyda keltirilgan.

### **Venn Diagrammasi metodi**

**Metodning maqsadi:** Bu metod grafik tasvir orqali o‘qitishni tashkil etish shakli bo‘lib, u ikkita o‘zaro kesishgan aylana tasviri orqali ifodalanadi. Mazkur metod turli tushunchalar, asoslar, tasavurlarning analiz va sintezini ikki aspekt orqali ko‘rib chiqish, ularning umumiy va farqlovchi jihatlarini aniqlash, taqqoslash imkonini beradi.

### **Metodni amalga oshirish tartibi:**

- ishtirokchilar ikki kishidan iborat juftliklarga birlashtiriladilar va ularga ko‘rib chiqilayotgan tushuncha yoki asosning o‘ziga xos, farqli jihatlarini (yoki aksi) doiralalar ichiga yozib chiqish taklif etiladi;
- navbatdagi bosqichda ishtirokchilar to‘rt kishidan iborat kichik guruhlariga birlashtiriladi va har bir juftlik o‘z tahlili bilan guruh a‘zolarini tanishtiradilar;
- juftliklarning tahlili eshitilgach, ular birgalashib, ko‘rib chiqilayotgan muammo yohud tushunchalarning umumiy jihatlarini (yoki farqli) izlab topadilar, umumlashtiradilar va doirachalarning kesishgan qismiga yozadilar.

**Namuna:** fizika va astronomiya fanidagi zamonaviy yondashuvlar va innovatsiyalar tushunchasi va uning tarixi. Fan sifatida rivojlanishi



### **“Brifing” metodi**

“Brifing”- (ing. briefing-qisqa) biror-bir masala yoki savolning muhokamasiga bagʻishlangan qisqa press-konferensiya.

#### **Oʻtkazish bosqichlari:**

1. Taqdimot qismi.
2. Muhokama jarayoni (savol-javoblar asosida).

Brifinglardan trening yakunlarini tahlil qilishda foydalanish mumkin. SHuningdek, amaliy oʻyinlarning bir shakli sifatida qatnashchilar bilan birga dolzarb mavzu yoki muammo muhokamasiga bagʻishlangan brifinglar tashkil etish mumkin boʻladi. Tinglovchilar tomonidan olib borilgan tajribalar natijalarini taqdimotini oʻtkazishda ham foydalanish mumkin.

### **“Portfolio” metodi**

“Portfolio” – ( ital. portfolio-portfel, ingl.hujjatlar uchun papka) taʼlimiy va kasbiy faoliyat natijalarini autentik baholashga xizmat qiluvchi zamonaviy taʼlim texnologiyalaridan hisoblanadi. Portfolio mutaxassisning saralangan oʻquv-metodik ishlari, kasbiy yutuqlari yigʻindisi sifatida aks etadi. Jumladan, tinglovchilarning modul yuzasidan oʻzlashtirish natijasini elektron portfoliolar orqali tekshirish mumkin boʻladi. Oliy taʼlim muassasalarida portfolioning quyidagi turlari mavjud:

<b>Faoliyat turi</b>	<b>Ish shakli</b>	
	<b>Individual</b>	<b>Guruhiy</b>
Taʼlimiy faoliyat	Talabalar portfoliosi, bitiruvchi, doktorant, tinglovchi portfoliosi va boshq.	Talabalar guruhi, tinglovchilar guruhi portfoliosi va boshq.
Pedagogik faoliyat	Oʻqituvchi portfoliosi, rahbar xodim portfoliosi	Kafedra, fakultet, markaz, OTM portfoliosi va boshq.

### III. NAZARIY MASHG‘ULOT 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 xossalarini 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 fandır. 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 er yuzidagi elementlar va birikmalar tashkil etadi. 1-jadvalda bu haqda ma'lumotlar berilgan. Kelajakda ularning safi yangi kashf etilgan kosmik elementlar bilan boyitiladi.

**Table 1.1** The most common elements in planet earth's crust and atmosphere by weight percentage and volume

Element	Weight percentage of the earth's crust
Oxygen (O)	46.60
Silicon (Si)	27.72
Aluminum (Al)	8.13
Iron (Fe)	5.00
Calcium (Ca)	3.63
Sodium (Na)	2.83
Potassium (K)	2.70
Magnesium (Mg)	2.09
Total	98.70

Gas	Percent of dry air by volume
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	78.08
Oxygen (O <sub>2</sub> )	20.95
Argon (Ar)	0.93
Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	0.03

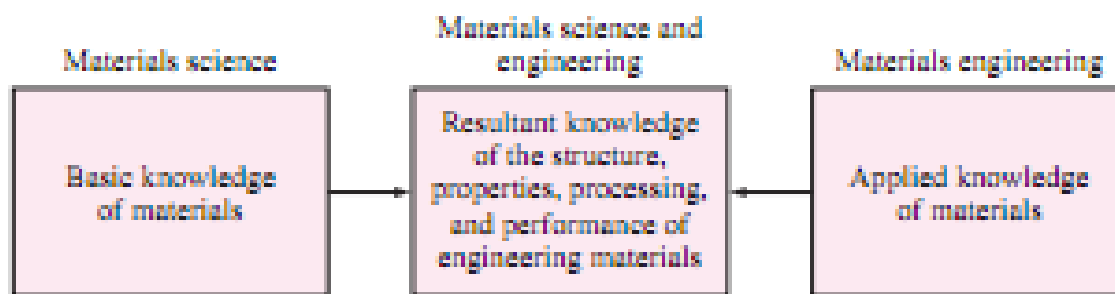
**1-jadval. Er qobig'ida va atmosferada tarqalgan elementlar [1]**

<b>Elementlar</b>	<b>Er qobig'idagi massaviy foizi, %</b>
<b>Kislorod (O)</b>	<b>46,60</b>
<b>Kremniy (Si)</b>	<b>27,72</b>
<b>Alyuminiy (Al)</b>	<b>8,13</b>
<b>Temir (Fe)</b>	<b>5,00</b>
<b>Kalsiy (Ca)</b>	<b>3,63</b>
<b>Natriy (Na)</b>	<b>2,83</b>
<b>Kaliy (K)</b>	<b>2,70</b>
<b>Magniy (Mg)</b>	<b>2,09</b>
<b>Jami</b>	<b>98,70</b>
<b>Gazlar</b>	<b>Quruq havo hajmidagi foizi, %</b>
<b>Azot (N<sub>2</sub>)</b>	<b>78,08</b>
<b>Kislorod (O<sub>2</sub>)</b>	<b>20,95</b>
<b>Argon (Ar)</b>	<b>0,93</b>
<b>Karbonat angidrid (CO<sub>2</sub>)</b>	<b>0,03</b>
<b>Jami</b>	<b>99,99</b>

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 engilligi 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 etakchi 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 <sup>1</sup>



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

Ulapr asosida tuzilgan ushbu diagrammada materiallar fanlari va texnikaning qanday qilib fundamental fanlardan muxandislik fanlariga tomon bilimlar ko'prigini shakllantirishi namoyish etilgan<sup>1</sup>.

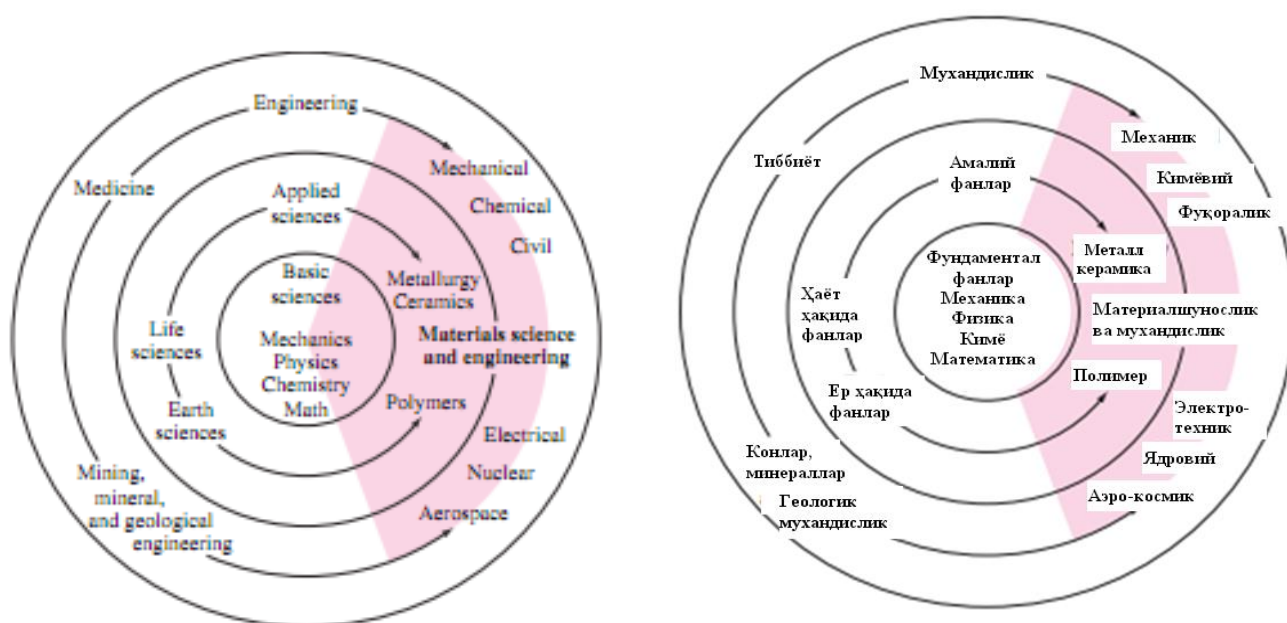


Diagramma uchta halqa va ular orasida fanlar yo'nalinish tartibi ifodalovchi yoysimon strelkalardan iboratdir. Markaziy halqada fundamental fanlar, o'rta halqada materialshunoslik va sirtqi halqada muxandislik ifodalangan.

Materialshunoslik va muxandislikka bevosita bog'liq bo'lgan fanlar pushti rangdagi sektor ko'rinishida keltirilgan. Bu sektor mazmunan bilimlar ko'prigi deb e'tirof etilgan. Materialshunoslik va muxandislikka eng yaqin sohalar bu metallar, keramika va polimerlardir. Bunga bugungi kunda jadal rivojlanib kelayotgan nanomateriallar kiradi.

**Materiallar turlari.** Zamonaviy materiallar o'zlarning mohiyatiga qarab uchta asosiy ya'ni fundamental sinflarga ajratiladi: *metall materiallar*; *polimer*

*materiallar; keramik materiallar.* Ularning muhim jihatlari mexanik, elektrik va fizik xossalari. Ushbu asosiy uch sinf muxandislikda muhim bo'lgan yana ikkita amaliy sinflar bo'linadi: *kompozit materiallar* va *elektronik materiallar*. Zamonaviy materiallar sinfiga yana ikkita guruhga oid materiallar, ya'ni "aqlli" materiallar va nanomateriallar kiradi. Ta'kidlangan materiallar haqida to'xtalamiz.

### **Metal va keramik materiallar hamda ularning fizik tavsiflari**

a) *Metall materiallar.* Ushbu materiallar noorganik moddalar bo'lib, ular bir yoki bir nechta metall elementlar tuzilgan bo'ladi va ular tarkibiga nometall birikmalar ham kirishi mumkin. Metall materiallar tarkibini tashkil etuvchi asosiy elementlar temir, mis, alyuminiy, 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 *temirli 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 alyuminiy, mis, rux, titan, nikel kabilar kiradi<sup>1</sup>.

Qotishmalarni tayyorlashda kimyoviy yondashish va turli kompozitlar shakllanishi o'ta dolzarbdir. Komponentlarni to'g'ri tanlanishi super 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 hom-ashyolar sifatida qo'llaniladi.



1-rasm. Metall qotishmadan yasalgan turbo dvigatel surati



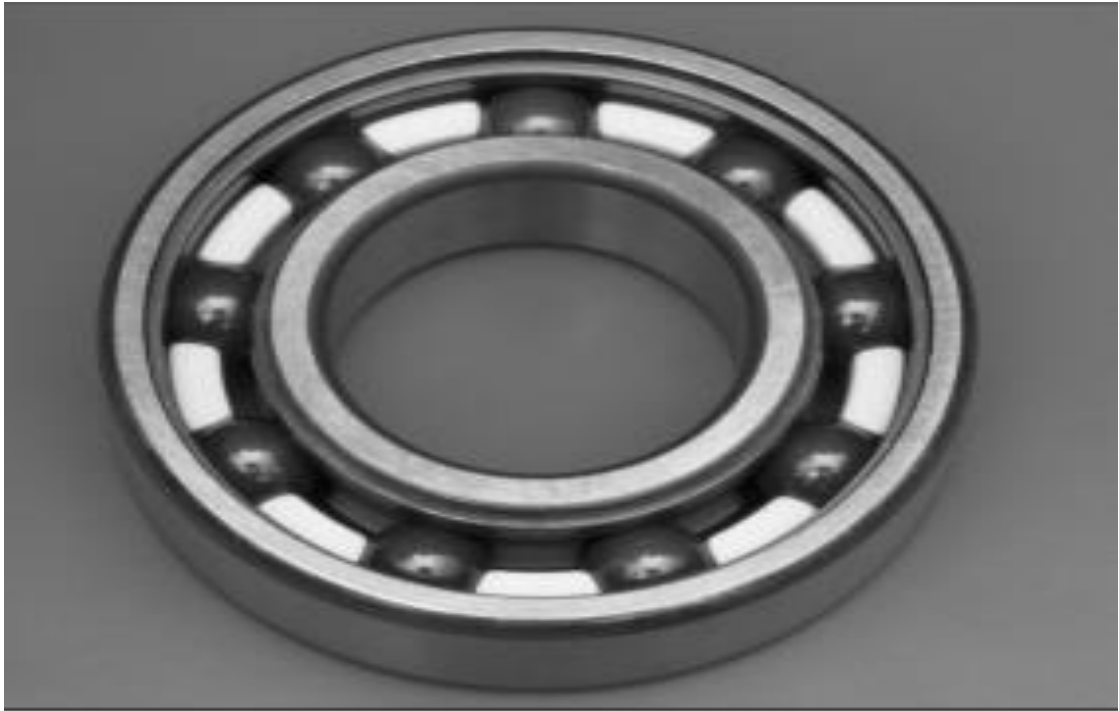
Bunday yondashish kam energiya sarflagan va vaqtdan yutgan holda maxsus va noyob tuzilish va xossalari materiallar va ular asosidagi mahsulotlar yaratish imkoniyatlarini beradi.

**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<sup>1,2</sup>. Keramik materiallarning afzalligi, ularning engilligi, yuqori mustahkamlik va qattqlikka ega bo‘lishi, yaxshi isslikka chidamli va emirilishga bardoshligi namoyon bo‘ladi (3 va 4-rasm).

---

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

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



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



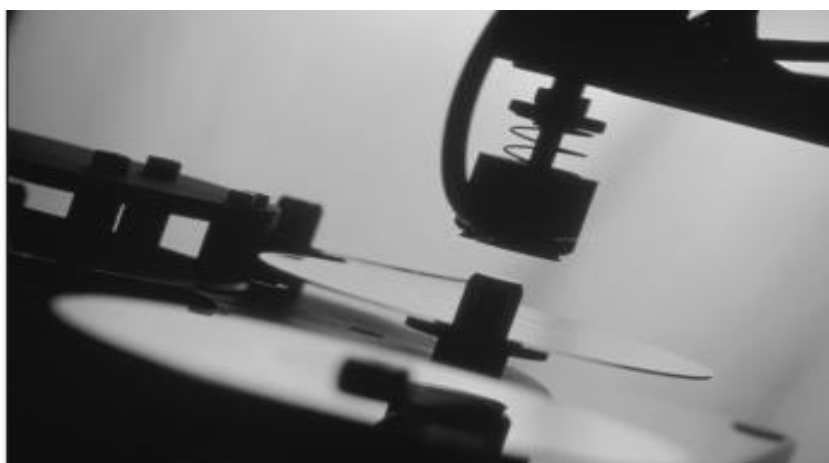
3-rasm. Titan va karbonitrid asosdagi keramikadan ishlab chiqarilgan yuqori samarali sharikli podshipnik .

Keramik materiallarning qoʻllanishi, haqiqatan, cheklamagan boʻlib, ular aero-kosmanavtikadan tortib to oddiy metal materiallargacha, tibbiy-biologik dan avtomobilsozlikkacha, bir qator maxsus va noyob industriya sohalarida oʻz oʻrnini

topgan<sup>1 2</sup>. Keramik shisha materiallarda ikkita kamchilik kuzatiladi: - birinchidan ular qayta ancha murakkab, ikkinchidan mo'rt va metallarga nisbatan ishqalanishdagi emirilishi 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 molekulyar tuzilishga ega bo'lib, odatda organik (uglerod tutgan) birikmalar asosida sintez qilingan bo'ladi. Ustmolekulyar 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<sup>1,2</sup>. Ammo, polimerga xos fizik tabiat, ulardan raqamli video disklar ishlab chiqarish imkoniyatini beradi (2-rasm).

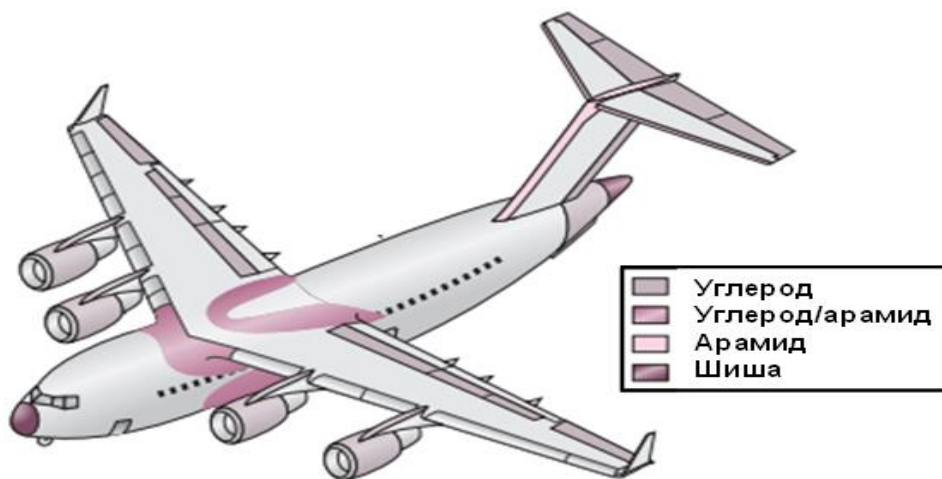


4-rasm. Polikarbon plastik video disklar.

Hozirda polimer materialarning qoʻllanishi metallardan kam emas va uning zahirasi metal resurslariga qaraganda ancha kattadir. Polimerlar kimyo, fizika, biologiya va texnologiyalar sohaslarida keng qoʻllanilmoqda. Ayniqsa, polimerlarga xos elastomerlik oʻta 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 qoʻllaniladi. Polimerlardan buyumlar va jihozlar ishlab chiqarish, ularning eritmaları yoki suyultmalari asosida amalga oshiriladi. Polimerlar massasini engilligi 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) qoʻshilib shakllangan, ulardan biri asos (matritsa) boʻlgan yangi materialdir. Hosil qilingan kompozit odatda tarkibini tashkil etgan komponentlar xossalariidan oʻzgacha yaxshiroq va mukammalroq xossalarga ega boʻladi. Koʻpchilik kompozit materiallar tanlangan toʻldiruvchi yoki armirolovchi materiallar asosida qoʻshiluvchan smola bogʻlamlovchi vosita maxsus xossali yoki xoxlangan tavsifli materiallar olish imkonini beradi. Kompozitlar koʻp turlarda boʻlinadi. Eng katta miqdorlarda ishlab chiqariladigan kompozitlar turiga tolali yoki zarrachalar toʻldiruvchi sifatida matritsa hajmida boʻlgan materiallar kiradi. Bunday matritsalar sifatida metallardan alyuminiy, keramikadan alyuminiy oksidi, polimerlardan epoksid smola keng qoʻllaniladi. Shu bois kompozitlar turlari qoʻllanilgan matritsaga nisbatan *metall matritsali kompozit (MMK)*, *keramik matritsali kompozit (KMK)*, *polimer matritsali kompozit (PMK)* deb yuritiladi <sup>1,2</sup>. Tolali yoki zarrachali toʻldiruvchilar 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 – epoksid smola asosidagi kompozit materiallarning SU-17 transport

samolyotining qaysi qismlarida qoʻllan<sup>1,2</sup>ilganligi rangli tasvirlangan. Ushbu qanoilari uzunligi 165 fut boʻlgan SU-17 samolyotga 15000 funt zamonaviy kompozit materiallar qoʻllanilgan.



5-rasm. SU-17 transport samolyoti.

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

Zamonaviy kompozit materiallarning muxandislik amaliyotida keng qoʻllanadigan ikki ulugʻvor turi deb shishatolali-armirlovchi material toʻldiruvchi va polistirol yoki epoksid smola matritsa sifatida ishlatilgan kompozit va shuningdek, uglerod tolalar toʻldiruvchi sifatida epoksid smolaga qoʻshilgan kompozitlar eʼtirof etiladi.

---

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

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

Umuman olganda, kompozit materiallar zamonaviy materialshunoslik va ishlab chiqarishlarda asosiy soha va yoʻnalishlardan hisoblanadi. Ularga boʻlgan ehtiyojlar nihoyatda yuqori boʻlib, unda zamonaviy materialshunoslik fizikasi birlamchi vosita va asosiy fan sifatida qoʻllaniladi.

### **Aqlli va elektronik materiallar va ularning qoʻllanishi**

*a) Elektronik materiallar.* Ushbu tur materiallari salmogʻi hajmdor materiallar ishlab chiqarishda asosiydan boʻlmasa, ammo ular zamonaviy muxandislik texnologiyalari oʻta muhim materiallar turi hisoblanadi <sup>1,2</sup>. Elektronik materiallar yaratishda eng muhim elementlardan biri toza kremniy boʻlib, uning turli xil modifikatsion oʻzgarishlar elektrofizik va texnologik tavsiflari oʻzgartirish hamda undan turli maqsadlarda foydalanish mumkin [1]. Masalan, uning asosida hozirda nihoyatda keng qoʻllanilayotgan kichik hajmli mikrosxemalar ishlab chiqarilmoqda (5-rasm).



6-rasm. Zamonaviy mikroprotssessor chipida elektronik materiallar



7-rasm. Robototexnikada elektronik materiallar qoʻllanishi

---

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

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

Bunday material va mahsulotlar juda keng sohalarda, jumladan, sun'iy yo'ldoshlar, zamonaviy kompyuter texnikasi, hisoblash mashinalari, raqamli indikatorlar va soatlar, robototexnika kabi tarmoqlarni asosiy elementlari va tayanch detallari yoki jihozlari hisoblanadi (6-rasm). Kremniy asosli yarimo'tkazgichlar hozirda umumiy elektrotexnika va elektronika, shuningdek, zamonaviy nanoelektronikada asosiy elektronik material sifatida qo'lanilmoqda. Ayniqsa, quyosh elementlari yaratishda u asosiy element va resurs hisoblanadi.

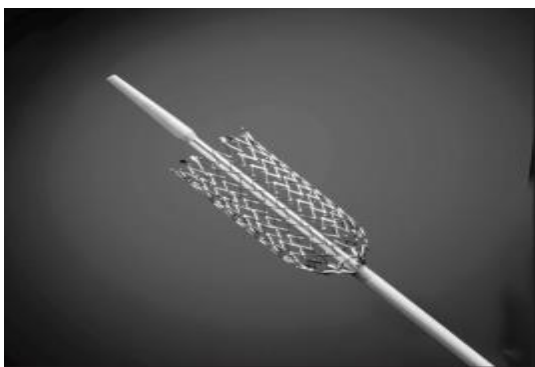
**b) Aqlli materiallar.** Ayrim materiallar ko'p yillar mobaynida amaliy qo'llanib kelinadi va ular tashqi muhit (harorat, mexanik kuchlanish, yorug'lik, namlik, elektr va magnit maydonlar) ta'sirida o'zining muhim (mexanik, elektrik va boshqa) xossalarini, tuzilishi va funksiyasini o'zgartirish qobiliyatiga ega bo'ladi. Bunday materiallar umumiy holda "*aqlli*" materiallar deb yuritiladi<sup>1,2</sup>. Aqlli materiallar yoki tizimlar, ko'p hollarda sensorlar yoki aktivatorlar sifatida qo'llaniladi. Sensorlar muhitning o'zgarishini sezuvchi vositalar bo'lsa, aktivatorlar esa o'ziga xos funksional xossani yoki uni namoyon qilishni amalga oshirish uchun xizmat qiladi. Masalan, ayrim aqlli materiallar harorat, yorug'lik, elektr maydon ta'sirlari o'zgarganda rangini o'zgartiradi yoki boshqa rang hosil 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)..

---

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

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



a



b

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

Bunda nikel-titan yoki mis-rux-alyuminiy asosidagi qotishmalar qo‘llaniladi va zanglamaydigan simlar yordamida arteriyaga kiritiladi <sup>1,2</sup>.

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

### **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,

---

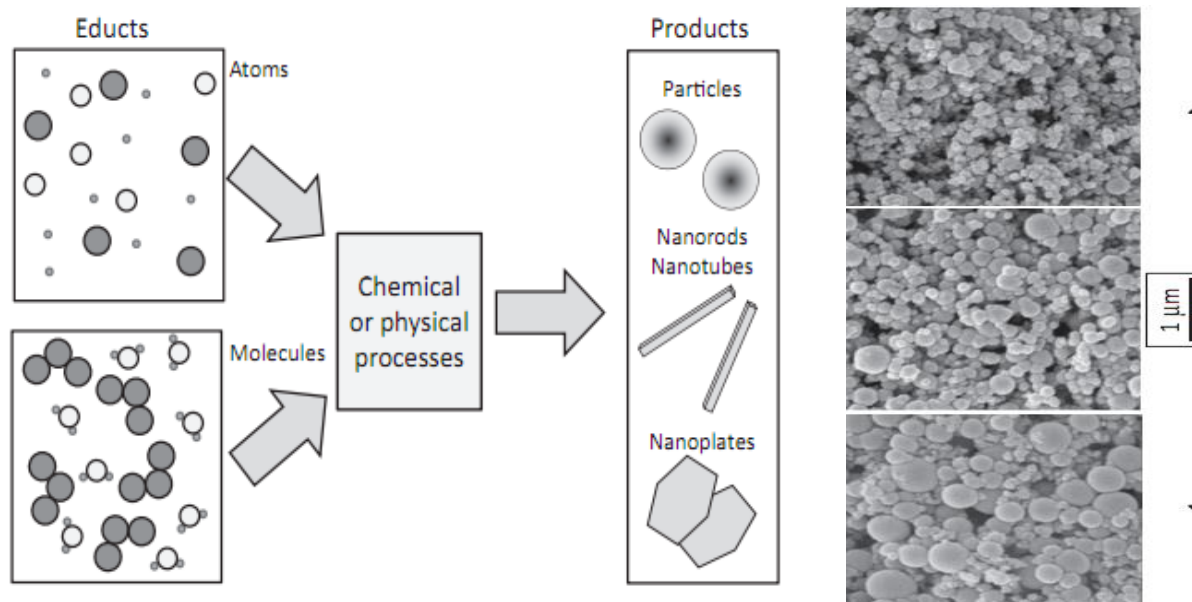
<sup>1</sup>. Introduction to Materials Sciences and Engineering. Techbooks/GTS, 2005. - P.22.

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



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 <sup>2,3</sup>.



9-rasm. Nanomateriallar shakllantirish

10-rasm. Nanozarrachalar

### **Materialshunoslik fizikasiningg asosiy yo'nalishlari**

Materialshunoslik fizikasini tadqiqot ob'ektlarining tabiatini inobatga olgan holda shartli tarzda quyidagi yo'nalishga ajratish mumkin.

<sup>2,3</sup> William D. Callister Jr. Materials Sciences and Engineering. An Introduction. John Wiley & Sons. Ins. 2010. – P. 1000.

<sup>3</sup> Dieter Vollath Nanoparticles-Nanocomposites-Nanomaterials. An introduction for beginners. – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.KGaA, Boschstr. Weinheim, Germany, 2013. – P. 322.



Zamonaviy materiallar ishlab chiqarishning fizikaga bogʻliq quyidagi rivojlashinida quyidagi ana'na kuzatilmoqda:

- metall (po'lat) va qotishma materiallar ulushi kamaymoqda, polimerlar, kompozitlar, keramik va biomateriallar ulushi oshmoqda.
- kosmanovtika, samolyotsozlik, avtomobilsozlik, tibbiyot, to'qimachilik va engil sanoat, qishloq xo'jaligi, kompyuter texnologiyalari va h.k. ustuvorlikka ega bo'lmoqda. Ularning mohiyati quyidagichadir:

*Kosmik materialshunoslik* - kosmik fazoda qo'llash uchun yaroqli materiallarning yaratish va tadqiqot qilish.

*Nanotexnologiya* - o'lchami nanometrli tartibda bo'lgan materiallar va konstruksiyalarni yaratish va tadqiqot qilish.

*Kristallografiya* - kristallar fizikasini o'rganish, kristallar defektlarini aniqlash va h.k.

*Metallurgiya (metalsunoslik)* - metallarning xossalarini o'rganish.

*Keramika* - zolyasiya, elektronika, yarimo‘tkazgichlar uchun keramik materiallar yaratish va tadqiqot qilish, shuningdek, kompozitsion keramik materiallar ishlab chiqish va ularning fizik xossalarini o‘rganish<sup>2,3,4</sup>.

*Biomateriallar* - inson tanasiga implatat sifatida qo‘llasa bo‘ladigan materiallarni tadqiqot qilish.

*Polimer va kompozitsion materiallar* - tabiiy va sintetik polimer asosidagi maxsus xossali materiallar, polimerlar asosida kompozitlarni yaratish va tadqiqot qilish.

Polimer kompozitlar quyidagi asosiy guruhlariga bo‘linadi:

- qatlamli plastiklar yoki tekstolitlar. Birinchi to‘ldiruvchi tolasimon material qo‘llanadi;
- quyma yoki presslangan kompozitlar. Kompozit qirqilgan tolalar, xom iplar, pishiq iplar bilan to‘ldiriladi;
- orientirlangan armirlangan plastiklar. Bunda shisha yoki sintetik tolalar, iplar, jgutlar bir biriga parallel etib joylashtiriladi hamda ular ustiga bog‘lamchi quyiladi;
- shishaplastiklar. Kompozit shisha tolalar yoki kanop tolalar (gazmollar) asosida past haroratlarda presslash orqali shakllantriladi.

***Yarim o‘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 er qobig‘ining 30% ni tashkil qiladi [3].

---

<sup>2,3</sup> William D. Callister Jr. Materials Sciences and Engineering. An Introduction. John Wiley & Sons. Ins. 2010. – P. 1000.

<sup>3</sup> Dieter Vollath Nanoparticles-Nanocomposites-Nanomaterials. An introduction for beginners. – Wiley-VCH Verlag GbH & Co.KGaA, Boschstr. Weinheim, Germany, 2013. – P. 322.

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 qiziqtirmadi. 1873 yili selenning (Se) karshiligi yorug‘lik nuri ta’sirida o‘zgarishi aniqlangandan so‘ng, bu ishlarga qiziqish ortdi.

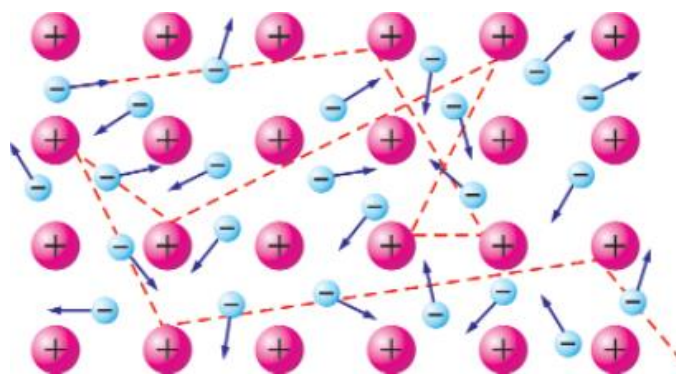
Selen fotoqarshiliklar tezda turli optik asboblarda qo‘llanila boshladi. Oddiy selen ustunidan qilingan *fotoqarshilik* birinchi yarimo‘tkazgichli asbob bo‘ldi. Uning elektrik o‘tkazuvchanligi yoritilganda qorong‘ulikdaginga nisbatan kattalashar edi.

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 kechadigan 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 “erkin” bo‘lib, metal ichida tartibsiz issiqlik harakatidagi “elektronlar 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)



11 – 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 (energiya birligida) uning *chiqish ishi* deb ataladi. Xona temperaturasida ko‘p erkin elektronlarning issiqlik xarakat energiyasi potensial to‘siqni engib chiqish uchun etarli bo‘lmaydi.

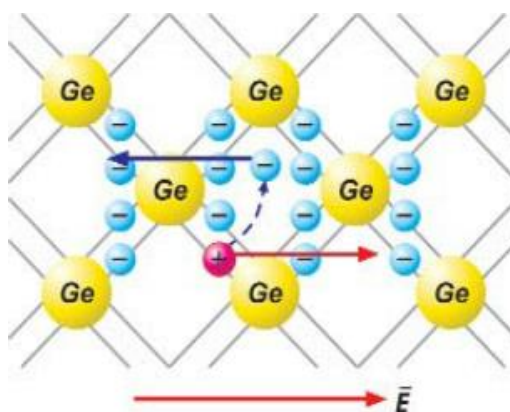
Metal o‘tkazgich chetlariga potenciallar farqini (kuchlanishni) qo‘ysak, erkin elektronlarning betartib issiqlik harakatidan tashqari, tartiblangan (bir tomonga yo‘nalgan) harakati paydo bo‘ladi, ya’ni elektr toki hosil bo‘ladi. Aynan erkin

elektronlarning metallardagi yuqori zichligi ularning yuqori elektrik o'tkazuvchanligini belgilaydi.

**Yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi.** Endi 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 metallarnikidan 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.



12 – 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 etishmaydigan 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.

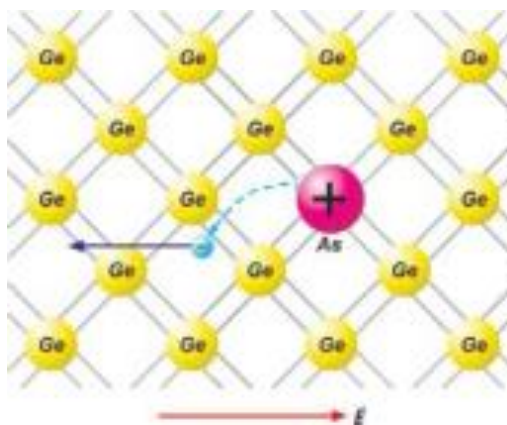
*Rekombinatsiya* paytida energiya ajralib chiqadi, uning qiymati elektron-kovak juftligini hosil qilish uchun sarf bo‘lgan energiyaga tengdir. Ba’zan bu energiya nurlanish ko‘rinishida ajralib chiqadi, ko‘p xollarda esa bu energiya kristal panjaraga berilib, uni qizdiradi. erkin elektronlar va kovaklar 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.



13 – rasm. Germaniy kristal parjarasidagi 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.

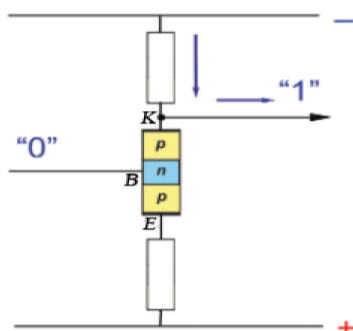
CMOS (komplementar metal-oksidi yarimo‘tkazgich) mantiqiy qurilmalarida musbat yoki nol kuchlanish “0” ni anglatadi, manfiy kuchlanish esa “1” ni bildiradi. Baza zanjiri qo‘shilmaganda emitter zanjiridan tok o‘tmaydi. Bu holat mantiqiy “0” ga mos keladi. Bazaga manfiy kuchlanish berilganda zanjirda tok hosil bo‘ladi, bu mantiqiy “1” ga mos keladi<sup>1</sup>.

---

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

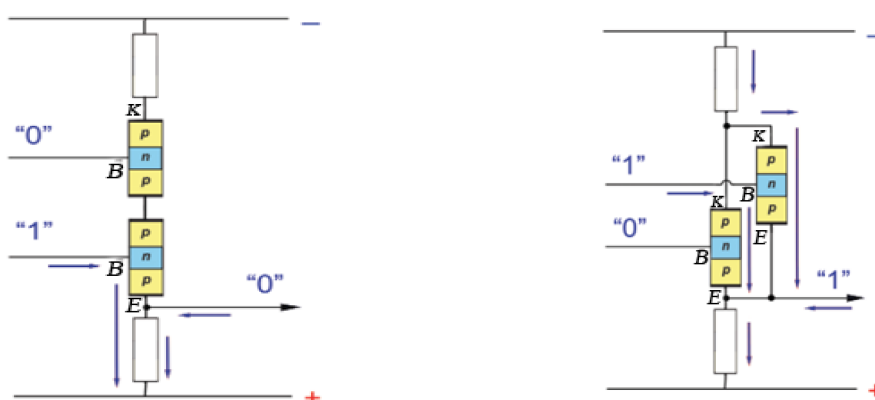


CHiqishni tranzistor kollektoriga ulasak, jarayon aksincha kechadi. Bu xolda “0” ni “1” ga, 1 esa 0 ga aylantiruvchi. Bu “emas” (NE) nomli mantiqiy sxemaga ega bo‘lamiz.



14 – 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.



15 – 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‘llani-lishi 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  $1\text{sm}^2$  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.

#### **Nazorat svollari:**

1. Nanofizika va nanotexnologiyalar predmetining asosiy vazifalari nimalardan iborat?.
2. Zonalar nazariyasi, metall, dielektrik va yarimo‘tkazgichlar haqida tushinchalar bering.
3. Nanomateriallar, ularning fizik xususiyatlari va amaliyotda qo‘llanishining ahamiyati izoxlang.

**2-mavzu. Nanostrukturalarda fundamental elektron hodisalar, kvant o‘lcham effektlari. Kvant chegaralanishi. Nanoob’ektlarni sintezlash usullari, “yuqoridan-pastga” va “pastdan-yuqoriga” texnologiyalar, fotolitografiya.**

#### **REJA:**

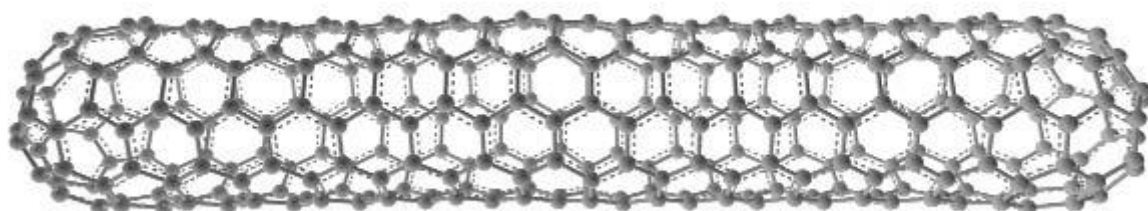
1. Nanostrukturalarda fundamental elektron hodisalar kvant o‘lcham effektlari.

2. Kvant chegaralanishi.

3. Nanoob'ektlarni sintezlash usullari, “yuqoridan-pastga” va “pastdan-yuqoriga” texnologiyalar, fotolitografiya.

*Tayanch iboralar:* Nanostrukturalar, Nanoob'ektlar, fotolitografiya, kvant o'lcham

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



1-rasm. Nanonaychani 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 engil va o'ta mustahkam kompozitsion materiallar yaratish mumkin, ulardan esa harakatni qiyinlashtirmaydigan o't o'chiruvchilar va fazogirlar uchun kiyimlar tikish mumkin, Erdan 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 v 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 xattoki izolyatorni o'ta o'tkazgichga aylantirib yuborishi mumkin ekan.

Shunday yo‘l bilan nanonaychalar xossalarini ham o‘zgartirish mumkinmi? Olimlar nanonaychalar ichiga avvalo gadoliniiy 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, mikroasboblarga uchun simlar tayyorlash mumkin. Ularning g‘aroyibliigi, tok ular bo‘ylab umuman issiqlik ajratmasdan va juda yuqori qiymatga –  $10^7$  A/sm<sup>2</sup> ga etadi. 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 uskunalarda 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.

Endi bunday qurilmalarni tayyorlash uchun ikkita materialni alohida-alohida o‘stirish va so‘ngra ularni bir biri bilan “payvandlash” shart emas. Nanonaychanning o‘stirish 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 nanonaychanning bir qismi metal xossalari, boshqasi esa yarimo‘tkazgich xossalari 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 N<sub>2</sub> etarli bo‘ladi) ajratiladigan katta miqdordagi energiya sarf qilishidir.

Sayyoramizdagi neft zaxiralari bir kun kelib tugashini hisobga olsak, vodorod ko‘plab muammolarning effektiv ravishda echilishiga 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 soʻng bu texnologiya asosida kasalliklarni davolash oʻtkazilishi mumkin: aytaylik, bemor qoniga oldindan tayyorlab qoʻyilgan juda faol fermentli nanonaychalar kiritiladi, bu nanonaychalar organizmning maʼlum bir joyida qandaydir mikroskopik mexanizmlar tarzida toʻplanishadi va maʼlum vaqtda “ochilishadi”. Zamonaviy texnologiya 3-5 yildan soʻng bunday sxemalarni amalga oshirishga amalda tayyor. Asosiy muammo bunday mexanizmlarni “ochish” va nishon hujayralarni izlash uchun oqsil markerlariga integratsiyalash effektiv uslublarining yoʻqligidir.

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

### **Optik nanosensorlar, nanoqatlamli quyosh elementlari**

Hozir yuzaga kelayotgan muammo va xatarlarga sanoatda vujudga kelgan inqiloblar sabab desak hech kim inkor qilmasa kerak. Bekorga koʻplab yirik zamonaviy olimlar kelajakning nafaqat ijobiy, balki salbiy tomonlarini ham koʻrib chiqishni taklif qilishayotgani yoʻq. Bill Djoy, Kaliforniya shtati, Polo Alto, Sun Microsystems asoschisi va etakchi olimining aytishicha, nanotexnologiyalar va boshqa sohalarda olib borilayotgan izlanishlar insoniyatga zarari etgunga qadar toʻxtatilishi lozim. Uning fikrini yana bir guruh nanotexnologlar "Foresight Guidelines" - "Inctityt boshqaruvchilari" qoʻllab quvvatladilar. Ular ham Djoy kabi nanotexnologiyalarning ortib borishi va rivojlanishi nazoratdan chiqib borayotganini taʼkidlamoqdalar. Bu sohadagi izlanishlar oddiy taʼqiqlash bilan chegaralanib qolmasdan, balki davlat nazorati oʻrnatilishini taklif qildilar. Ularning aytishicha, bunday rivojlanish kutilmagan falokatlarni keltirib chiqarishi mumkin. Nanotexnologiya xavfi paydo boʻlishi 1986 yili Dreksler tomonidan yaratilgan "YAratuvchi mashina" yaʼni "Kulrang soʻlak muammosi" nomini olgan qurilmasi bilan bogʻliq edi. Kulrang soʻlakning xavfli tomoni shunda ediki, u nanometrli assemblerlarni ishdan chiqarib, boshqaruv tizimini buzadi. Bu texnologiyada oʻz-

o‘zini boshqarish va ko‘payish hususiyati mavjud bo‘lib, u yo‘lida uchragan narsalardan xom ashyo sifatida foydalanadi.<sup>1,3</sup>

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‘llanilmoqda"-deydi Djoy. Keyinchalik esa u o‘z-o‘zini tiklash biologik jihatdan emas, balki texnologik jihatdan bajarilinayotganini 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 Washington Universiteti nanotexnologiya mutaxasisi. Nanotexnologiyalar yutuqlaridan yovuz maqsadlarda foydalanuvchi muxitlar ham mavjud. Nanotexnologiyalar rivojlanishiga bag‘ishlangan yig‘ilishda quyidagi savollar vujudga keldi:

---

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

<sup>3</sup>. William D. Callister Jr. *Materials Sciences and Engineering. An Introduction.* John Wiley & Sons. Inc. 2007. – P. 975.



- 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'ymoqda. 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.

### **Nanoplankalar, 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.

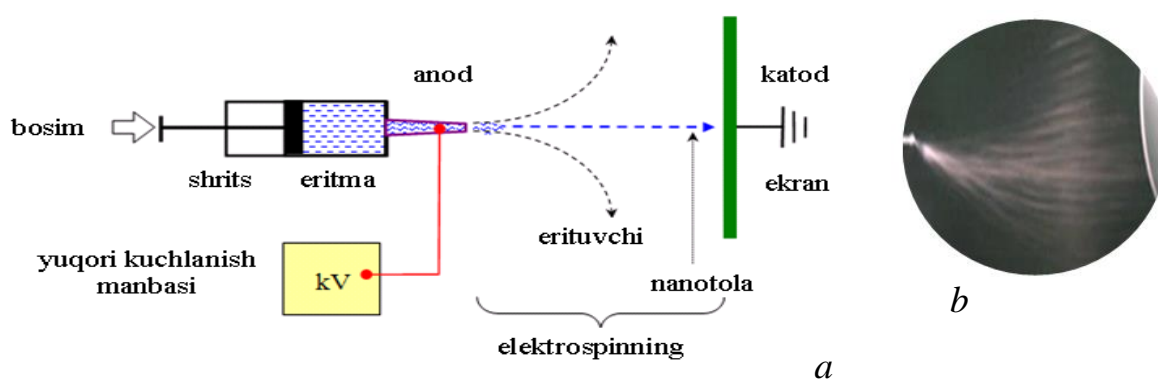
Ayniqsa nanotexnologiyalar sohasining fizika, kimyo va biologiya sohalari bilan bog'liqligi kelajakda yana ham uzviy bo'ladi. Lekin, shuni aytish kerak-ki, axborot texnologiyalari sohasining rivojlanishisiz barcha sohalar uchun zarur bo'lgan assembler va nanoelektronikalar rivojlanishini ham tasavvur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

### **Polimer nanotolalar shakllantirishning elektrospinning usuli**

Nanotolalar shakllantirishda eng zamonaviy usullardan biri elektrospining 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 molekullari 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*) qo‘llanilgan 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 ( $0,5 \div 50 \text{ kV}$ ) ta’siri ostida ekranga yoki barabanga (*katodga*) elektrostatik tortish va oqimdan erituvchini jadal bo‘g‘lantirib chiqarib yuborish hamda polimer molekullarini orientatsion holatga o‘tkazib bir biriga o‘ralgan (*eshilgan*) tarzda nanoo‘lchamli tola ko‘rinishida shakllantirishga asoslangandir. Odatda anod va katod o‘rtasidagi masofaning har bir  $\text{sm}$  ga bir  $\text{kB}$  dan doimiy kuchlanish mo‘ljallab beriladi (1-jadval). Elektrospinning jarayonining prinsipial chizmasi 12-rasmda keltirilgan<sup>5</sup>.



2-rasm. Elektrospinning prinsipial chizmasi (a) va elektr maydonida fileradan chiqayotgan polimer suyuq fazali oqimdan erituvchini sochilishi va makromolekulalarni orientatsion eshilgan holga nanotolalar bo‘lib shakllanib ekranga borib tushishining fotosurati (b)

<sup>5</sup> Холмуминов А. Полимерлар физикаси, Тошкент, Университет, 2015, 252 б.

1-jadval. Elektrospinning nanotolalari morfologiyasiga polimer konsentratsiyasi (C) va yuqori elektr kuchlanishining ta'siri.<sup>2</sup>

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, molekulyar massaviy tavsiflari, polielektrolit xossalariga ham bog'liqdir.

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

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.

#### **Nazorat savollari:**

1. Nanostrukturalarda kvant o'lcham effektlarini tushuntiring.
2. Kvant chegaralanishi deganda nima tushuniladi?
3. Nanoob'ektlarni sintezlash usullarini tavsiflang

### **3-mavzu. Kimyovaiy va fizik sintezlash usullari. Nanotrubkalar, nanorodlar, nanosimlar, kvant nuqtalari nanoplyonkalar.**

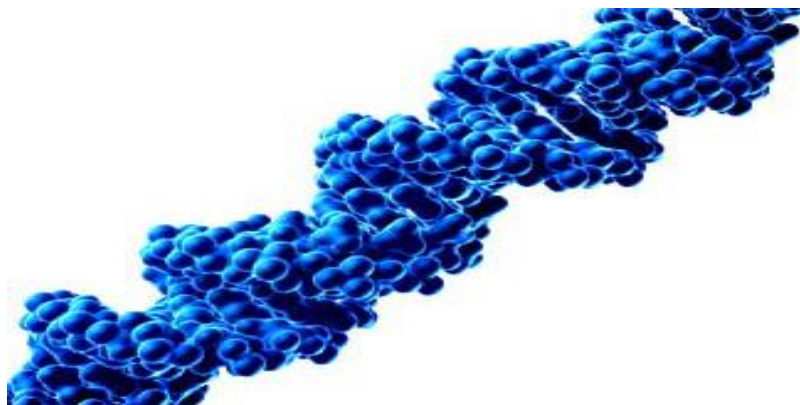
#### **Nanoob'ektlarni kuzatish vositalari.**

#### **REJA:**

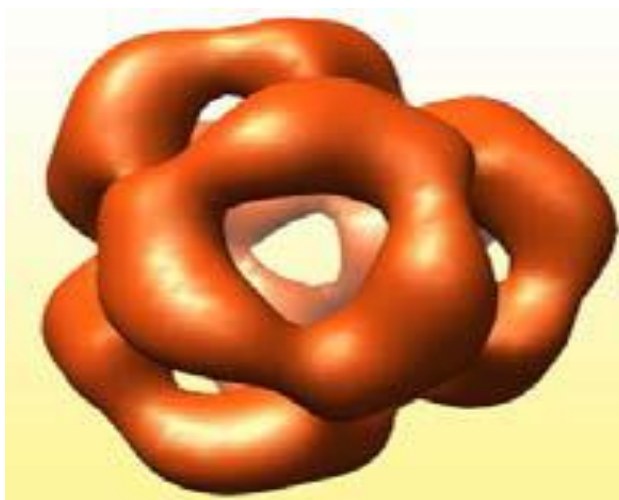
1. Kimyovaiy va fizik sintezlash usullari.
2. Nanotrubkalar, nanorodlar, nanosimlar, kvant nuqtalari nanoplyonkalar.
3. Nanoob'ektlarni kuzatish vositalari.

*Tayanch iboralar:* Nanotrubkalar, nanorodlar, nanosimlar, kvant nuqtalari nanoplyonkalar..

“Nanostrukturalar”, “Nanohodisalar”, “Nanojaryonlar”, va “Nanotexnologiyalar” tushunchasi. Nanostrukturalar – kattaligi (o'lchami) 1 dan 100 nanometrgacha bo'lgan ob'ektlar (man'balar). (Nanometr – metrni milliarddan bir bo'lagi,  $10^{-9}$ m). Nanostrukturalar, na faqat insonlar yaratgan eng kichik manbalar, balki ular eng mayda qattiq materiallar bo'lib, ularni alohida ajratib olish, hatto ulardan ba'zilarini manipulyasiya qilish ham mumkin.



*1-rasm- DNK ni ikki zanjirli molekulasi.*



*2-rasm. Oqsil molekulasi - tirik sistemada eng ko'p tarqalgan nanostrukturalar (kattaligi 4-50 nm).*

Nanomasshtab juda noyob, chunki nanodunyoni elementlarni fundamental xususiyatlari, ularni razmeri bilan shunchalik bog'liqki, bunday bog'liqlik boshqa biror masshtabda sezilmaydi. Molekulyar darajada, atomlarni, molekulalarni va nanokomplekslarni o'zlarini tutishlari bilan bog'liq bo'lgan, yangi fizik-kimyoviy xususiyatlar paydo bo'ladi. Biologik nanostrukturalarga masalan, kattaligi 4-50 nm oralig'ida bo'lgan oqsil molekulalarini kiritish mumkin. Qalinligi 1-2 nm ga teng bo'lgan DNK molekulalarini ham, ularni uzunligi birnecha millimetr ga teng bo'lishiga qaramasdan, nanostrukturaga kiritish mumkin. Tirik organizmlardan, hayotni hujayrasiz shakli bo'lgan viruslarni nanodunyoga kiritish mumkin. Viruslarni kattaligi 10-200 nm oralig'ida yotadi.

Nanobo'lakchalar yaratish texnologiyasida, moddalarga ishlov berishni bir-biridan tabora farq qiluvchi ikki yondashuv ma'lum:

–“**Tepadani pastga**”, ya'ni fizik jismlarga mexanik yoki boshqa xildagi ta'sir ko'rsatib, ularni kattaligini (o'lchamini - razmerini) nanometr ga tushirish;

–“**Pastdan tepaga**”, ya’ni yirikroq nanoob’ektlarni “pastroq qatorda” turgan elementlardan (atomlar, molekulalar, biologik hujayralarni strukturali bo‘laklari va h.k) yig‘ish.

Nanostrukturalar (nanobo‘lakchalar) ishtirokida bajariladigan jarayonlar **nanojarayonlar** deb ataladi. Tirik organizmdagi eng asosiy nanojarayon – oqsil biosintezi.

**Tirik sistemalarni molekulyar va subhujayra tuzilishi– nanodunyo darajasi sifatida. Tirik sistemani molekulyar darajadagi tuzilishini belgilovchi strukturalarni eng asosiylari biomakromolekulalar yot biopolimerlarni molekulalari hisoblanadilar.** Ular, nuklein kislotalari, oqsil va polisaxaridlar molekulalaridan iborat. Bu molekulalar razmeri kattaroq bo‘lgan, nadmolekulyar biologik strukturalar (nanokomplekslar) hosil qilish xususiyatiga egalar.

Nadmolekulyar biologik strukturalar:

–Oqsillar, nuklein kislotalar, karbonsuvlarni makromolekulalari va ularni kombinatsiyalari (murakkab oqsillar, nukleoproteidlar va h.k);

–Regulyator molekulalar (gormonlar, fermentlar, mediatorlar, xilma-xil biologik faol moddalar);

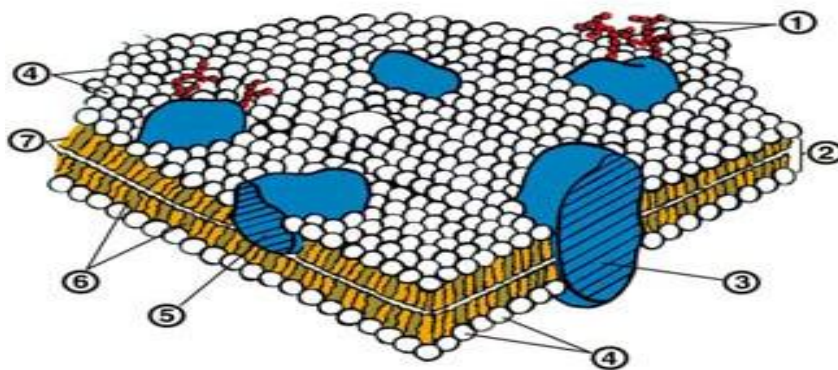
–Suv, yog‘ va boshqa moddalarni molekulalari;

–Ionlar;

–Mustahkam ionlar va suv molekulalaridan tashkil topgan atom-molekulyar komplekslar, hamda hujayralarni yuqorida keltirib o‘tilgan organik moddalarning molekulalari yordamida hosil bo‘ladi.

Atom-molekulyar komplekslar tarkibidagi molekulalarni va ionlarni birgalikdagi xossalari, juda ham o‘ziga xos (spetsifik, ya’ni maxsus) ammo, hozircha yaxshi o‘rganilmagan. Mana shunga o‘xshagan nadmolekulyar nanobiokomplekslarni hosil bo‘lishi, faoliyat ko‘rsatish va parchalanishi, balandroq – nadmolekulyar yoki subhujayrali darajada o‘tadi. Bunda, biologik membranalar alohida o‘rin tutadi. Biologik membranalar, barcha tirik organizmlar hujayrasida plazmalemmalar va ko‘plab boshqa organoidlar shakllanishida ishtirok etadilar.

Bu xususiyatlarni o'rganish va nazorat qilish, bir dunyo funksional molekulalar qurilmalar ochishga imkon beradi. Ular, butun dunyoda jadallik bilan rivoj topayotgan nanobiotexnologiyani predmeti hisoblanadilar.



3-rasm. Biologik membranalarining chizmasi.

1-murakkab oqsillar-glikoproteinlarni uglevod (karbonsuv) zanjiri; 2-lipidlarni biomolekulyar qavati; 3-transmembranalik oqsil; 4-lipid molekulalarini gidrofil qismi; 5-yarim integrallangan oqsil; 6,7-lipid molekulalarini gidrofob qismi.

**Nanodunyo ni o'rganishda ishlatiladigan mikroskoplar. YOrug'lik mikroskopi.** Ko'plab hayvon hujayralarini o'lchami-10-20mkm ga teng. Bu odam ko'rishi mumkin bo'lmagan har qanday bo'lakchadan 5 marta kichik (odamni ko'zi, to'g'ridan –to'g'ri, kattaligi 100 mkm ga teng bo'lgan buyumni ko'ra oladi).

**Hayvon hujayrasini oddiy yorug'lik mikroskopi orqali ko'rish mumkinmi?** YOrug'lik mikroskopida ko'rish mumkin bo'lgan eng kichik struktura, ruxsat etilgan oraliqni eng qisqai bilan ( $d_0$ ) belgilanadi. Oraliq- asosan yorug'lik to'liqini ( $\gamma$ ) ning uzunligiga bog'liq. Bu bog'liqlik, quyidagi formula bilan izohlanadi:

$$D_0 = \frac{1}{2} \gamma$$

**Eslatma: mikroskopni ko'rsatish imkoniyati:  $d_0 = 0,61 \gamma / n \sin Q$  formulasi orqali hisoblanadi.**

Bu erda  $\gamma$  –ishlatilgan yorug'likni to'liqin uzunligi (oq rang uchun 0,53 mkm qabul qilingan),  $n$  – muhitni sinish koeffitsienti. Bu nusxani ob'ektiv linzasidan

yoki kondensatordan ajratib turadi (odatda, havo yoki yog‘dan); Q -ob‘ektivni optik o‘q bilan obektivga tushadigan eng ko‘p nur orasidagi burchak.

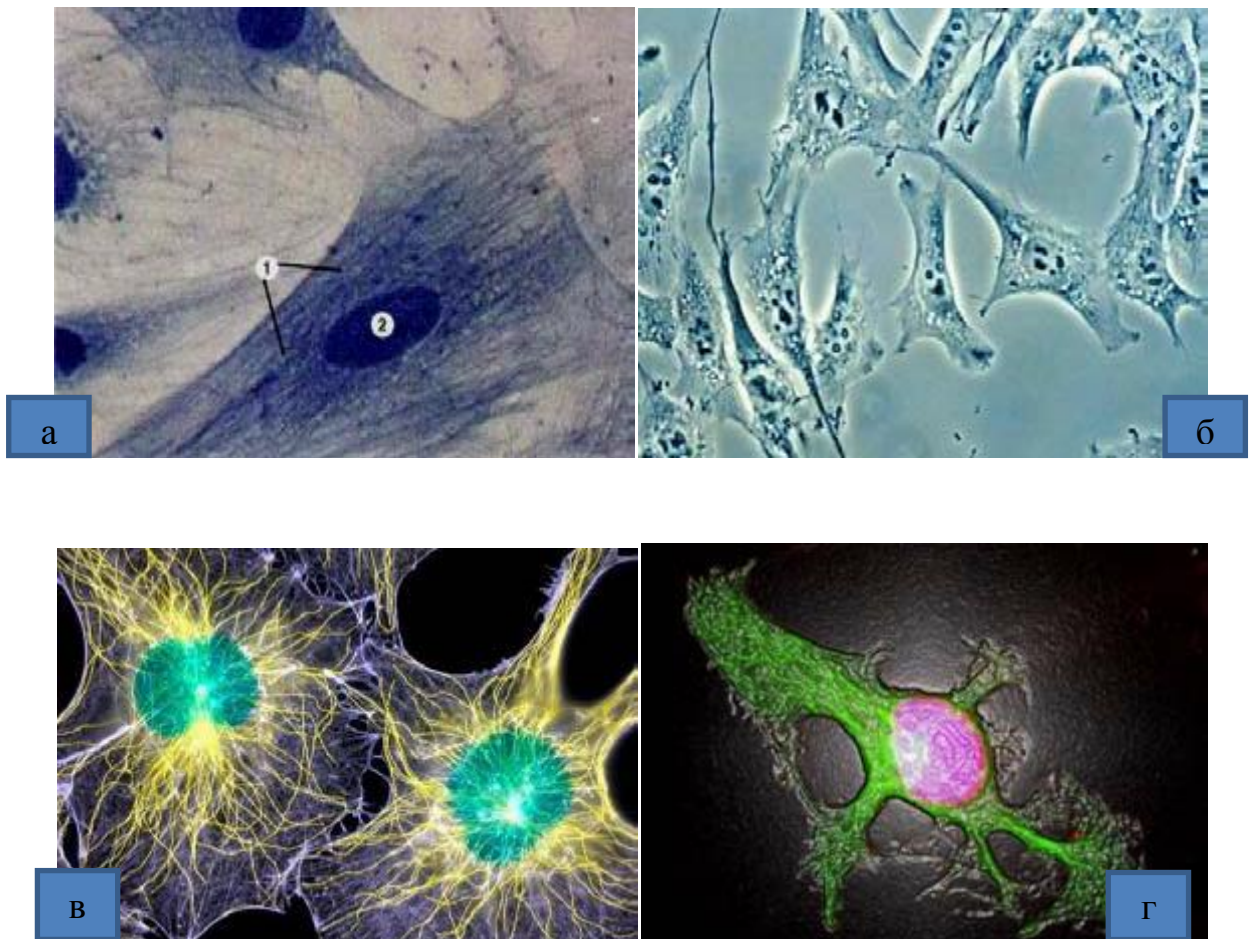
Odatda, yorug‘lik mikroskoplarida, yorug‘lik manbalari sifatida ko‘rish spektridagi (400-700 nm) yorug‘lik ishlatiladi. SHuning uchun mikroskopni maksimal ko‘rsatkichi 200-350 nm (0,2-0,35 mkm) dan oshmaydi. Demak, razmeri birnecha mikrometrga teng bo‘lgan hayvon hujayralarini odatdagi yorug‘lik mikroskopi yoradamida kuzatish mumkin. Ammo, tirik organizmlarni hujayralari, rangsiz va tiniq bo‘ladilar. SHuning uchun ham tabiiy holatda hujayralar yorug‘lik mikroskopida ko‘rinmaydi. SHunday ekan, hayvon hujayrasini qanday qilib mikroskopda ko‘rish mumkin?

Hujayralarni ko‘zga ko‘rinarli qilishni har xil yo‘llari ma’lum.

**Birinchi**dan, har xil bo‘yoqlardan foydalanib bo‘yash (6<sup>a</sup>-rasm). Masalan, ishqoriy bo‘yoqlar (gematoksilin, azur) hujayrani nordon komponentlarini yadroni (nuklein kislotalarini) spetsifik bo‘yaydilar. Nordon– bo‘yoqlar esa. (eozin) ishqoriy reaksiyaga ega bo‘lgan hujayra strukturalari (sitoplazmaning oqsillari) bilan bog‘lanib rang beradilar.

**Ikkinchi**dan, yorug‘lik mikroskopiyasining xilma-xilligi ham hujayralarni kuzatishga yordam beradi. SHulardan biri – fazo – kontrastli mikroskopiya metodi, tirik bo‘lmagan hujayrani kuzatish imkonini beradi. Bo‘yalmagan strukturalarni kontrastligi, mikroskopga ulanadigan qo‘shimcha optik sistemalar hisobidan ko‘chayadi. Kontrastlikni ko‘tarilishi, yorug‘likni o‘tayotgan xilma-xil sindiradigan hujayra strukturalarini kuzatish imkonini beradi.





4-rasm. Fibroblastlar. a) yorug‘lik mikroskopiya yordamida olingan surat (1-aktinli mikrofilamenlar, 2-yadro)  $\times 1000$  (ming marta kattalashtirilgan); b) fazo – kontrastli mikroskopiya  $\times 500$ ; v) immunofluoressentli mikroskopiya (mikrotrubkalar sariq rangga bo‘yalgan)  $\times 980$ ; g) konfokalen mikroskopiya  $\times 1000$ .

Tirik hujayralarni kuzatishni ikkinchi yo‘li, bu **fluorescent mikroskopiya usuli**. Bu usul, qator moddalarni qisqa to‘lqinli nur ta‘sirida yorug‘lik berish (fluoressensiyalanish) xususiyatiga asoslangan. Ko‘plab pigmentlar, vitaminlar, gormonlar va qator boshqa moddalar, hujayraga qisqa to‘lqinli nur tushirilganda, o‘z-o‘zidan (spontan) fluoressensiyalanish xususiyatiga egalar. Xuddi shunday xususiyatga tirik organizmlarni barcha hujayralari ham ega, ammo ko‘p holatlarda bu voqeylik juda ham kuchsiz namoyon bo‘ladi. Bunday holatlarda, ko‘plab hujayralar ichidagi strukturalarni kuzatish uchun ikkalamchi yoki navedennoy

fluoresensiyadan foydalaniladi. Bu esa, hujayraga oldindan maxsus fluoroxromlar (fluoressein, rodamin va x.k) bilan ishlov berishni talab qiladi.

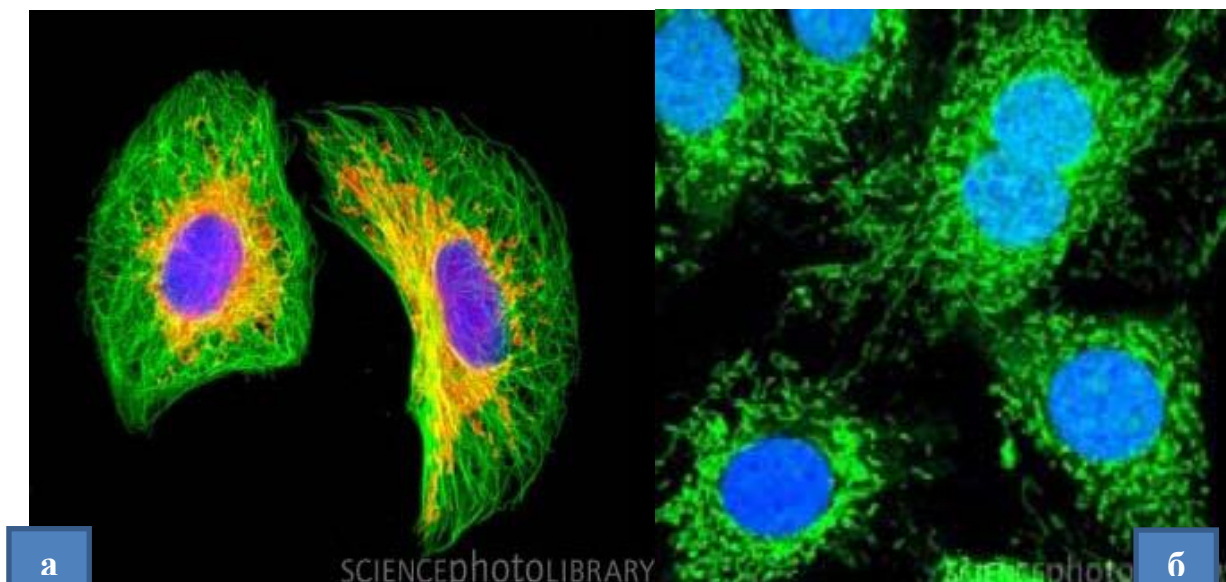
Fluoroxromlar antitelalarni molekulari bilan bog‘lanishlari mumkin, bu esa ularni faqat ma’lum makromolekulalar bilan tanlab bog‘lanuvchi yuqori spetsifik reagentlar safiga qo‘shib qo‘yadi.

Fluoresensiyani bu turini **immunofluoresensiya** deb ataladi. Bunda, avval oqsilga (masalan tubilinga) antitana saqlagan spetsifik zardob olinadi. Tozalangan antitanalar kimyoviy yo‘l bilan fluorescent mikroskop yordamida, (tekshiriladigan ob’ektda) hujayrada oqsilni lokalizatsiyasini fluoroxromni nur berishi orqali o‘rganiladi.

**Yorug‘lik mikroskopidan foydalanib, ob’ektni ucho‘lchovli ko‘rinishini aniqlash mumkinmi?** Odatda, yorug‘lik mikroskopiyasi unchalik katta yorug‘lik bera olmaydi. Bu esa, o‘rganiladigan ob’ektni uch o‘lchovli ko‘rinishini aniqlash imkonini bermaydi. Bu muammo, konfokalli skanirlovchi yorug‘lik mikroskopi yaratilishi bilan ijobiy hal qilingan. Bunda nur beruvchi sifatida, lazer nuridan foydalanilgan, Bu nur, birin-ketin preparatni butun qalinligini skaner qilish imkonini beradi. Ob’ektni zichligi haqida informatsiya, skanirlashni har-bir liniyasi bo‘ylab, kompyuterda uzatiladi, va bu erda (kompyuterda) maxsus dastur yordamida, ob’ektni hajmdor ucho‘lchovli tasviri rekonstruksiya bo‘ladi. Odatda, bunday kuzatishlar uchun, fluoroxromlar bilan bo‘yalgan ob’ektlar ishlatiladi. Konfokalli mikroskop hujayrani shakli, sitoskeleti, yadro va xromosomani strukturalari hamda hujayra ichidagi organellalarni joylanish xarakteri haqida axborot to‘plash imkonini beradi.

Biologiyada ishlatiladigan fluoroxromlarni ko‘pchiligi, quyidagi birikmalarga kiradilar. Ularni kamchiliklari quyidagilardan iborat: 1- past darajada fotostabillik; 2- bir necha ob’ektlarni bir vaqtda ko‘rish uchun har xil bo‘yoqlardan foydalanish zaruriyati; 3- bu bo‘yoqlarni fluoressensiyasini kuchaytirish uchun tegishli bo‘lgan yorug‘lik manbalarini tanlash zaruriyati.

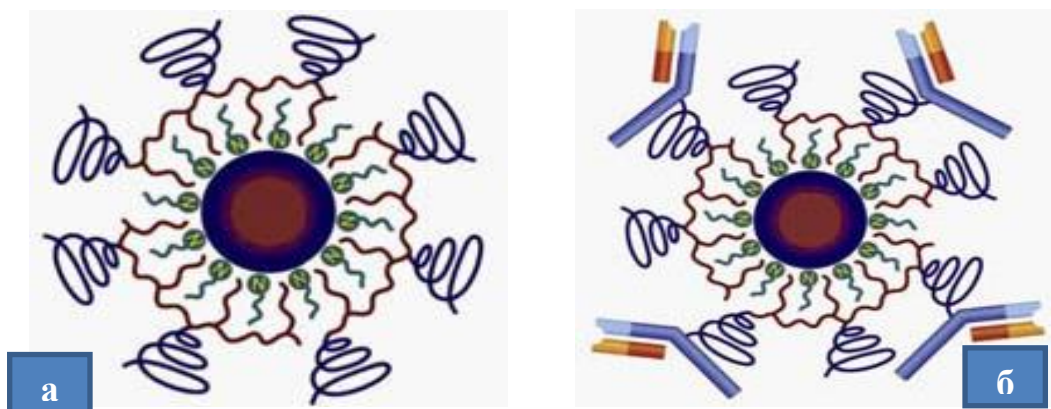
**Organik fluoroxromlarni bu kamchiliklarini qanday qilib yo‘qotish mumkin?** Bu muammoni, kvant nuqtalari yoki noorganik fluoroxromlar ishlatish orqali echildi.



5-rasm. Konfokalli mikroskopiya: a-buyrakni epitelial hujayralari,  $\times 1000$  (mitoxondriya to‘q sariq rangda), b- odamni shish hujayralari Hela  $\times 1000$  (mitoxondriyalar yashil rangga bo‘yalgan).

Kvant nuqtalar – yarimo‘tkazgich nanokristallar hisoblanadilar. Biologik tadqiqotlarda **CdSe** ni **ZnS** bilan qoplangan. **ZnS** kvant nuqtalini oksidlanishiga chidamliligini oshiradi va fluoressensiyani intensivligini birnecha martaga oshiradi.

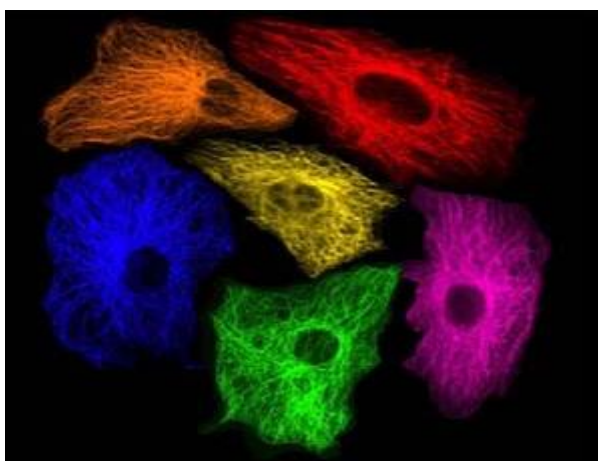
Nanokristallarni razmerini o‘zgartirib, optik spektrni xohlagan joyiga o‘rnashtirilgan, fluoressensiyaga ega bo‘lgan fluoroxromni olish mumkin. Ammo, **Cd Se/ZnS** ni nanokristallarini biologik sistemada ishlatish, ularni juda past bo‘lgan gidrofilligi uchun, ishlatilishi chegaralangan. Kvant nuqtalarini solyubilizatsiya qilish (suvli muhitga o‘tqazish) metodlaridan biri, ularni sirtida polimer qavat hosil qilish hisoblanadi. Keyin bunday polimerga antitelalar bog‘lash mumkin bo‘ladi. Bu esa, o‘z navbatida nanokristallni biologik mishenga spetsifik va yuqori darajada tanlab bog‘lash imkonini beradi.



6-rasm. Kvant nuqtani tuzilish chizmasi. a) polimer bilan qoplangan; b) antitelolar bilan qoplangan. 1- yadro (Cd Se), 2-ZnS qavat (obolochka), 3 – polimer, 4 – antitela (antitana).

Har xil razmga ega bo‘lgan kvant nuqtalar, keng diapozonli optik spektrli (ultrabinafshadan – yaqin infraqizil oblastgacha) nurlarni yuta oladilar. Bu esa, bir manba yordamida, nanokristallarni har xil rangga kirib tovlanishini ta’minlaydi.

**Nanokristallar** organik fluoroxromlarga qaraganda, yuqoriroq fotostabillikka va qisqa spektrli fluoressensiyaga egalar. Nanokristallarni yuqori darajada fotostabilligi (bu xususiyat, organik fluoroxromlarga nisbatan birnecha daraja baland), ularni konfokalli mikroskopiya ishlatish imkonini beradi. Bunda, uzoq vaqt davomida (soatlab, xatto birnecha kunlab), real vaqt rejimida, hujayra ichida o‘tadigan jarayonlarni kuzatish imkonini beradi.



7.-rasm. Fibroblastlarda, kvant nuqtalar yordamida  $\alpha$  - tubulin oqsilini topilishi. Konfokal mikroskopiya.

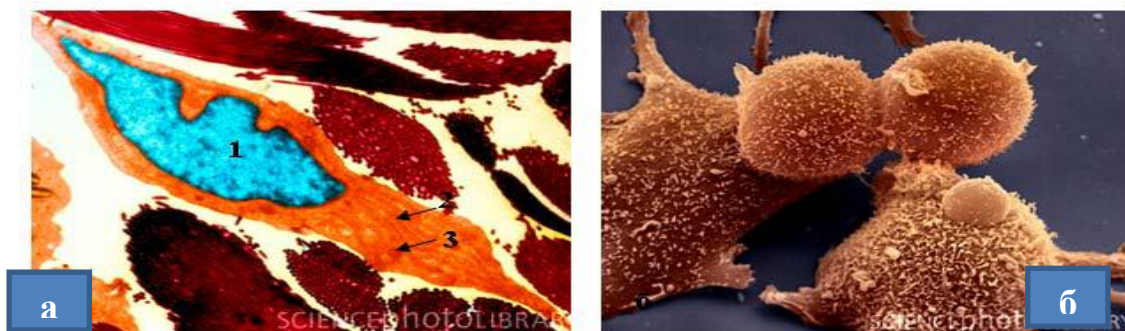
**Elektron mikroskopiya.** Elektron mikroskopiyada, juda to'liq uzunligiga ega bo'lgan elektronlar oqimidan foydalaniladi. 50 kVli kuchlanishda, elektromagnit tebranishlarni to'liq uzunligi 0,0056 nm ni tashkil qiladi. Bu sharoitlarda, nazariy hisoblab chiqilgan, maksimal oraliq – 0,002 nm ga teng bo'lishi mumkin. Bu, yorug'lik mikroskopiga nisbatan 100000 marotaba kichik. Demak, elektron mikroskopni ko'rish imkoniyati, yorug'lik mikroskopiga qaraganda, 100000 marta kattaroq. Zamonaviy elektron mikroskop kattaligi 0,1-0,7 nm ga teng bo'lgan jismni ko'ra oladi, agar biologik ob'ekt bo'lsa, bu raqam 2 nm atrofida bo'ladi.

Hozirgi vaqtda, biologiyada transmission (yoritib ko'rish) va skanirlovchi elektron mikroskoplardan ko'proq foydalaniladi. Transmission elektron mikroskop yordamida, o'rganiladigan ob'ektni ikkalamchi tasviri olinadi.



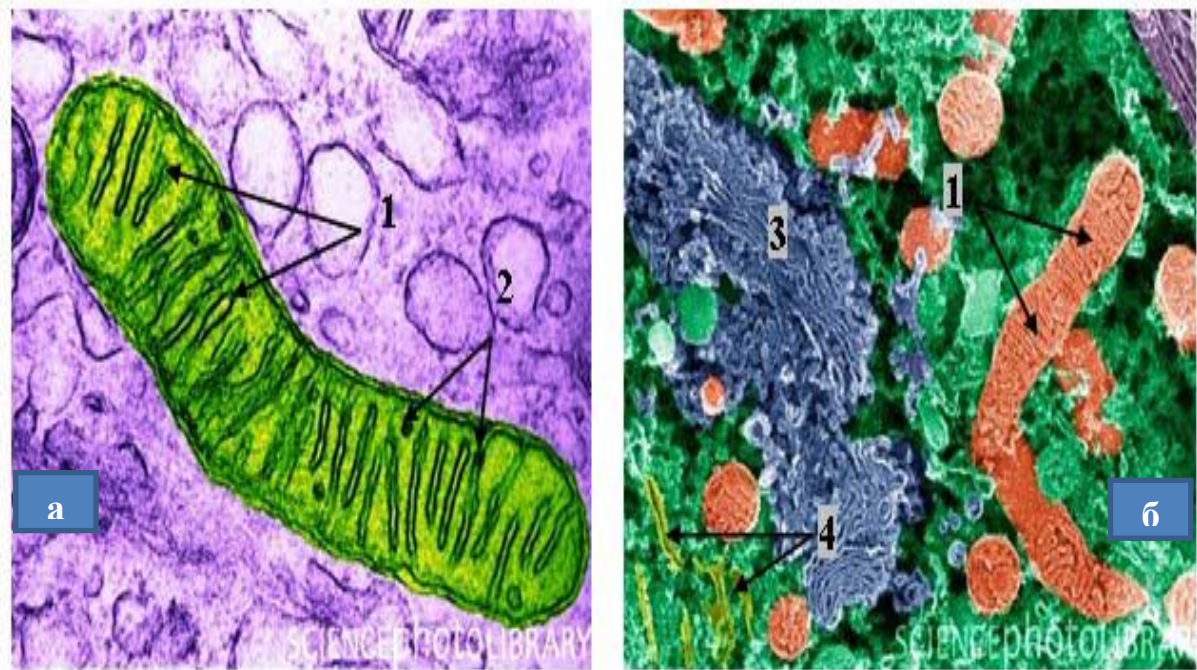
*8-rasm. Biologik tadqiqotlarda ishlatiladigan transmission (yoritib ko'ruvchi) elektron mikroskoplarni ko'rinishi.*

Transmission elektron mikroskopiyada, biologik ob'ektlarni ultranafis (yupqa) kesmalaridan (qalinligi, 0.1 mkm ga teng bo'lgan) foydalaniladi va ularni kontrastligi og'ir metallar yoki ularni tuzlari yordamida kuchaytiriladi .



9-rasm. Fibroblastni yorituvchi (a) va skanirlangan (b) elektron mikrofotoqrafiyalar: 1 – yadro, 2 – endoplazmatik to‘rning donador (granula) kanallari, 3 – lizosoma  $\times 10000$ .

**Elektron mikroskopiya yordamida ob’ektni fazoviy tasvirini olish mumkinmi?** Bunday kuzatishlarni olib borish uchun skanirlovchi elektron mikroskop yaratilgan. Ob’ektni tasviri shakllanishida, ob’ekt qaytargan elektronlar qatnashadilar. Buning uchun, ob’ektni sirtini elektron o‘tkazadigan qilish kerak. Ko‘p holatlarda bu, nusha sirtiga nafis metall poroshoklarini purkash orqali eng katta ustuvorlik tomoni – katta aniqlikka egaligi hisoblanadi. Ammo uni ko‘rish imkoniyati (biologik ob’ektlar uchun 3-5 nm ga teng), transmission elektron mikroskopga nisbatan ancha past.



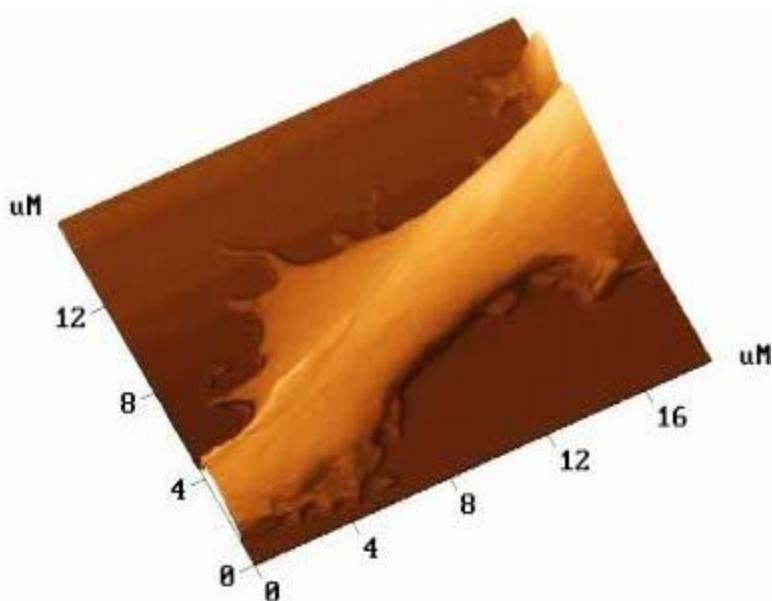
*10rasm. Hujayra organoidlarini transmission (a) va skanirlangan mikrofotografiyalari: 1 – mitoxondriya kristallari. 2- mitoxondriya matriksidagi granulalar; 3- Goldji apparati, 4- endoplazmatik to‘rning kanallari × 20000.*

Skanirovchi elektron mikroskopiyani kamchiligi, ob’ektga metallar kukuni bilan ishlov berish zaurliqi, bu esa, hujayra qobig‘idagi ba’zi strukturalarni tasvirini aniq chiqmasligiga olib keladi. Bundan tashqari, tadqiqot uchun tayyorlangan nusxalarni xujayralari o‘lib qoladilar.

**Biologik strukturalarni, tabiiy holatga yaqinroq bo‘lgan sharoitda kuzatishni qanday ta’minlash mumkin?** Bu muammo, skanirovchi zondli mikroskop yaratilishi bilan o‘z echimini topdi. Bu mikroskop o‘zini ko‘rish imkoniyatlari bo‘yicha elektron mikroskopdan kam emas.



11-rasm. Skanirlovchi –zondli mikroskoplar, o‘quv – ilmiy laboratoriyalarda.

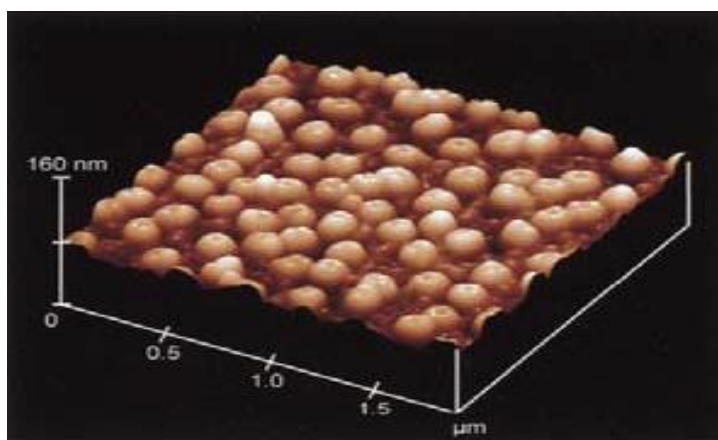


12-rasm. Skanirlovchi –zondli mikroskop yordamida olingan fibroblastlarni bir qismini tasviri.

**Atom-kuch mikroskopiya.** Zamonaviy biologik tadqiqotlarda atomli-kuch mikroskopiya keng foydalanib kelinmoqda. **Bu mikroskopni o‘ziga xos tomoni nima?** Atom-kuchli mikroskopni ishlashini asosida, zondni o‘rganiladigan ob’ektni sirti bilan sodir bo‘ladigan o‘zaro ta’sirni har xil turlaridan foydalanish yotadi. Ular orasida, Van-der-Vaals kuchlari, elektrostatik, kapilyarli, kimyoviy o‘zaro munosabatlar va boshqalar bor. Bu metod nusxani murakkab yo‘llar bilan tayyorlashni talab qilmaydi, xususan elektron mikroskopiya ishlatiladigan ob’ektni kontrastligini metall yordamida oshirishni keragi yo‘q. Bu usul nusxalarni



nafaqat havoda, balki suyuqlikda ham o‘rganish mumkin. Atomli-kuch mikroskopiyani ustuvorligi, uni ko‘rish imkoniyatlari: u, atomlar va molekular darajasida uchlamchi tasvirni olish imkonini beradi.



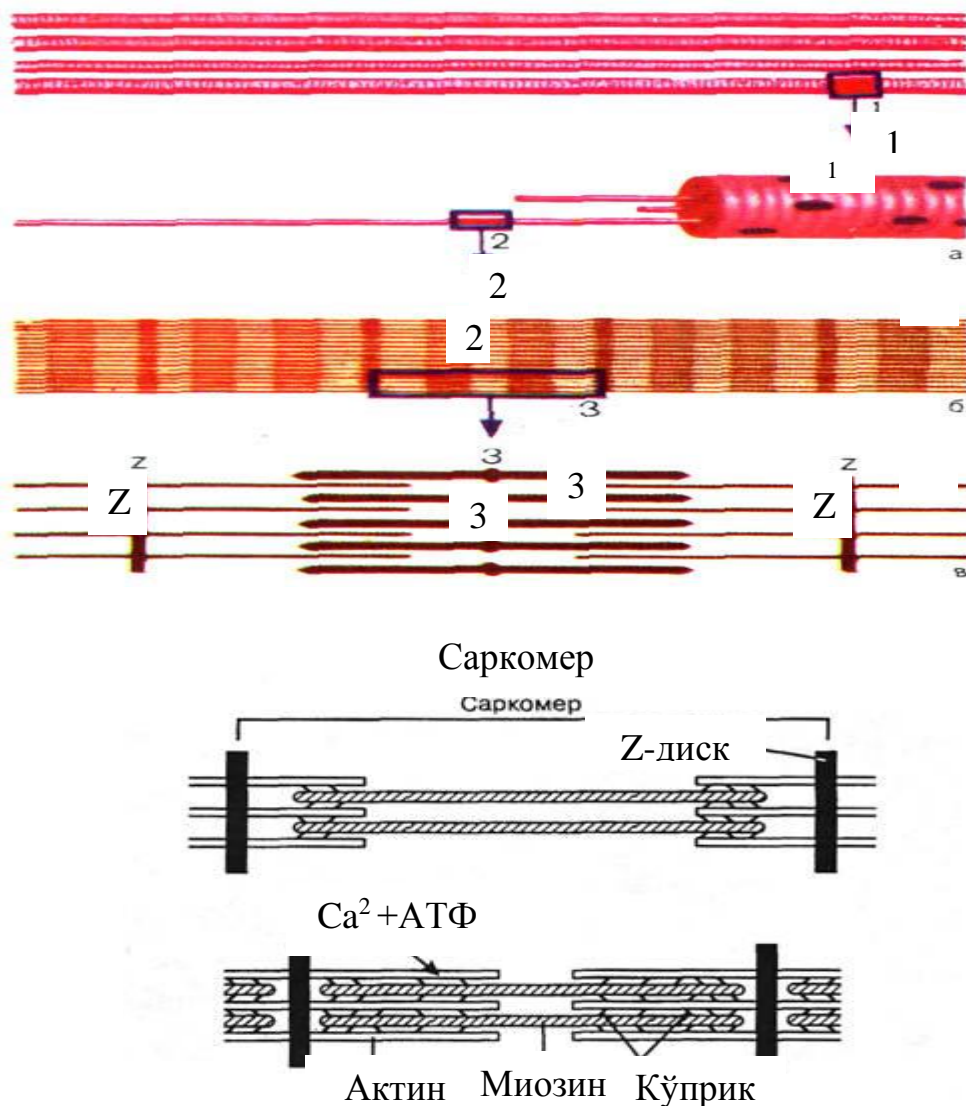
*13-rasm. Atomli-kuch mikroskop yordamida yadro oqsillarni kompleksini ko‘rinishi.*

### **Tirik hujayralarda oqsilli “nanomotorlar”.**

Hozir yashab turgan organizmlarda tabiat 3,5 mlrd. yil avval konstruksiya qilgan nanomotorlar ishlab turganiga ishonish qiyin. Oqsilli “motorlar” hujayrada sodir bo‘ladigan tabiiy nanojarayonlarda ishtirok etadilar. Masalan, hujayradagi energiyani universal manbai bo‘lgan ATF ni sintezi oqsilli nanostruktura – ATF – sintaza fermenti ishtirokida o‘tadi. Bu ferment – birgalikda ishlovchi ikkita rotorli nanomotorlardan tuzilgan mexanik usqurmadir. Motorlardan chiqadigan mexanik energiya, ATF molekulasini sintezida ishlatiladi.

Rotorli motorlardan tashqari, tirik organizmlarni hujayralarida yuzdan ko‘proq nanomotorlar, uchraydilar. Bu nanomotorlar to‘g‘ri chiziqli harakatni ta‘minlab turadilar. Ular, hujayralarni har xil qismlarida joylashgan bo‘lib, bir-birlaridan funksiyalari bilan farq qiladilar. Ba‘zi nanomotorlar birnecha yuzlab qadamlardan iborat bo‘lgan murakkab ta‘sirlarni amalga oshiradilar, ba‘zilari esa, faqat birgina ta‘sirini bajarishga mo‘ljallangan. Oqsilli motorlar bir-birlaridan nafaqat ta‘siri bilan, balki og‘irligi bilan ham farq qiladilar. Hozirgi vaqtda,

oqsillarni uch katta sigmentiga: miozin, dinein, kinezin ga kiruvchi to‘g‘ri chiziqli harakatlanuvchi motorlar jadallik bilan o‘rganilmoqda. Miozin oqsili 1864 yilda, ochilgan bo‘lsada, faqat XX asrning ikkinchi yarmiga kelib, uni mexanik energiyani ishlatishi aniqlangan. **Miozin molekulasi**, oddiy mexanik qo‘l bo‘lib u, bir xil harakatlanishni amalga oshirib, keyin harakat jarayonidan chiqib ketadi.

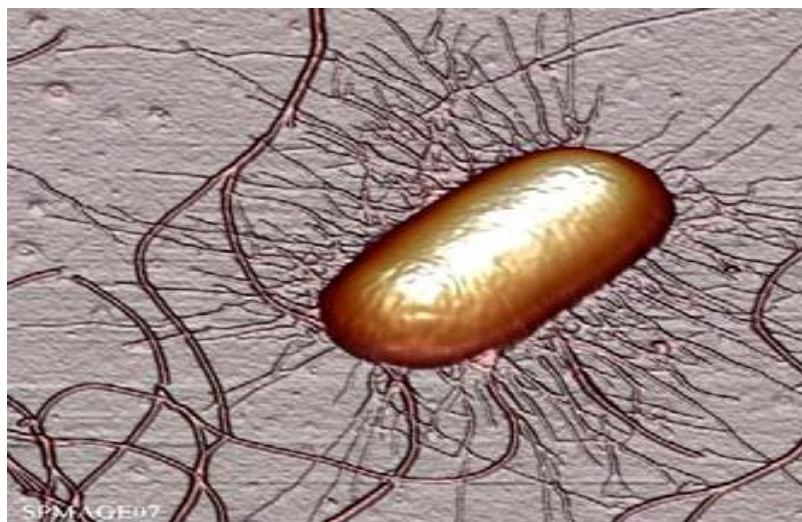


14-rasm. Mushaklarni qisqartirish sxemasi, unda miozin oqsili asosidagi, to‘g‘ri chiziqli harakatlanuvchi oqsilli motor ishtirok etadi: 1 – mushak tolalari; 2 – mushak tolasining maxsus organoidini fragmenti – miofibrillar; 3 – miozin molekulasi

Rasmni pastki (oq - qora) qismida miozinni molekulasini aktin molekulalariga nisbatan  $\frac{1}{2}$  doira to'g'ri chizikli harakati shunday aks ettirilganki, molekulalarni bir-birlarini vaqtinchalik bog'lar ko'priklari hosil qilib "qoplashi ko'payadi".

**Kinezin oqsilini ikki qo'lli nanorobot sifatida qarash mumkin. Bu qo'llar yordamida, u yo'l boshi bo'yicha harakatlanadi.** Yo'l boshi – oqsil ketma-ketligi hisoblanadi. Bu ketma-ketlik, oxirida polyarlangan. Kinezin bo'ylab manfiy polyusdan musbat polyusga qarab harakatlanadi. Kinezinli nanorobotlar har xil tipdagi hujayralarda katta miqdorda uchraydilar.

Bakteriyalarda, masalan ichak tayoqchasida mexanik oqsilli nanoqurilmalarni yana bir qiziq misoli uchraydi.



*15-rasm. Ichak tayoqchasi. E. Coli harakatga keltiruvchi usqurma – xivchinlar – rotorli nanomotorlar hisoblanadilar*

Bu mexanik robotlar guruhi bo'lib, ular o'zlarini, "qo'l – oyoqlarini" harakatlanishi yordamida hujayrani suzib yurishini ta'minlaydi. Bunday robotlarni razmerlarining diametri taxminan 45 nm. Ularni faoliyati hayotiy muhim funksiyani ta'minlaydi, chunki, unchalik qulay bo'lmagan muhitdan yaxshiroq muhitga harakatlanish ichak tayoqchasiga o'xshagan organizmlarni tirik qolishini ta'minlab beradi. Olimlarni aniqlashlariga ko'ra, mexanik robotlarda harakatga keltiruvchi asosiy usqurma rotorli nanomotorlar hisoblanar ekan. Bunda, robotlarni tarkibiga

boshqa qiziq mexanizmlar, masalan, bo‘lakchalarni hisobga oluvchilar, o‘lchovli uskunalar va h.k. Bu robotlarni strukturasi o‘rganish uchun ko‘p ishlar qilish kerak, eng avvalo bunday nanorobotlarni shakllantiradigan 20 xil oqsillar qanday o‘zaro munosbatlarga kirishini aniqlash zarur.<sup>1</sup>

#### **Nazorat savollari:**

1. Qanday sintezlash usullari mavjud?
2. Nanotrubkalar, nanorodlar, nanosimlar, kvant nuqtalari nanoplyonkalar deb nimaga aytiladi?
3. Nanoob’ektlarni kuzatish vositalari nimalardan iborat?

#### **4-mavzu. Skanlovchi zondli mikroskopiya, elektron mikroskopiya, skanlovchi elektron mikroskop, transmission elektron mikroskop. Spektroskopik usullar.**

(2 soat).

#### **REJA:**

1. Skanlovchi zondli mikroskopiya, elektron mikroskopiya.
2. Skanlovchi elektron mikroskop, transmission elektron mikroskop.
3. Spektroskopik usullar.

*Tayanch iboralar: Skanlovchi zondli mikroskopiya, elektron mikroskopiya, spektroskop.*

Tarixda mikroskopni kim ixtiro qilgani haqida aniq ma’lumot yo‘q. Ba’zi ma’lumotlarga ko‘ra, u 1590 yilda ko‘zoynak ustasi YAnssenning otasi va o‘g‘li tomonidan yaratilgan. Mikroskop ixtirochisi unvoniga yana bir da’vogar Galileo Galiley.

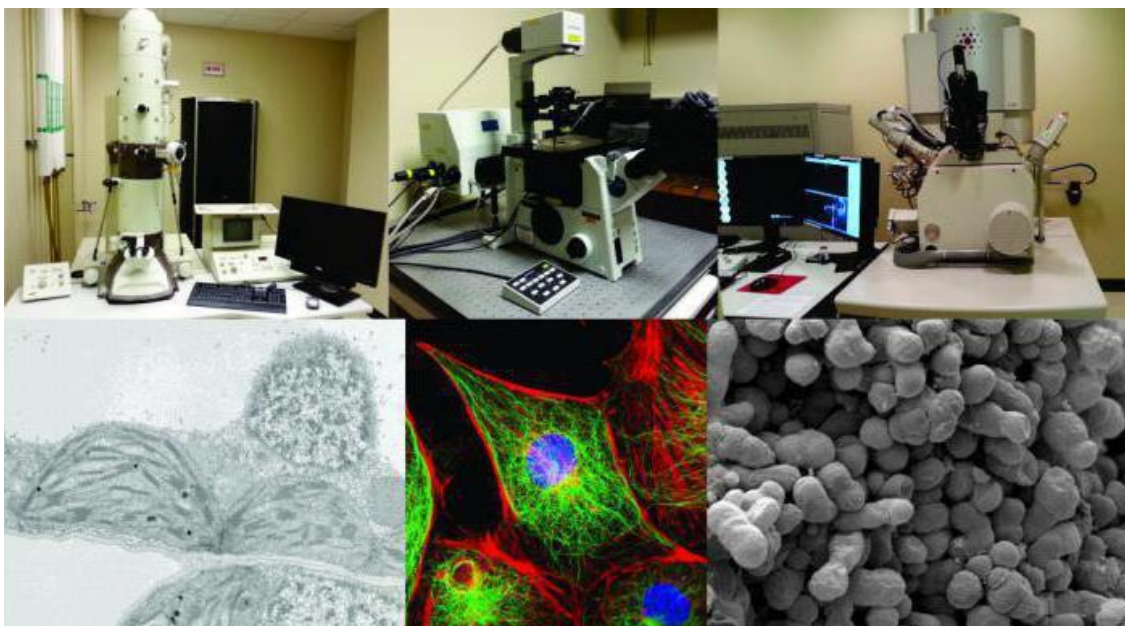


Hozirgi vaqtda kichik o'lchamdagi ob'ektlarni hisobga olish uchun mo'ljallangan turli xil qurilmalar mavjud. Ularning guruhlanishi turli parametrlarga asoslanadi. Bu mikroskopning maqsadi yoki yoritishning qabul qilingan usuli, optik sxema uchun ishlatiladigan struktura va boshqalar bo'lishi mumkin. Ammo, qoida tariqasida, mikroskoplarning asosiy turlari ushbu tizim yordamida ko'rish mumkin bo'lgan mikropartikullarning o'lchamlari bo'yicha tasniflanadi. Ushbu bo'linishga ko'ra, mikroskoplar quyidagilarga bo'linadi:

- optik;
- elektron;
- rentgen tekshiruvi;
- skanerlash.

Mikroskop nima uchun kerak? Inson ko'zi, biologik turdagi maxsus optik tizim bo'lib, ma'lum darajada piksellar soniga ega. Boshqacha qilib aytganda, kuzatilgan ob'ektlar orasida ular hali ham ajralib turishi mumkin bo'lgan eng kichik masofa mavjud. Oddiy ko'z uchun bu o'lcham 0,176 mm. Ammo hayvonlar va o'simliklarning ko'p hujayralari, mikroorganizmlar, kristallar, qotishmalar,

metallar va boshqalar mikro tuzilishi bu qiymatdan ancha kichikdir. Bunday ob'ektlarni qanday o'rganish va kuzatish kerak? Bu erda turli xil mikroskoplar odamlarni qutqarish uchun keladi. Masalan, optik tipdagi qurilmalar elementlarning orasidagi masofa kamida 0,20 mikron bo'lgan tuzilmalarni ajratib olish imkonini beradi.



### Elektron mikroskoplar

Vaqt o'tishi bilan mikroskopik ob'ektlarni tekshirishga mo'ljallangan qurilma tobora takomillashib bormoqda. Bu turdagi mikroskoplar paydo bo'ldi, bunda yorug'lik sinishidan mustaqil bo'lgan mutlaqo boshqacha ishlash prinsipi qo'llanildi. Bunday tizimlar moddaning shunchaki mayda individual qismlarini ko'rishga imkon beradi, ular yorug'lik nurlari shunchaki ular atrofida oqadi.



Elektron turdagi mikroskop nima uchun kerak? Uning yordami bilan hujayralar tuzilishi molekulyar va pastki hujayralar darajasida oʻrganiladi. SHuningdek, bunday qurilmalar viruslarni oʻrganish uchun ham ishlatiladi.

Elektron mikroskopning ishlash prinsipi elektr va magnit maydonlarning xususiyatlariga asoslanadi. Ularning aylanish simmetriyasi elektron nurlarga fokusli taʼsir koʻrsatishga qodir. SHundan kelib chiqqan holda, biz savolga javob berishimiz mumkin: "Elektron mikroskop yorugʻlik mikroskopidan qanday farq qiladi?" Unda optik asbobdan farqli oʻlaroq, linzalar yoʻq. Ularning roli mos ravishda hisoblangan magnit va elektr maydonlarida oʻynaydi. Quvvat kuchayganda yoki pasayganda, qurilmaning fokus uzunligi oʻzgaradi.

Oʻchirish sxemasiga kelsak, elektron mikroskop bilan u yorugʻlik moslamasining kontaktlarning zanglashiga oʻxshaydi. Faqatgina farq shundaki, optik elementlar ularga oʻxshash elektr elementlari bilan almashtiriladi.

Elektron mikroskopdagi ob'ektning ko'payishi, o'rganilayotgan ob'ekt orqali o'tadigan yorug'lik nurining sinishi natijasida sodir bo'ladi. Turli xil burchaklarda nurlar ob'ektivning tekisligiga tushadi, bu erda namuna birinchi marta ko'payadi. Bundan tashqari, elektronlar oraliq ob'ektivga o'tadilar. Unda ob'ekt kattaligining asta-sekin o'zgarishi sodir bo'ladi. O'rganilayotgan materialning yakuniy surati proeksion ob'ektivni beradi. Undan tasvir floresan ekranga kiradi.

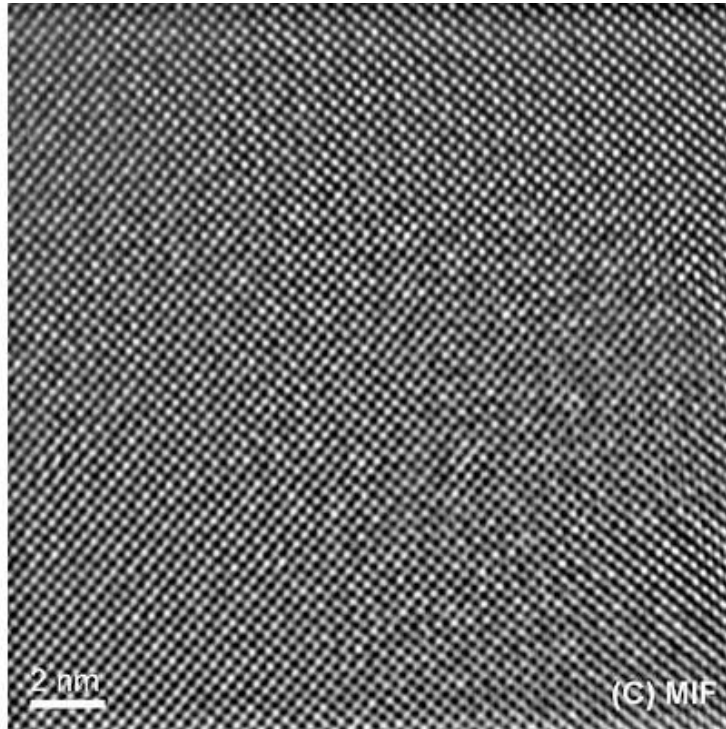
1. *SEM yoki skanerlash elektron mikroskop.* Bunday qurilma sizga bir necha nanometr yuqori aniqlikdagi ob'ekt yuzasini tasvirini olish imkonini beradi. Qo'shimcha usullardan foydalanganda bunday mikroskop sirt qatlamlarining kimyoviy tarkibini aniqlashga yordam beradigan ma'lumot beradi.
2. *Tunnelni ko'rish elektron mikroskopi yoki STM.* Ushbu qurilmadan foydalanib, yuqori fazoviy piksellar soniga ega bo'lgan Supero'tkazuvchilar sirtlarning reliefi o'lchanadi.

### **Transmissiya elektron mikroskopi**

TEM an'anaviy optik mikroskopga juda o'xshash, faqat sinov namunasi yorug'lik (fotonlar) bilan emas, balki elektronlar bilan nurlantiriladi. Elektron nurining to'liq uzunligi fotonga qaraganda ancha qisqa, shuning uchun siz yanada yuqori piksellar sonini olishingiz mumkin.

Elektron nurlari elektromagnit yoki elektrostatik linzalar yordamida yo'naltiriladi va boshqariladi. Ular hatto optik linzalar kabi bir xil buzilishlarga (xromatik aberatsiya) ega bo'lishadi. TEM ning kamchiliklari bor: sinov namunalari juda nozik, 1 mikrondan yupqa bo'lishi kerak, bu har doim ham qulay emas, ayniqsa uyda ishlayotganda. Masalan, sochingizni bo'shliqqa qarash uchun, u kamida 50 qatlam bo'ylab kesilishi kerak. Buning sababi, elektron nurining kirish qobiliyati foton nuriga qaraganda ancha pas. Ammo TEM- yordami bilan (agar harakat qilsangiz) moddaning individual atomlarini ko'rishingiz mumkin.





Kalgari universiteti

**Nazorat savollari:**

1. Mikroskop nima uchun kerak?
2. Elektron mikroskop yorug'lik mikroskopidan qanday farq qiladi?

**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.
3. Vodorod energetikasi, nanogeneratorlar.

**Tayanch iboralar:** *Quyosh elementlari, fotokatalizatorlar, vodorod energetikasi, nanogeneratorlar.*

“Nanotexnologiya” soʻzining oʻzida 2 ta atamani “nano” va “texnologiya” terminlarini koʻramiz. Avval ikkinchi tushunchani aniqlash lozim <sup>1</sup>.

Ensiklopedik lugʻatda “texnologiya” soʻzi quyidagicha tavsiflangan: u yunoncha “techne” – “sanʼat”, “mahorat” va “bilish” + “logos” – “fan” qoʻshma soʻz boʻlib, biror bir mahsulot ishlab chiqarishdagi ishlov berish, tayyorlashni, holati xossasini, shaklini oʻzgartirish jarayonlarining umumlashgan uslubini bildiradi.

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

Koʻrinib turibdiki, texnologiyalar boshlangʻich xom ashyoning tabiatiga koʻra bir-biridan ajralib turadi. Metal (temir) tuzilmalar va informatsiya (maʼlumot) orasidagi kuchli farqlanishlar ularga ishlov berish va oʻzgartirish uslublaridagi farqlarni belgilab beradi<sup>1</sup>

Texnologiyalarni sanab oʻtganimizda “yuqori texnologiyalar” degan tushunchani esga olmaslik mumkin emas. Yuqori texnologiyalar deb nisbatan yaqinda paydo boʻlgan, hamma joyda tarqalib ulgurmagan samarali boʻlgan texnologiyalarni tushunishga oʻrganib qolganmiz. Bu texnologiyalar asosan mikroelektronika sohasiga oid boʻlib, asbob-uskunalarining juda kichik oʻlchami bilan bogʻliq.

Minglab yillar avval ota-bobolarimiz trillionta atomlarga ega boʻlgan toshlarni olib, ulardan milliard, trillionta atomlarga ega boʻlgan qatlamlarini yoʻnib, kamon oʻqlarining oʻtkir uchlarini tayyorlashgan. Ular qiyin boʻlgan ishlarni juda ustalik bilan bajarishgan. Oʻsha uzoq vaqtlarda toshlarni bunday yoʻnish usulini oʻylab topgan odam uni yuqori texnologiya deb ataganda xato qilmagan boʻlardir. Masalan, 15-20 yil avval uyali telefonlarni “high-tech” turdagi

---

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

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

uskunalar 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.

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].

E’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 erda ishlashimiz) mumkinmi? Bizning barmoqlarimiz nanomasshtab uchun juda ham kattalik qiladi-ku. Bu savol zamonaviy nano fanining jumbog'i bo'lsa kerak. Bu jumboqni echishning 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), molekulyar 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'zolari 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].

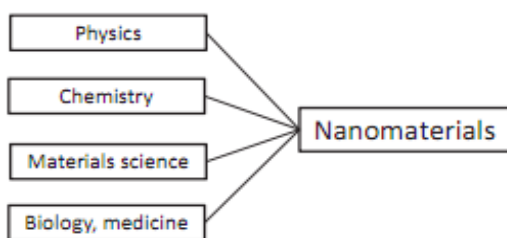


Figure 1.1 To understand and apply nanomaterials, besides knowledge on materials science, a basic understanding of physics and chemistry is necessary. As many applications are connected to biology and medicine; knowledge in these fields are also of advantage.

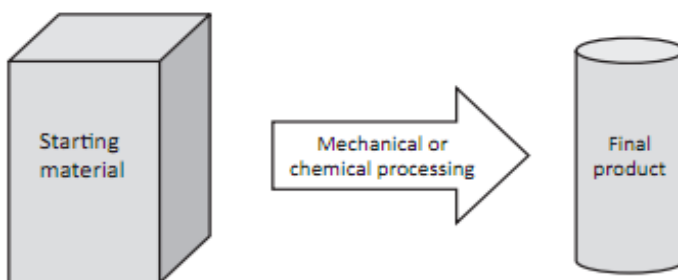


Figure 1.2 Conventional goods are produced by top-down processes, which start from bulk material. Using mechanical or chemical processes, the intended product is obtained.

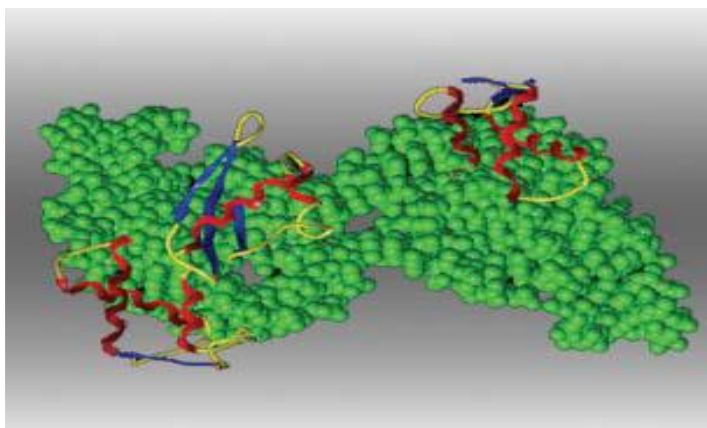
## 1-rasm. Nanotexnologiya asoslari <sup>1</sup>

**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.

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

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 mumkin. 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.



a

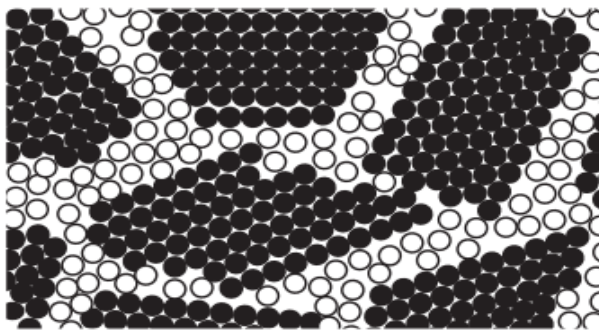


Figure 3.2 Nanocrystalline material. The full circles represent atoms in the crystallized phase, whereas the open circles represent atoms at the grain boundary.

b

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

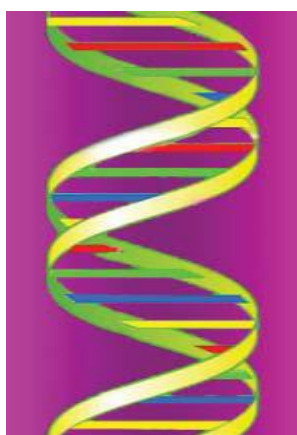
Har bir oqsil zanjiri *faqat shu oqsilgagina* xos bo'lgan, faqat ma'lum bir sondagi va aminokislotalar kombinatsiyasidan qurilgan ketma-ketlikdagi u yoki bu oqsilga harakterli bo'lgan aminokislotalar yagona kombinatsiyasigina ularning kimyoviy va biologik xossalarini belgilab beradi. Bir dona aminokislota zanjirining o'rni o'zgartirilishi, almashtirilishi yoki yo'qotilishi oqsil molekulari 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 <sup>1</sup>.

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

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

nanometrdir. Irsiy ma'lumotni tashuvchi DNK qo'sh spiralini topgani uchun 1962 yilda olimlar Uotson va Krik Nobel mukofotiga sazovor bo'ldilar.



a

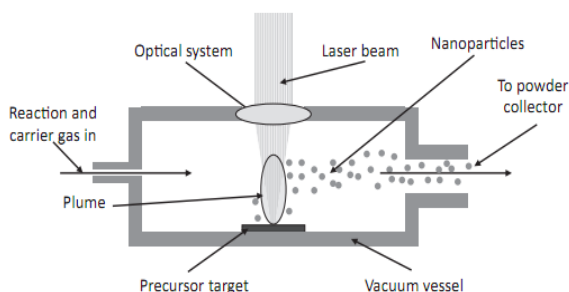


Figure 4.11 Schematic drawing of the experimental setup for nanoparticle synthesis applying laser ablation. The pulsed laser beam is focused at the surface of the precursor target that may be a metal or an oxide. The high-intensity laser beam causes a plume, a supersonic jet of evaporated

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 qilinishi (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.

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 etarli 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 Erda 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 qaytarilaveradi. Huddi kitob yoki gazeta nashr ettirilayotganda, matritsada 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 etkaziladi. 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.

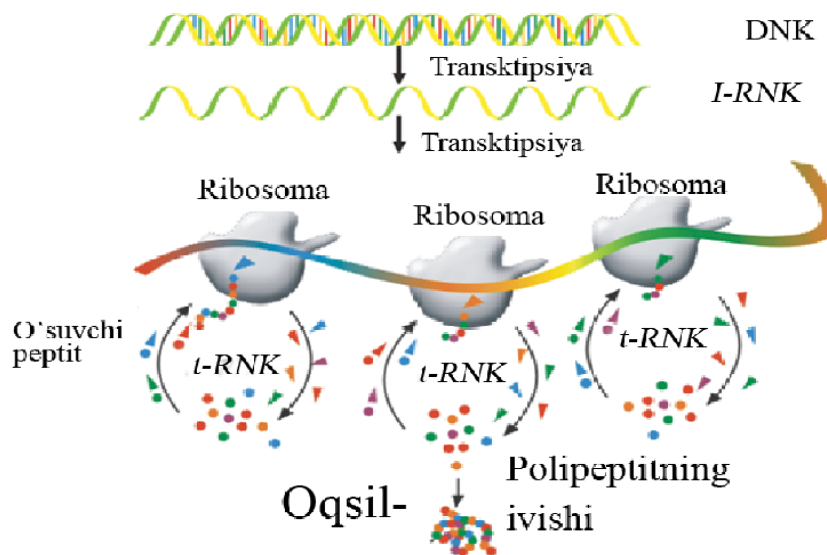
**Perfokarta** – eski hisoblash mashinalarida dastur yozish uchun ma'lum bir joylarida yorug'lik nuri o'tishi uchun teshikchalar qilib qo'yilgan qattiq qog'oz bo'lagi yoki tasmasi.

I-RNK molekulasi unga yozilgan dastur bilan ribosoma tomon yo'naladi, u erda 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.

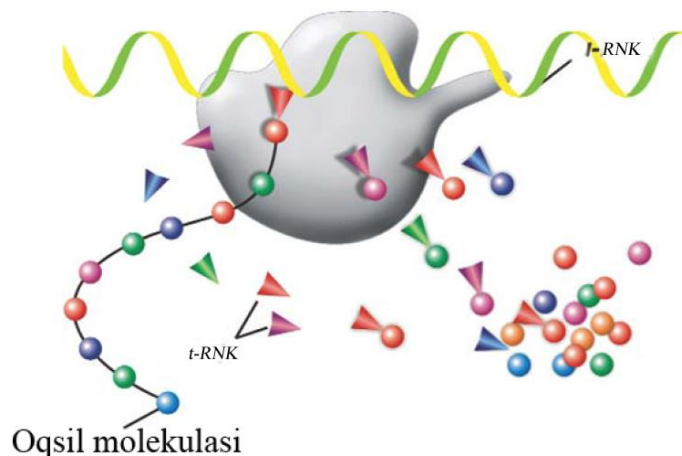
Oqsil molekulasi qurilishi davomida ribosoma i-RNK bo'ylab “o'rmaydi” va shu i-RNKga dasturlashtirilgan oqsilni sintezlaydi. I-RNK bo'ylab ribosoma

qancha uzoqqa ko‘chib borsa, 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 etganida sintez tugaydi.



4-rasm. Ribosoma oqsilining sintez jarayoni

Endi ribosomaning ishlash mexanizmiga 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 molekulasi “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 erda 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 molekulasi hujayraning shu turdagi oqsil zarur boʻlgan tomoniga yoʻnaladi, ribosoma esa boshqa ixtiyoriy i-RNK tomon yoʻnaladi (ribosoma har qanday oqsilni sintezlay oladi; oqsil характери faqat i-RNK matritsasiga bogʻliq boʻladi).

Shunday qilib, ribosomalar oqsil va RNKdan qurilgan nanomashinalar murakkab molekulalar qurilishga dasturlashtirilishi mumkinligini, yaʼni ular hohlangan molekulyar tuzilmalar ishlab chiqarish uchun tabiiy assemblerlar (atomlar yigʻuvchi) boʻlishini tasdiqladi <sup>2,3</sup>

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.*

Gen injenerlari hozir biologik tabiiy materiallar: aminokislotalar, oqsillar, DNK molekulari va boshqalardan foydalanib, birinchi eksperimental sun'iy nanomashinalar qurishga harakat qilishmoqda. Ammo, biologiksimon nanomashinalar – bu organikadir va ularning imkoniyatlari chegaralangan bo'ladi. Ular yuqori temperatura va bosimda barqarorlikni yo'qotadi yoki buzilib ketadi, 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".

### **Nanofizikaning nanoob'ektlar 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'ektlarni 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 erda – 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 byudjetidan 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 extiyojidan 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 engib 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 <sup>1</sup> 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

---

<sup>1</sup> Dieter Vollath *Nanoparticles-Nanocomposites-Nanomaterials. An introduction for beginners.* – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.KGAA, Boschstr. Weinheim, Germany, 2013. – P. 322.

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 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.

***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.

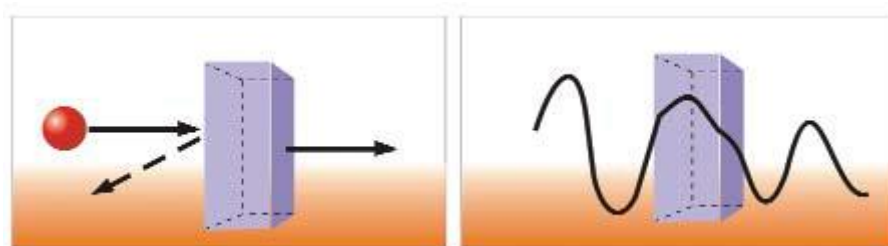
Klassik mexanika nuqtai nazaridan ma'lumki,  $E < V_0$  energiyaga ega bo'lgan hech qanday moddiy jism  $V_0$  balandlikdagi potensial to'siqdan o'ta olmaydi. Masalan, koptokni moddiy jism deb hisoblasak, potensial to'siq – bu juda baland devor bo'lsa, koptokni devor tomonga etarli darajada baland tashlanmasa, uning energiyasi oldinda turgan devordan oshib o'tib ketishiga etmaydi 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 engib (o‘shib) 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.

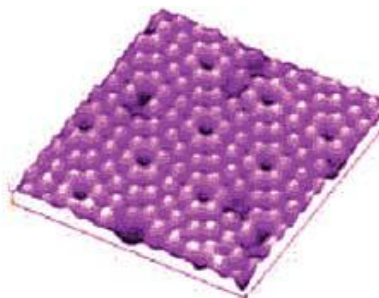
Agar ikkita o‘tkazuvchi material olib ularni bir-biridan 0,5 nm masofada joylashtirib, ularni potentsiallarning nisbatan kichik farqi (0,1-1 V) bilan qo‘shib qo‘ysak, unda ular o‘rtasida tunnel effekti natijasida paydo bo‘lgan va tunnel toki deb ataladigan elektr toki paydo bo‘ladi.

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 etmagan ba'zi bir nashiryotlar Bining va Rorerlarning maqolasini, ixtirolariga berilgan ta'rifni uncha qiziqish uyg'otmaydi degan bahona bilan nashr etish uchun qabul qilmaganlar.



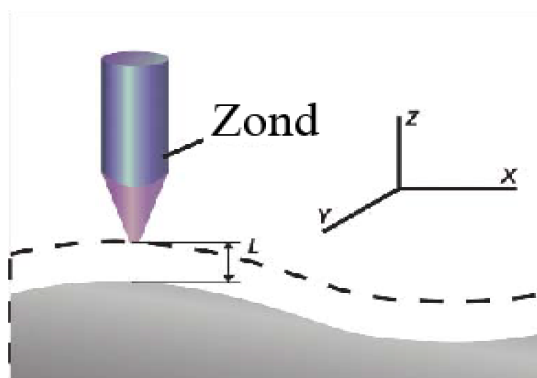
8-rasm. STMda monokristall kremniyning ustki ko'rinishi

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 gorizonta tekislik boʻylab harakatlanadi, tunnel tok esa oʻzgaradi (1.10a rasm). Sirtning barcha nuqtasida oʻlchangan tunnel tok kattaligi haqidagi maʼlumotlardan kelib chiqib namuna qiyofasi koʻrinishi quriladi.

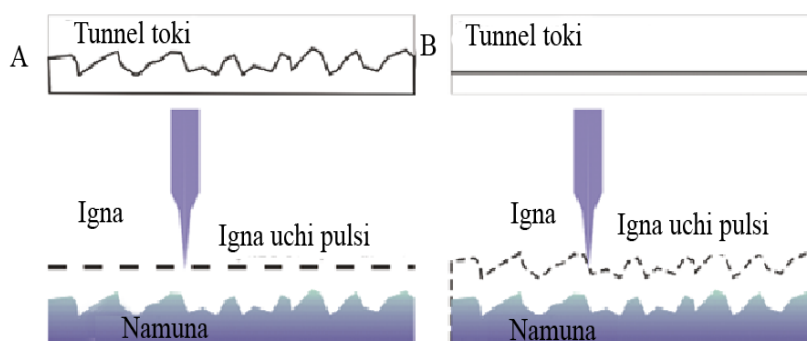
STMning *doimiy tok tartibida* teskari bogʻlanish tizimi ishga tushiriladi. Bunda doimiy tunnel tokni tekshiruvchi uskuna balandligini sirtning har bir nuqtasiga moslashtirish yoʻli bilan quyilib turiladi (10, b rasm).

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

STMning eng zarur qismi bu mexanik manipulyatoridir, u zondni nanometrning mingdan bir boʻlaklari aniqligida sirt ustida harakatlanishini taʼminlashi lozim. Odatda mexanik manipulyatorni pezokeramik materialdan tayyorlanadi.

Bunday materialning qiziq hususiyati uning *pezoefektidir*. Uning maʼnosi quyidagidan iborat: pezomaterialdan toʻgʻri burchakli toʻsin kesib olib, qarama-qarshi tomonlariga metall elektrodlar surkalsa va ularga potentsiallar farqi qoʻyilsa, unda tok taʼsiri ostida toʻsinning geometrik oʻlchamlari oʻzgarishi yuz beradi. Va uning teskarisi: toʻsinda kichkinagina boʻlsada 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.

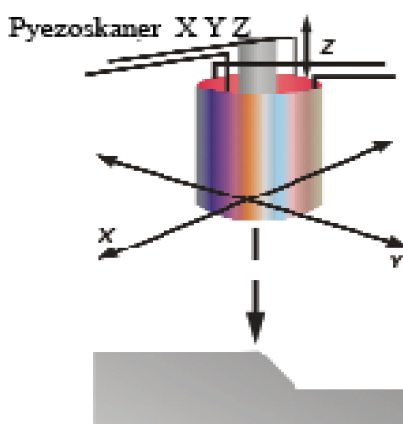


10-rasm. STMning ishlash tartibi (rejimi)

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.

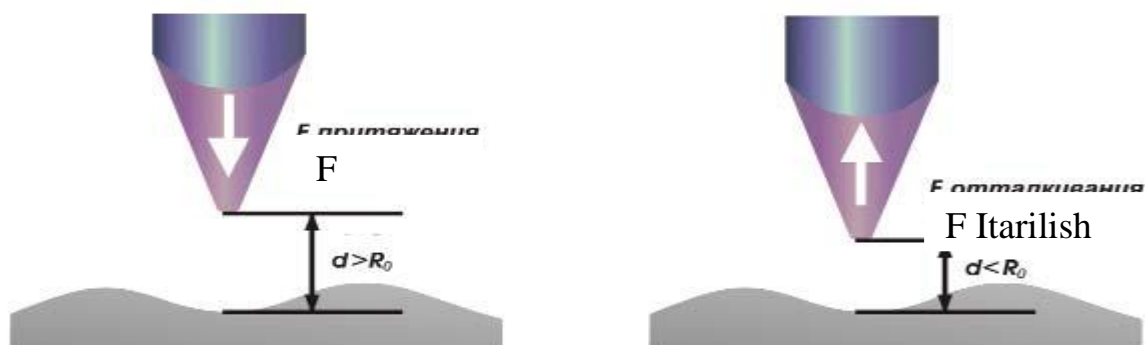
Tunnel mikroskopining kashf etilishi sirtlarni atom darajasida o‘rganishga imkon berdi. Ammo bu asbob bir qator cheklanishlarga ham ega. Tunnel effektiga asoslanganligi uchun u faqat elektr tokini yaxshi o‘tkazadigan materiallarni o‘rganishdagina qo‘llanishi mumkin.



11-rasm. Pezomanipulyatorning sxemasi

Ammo, rivojlanish, o'sish 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'otmoqda<sup>3</sup>.

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).

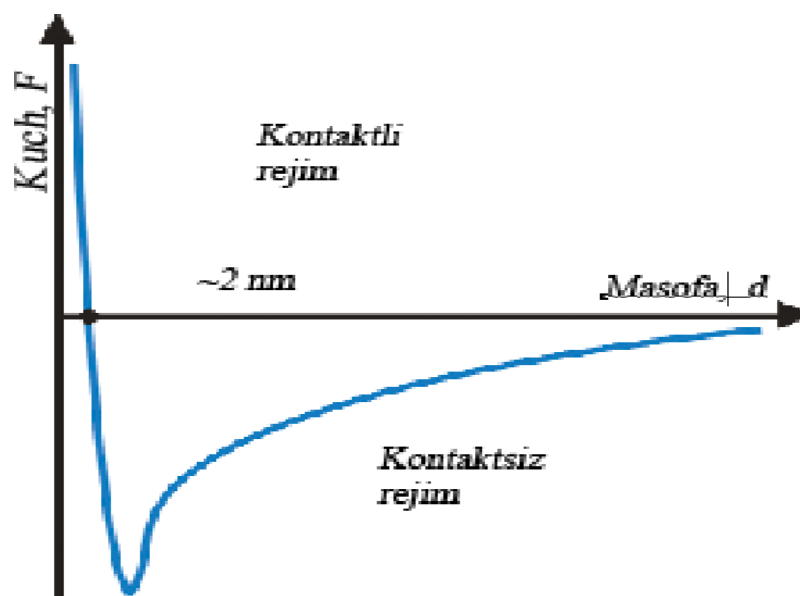


12-rasm. AKMning ishlash prinsipi

Tadqiqotlar uchun yaratilgan atomiy- kuch mikroskopda bunday ikki jism o'rganilayotgan sirt va uning ustida sirpanayotgan igna uchi bo'ladi. AKMda zond sifatida olmos ignadan foydalaniladi. Sirt va igna uchi o'rtasidagi F kuchi o'zgarganda unga biriktirilgan prujina og'adi va u datchik tomonidan qayd qilinadi. Elastik elementning (prujinka) og'ish kattaligi sirtning reliefi haqidagi ma'lumotga ega bo'ladi.

13-rasmda atomlararo kuchning igna uchi va namuna o'rtasidagi masofaga bog'liqligi egri chizig'i ko'rsatilgan.

<sup>3</sup> . Mustafa Akay. *Introduction to Polymer Science and Technology & Ventus Publishing ApS, 2012, - P.169.*



13-rasm. Namuna va zond uchidagi atom o'rtasidagi ta'sir kuchini ular orasidagi masofaga bog'liqligi

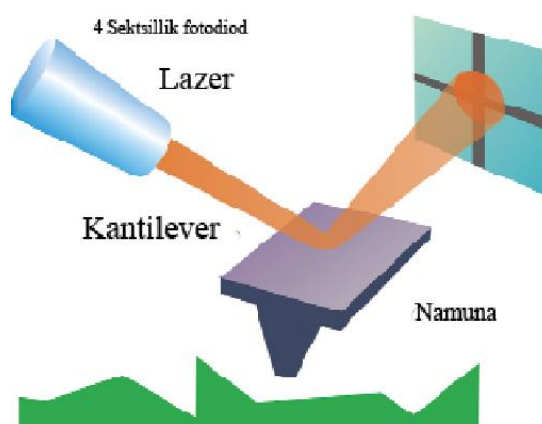
Igna sirtga yaqinlashgani sari uning atomlarining namuna atomlariga tortilishi kuchayib boraveradi. Igna va sirtning tortishish kuchi to ularning elektron "bulutlari" elektrostatik ravishda bir-biridan itarishish xolatiga kelguncha davom etaveradi, yana ham yaqinlashishganda elektrostatik itarish kuchi 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 alyuminiyli 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 molekulyar o'tkazgichli va izolyatorlik hossalari tekshirishga imkon yaratadi.

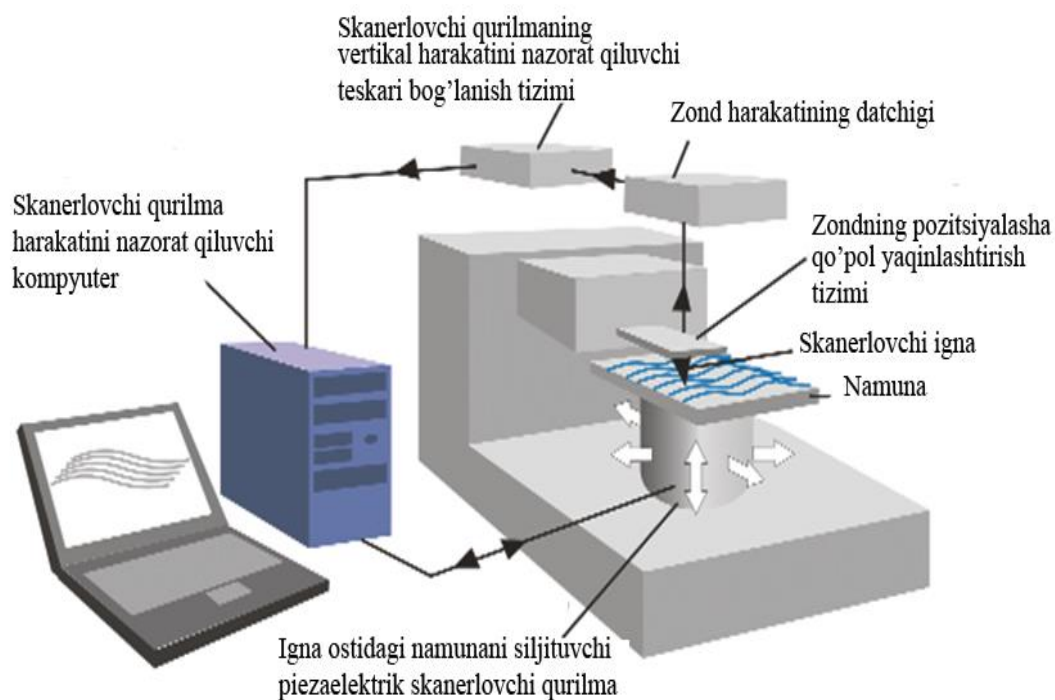
Zondli mikroskopiyaning rivojlanishi ta'riflangan qonuniyatlar amalda zond uchining sirt bilan o'zaro ta'sirlashishining har qanday turida ham qo'llanilishi mumkinligini ko'rsatib berdi. Bu esa umumiy nomi tekshiruvchi zond mikroskoplari (TZM) deb ataluvchi mikroskoplarning kichik-kichik namunalarini ham yaratilishiga olib keldi<sup>2</sup>. Bugungi kunda ularning quyidagi turlari ma'lum:

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

---

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

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 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'ektlarni *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 xolda 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.

#### **Nazorat savollari:**

1. Nanotexnologiyalarni energetika va atrof muhit himoyasidagi ahamiyati qanday?.
2. Quyosh elementlari ishlash prinsipi nimalardan iborat?
3. Tunnel effektini tushuntiring.

#### IV. AMALIY MASHG‘ULOTLAR MATERIALLARI

O‘quv mashg‘ulotlarni tashkil etish bo‘yicha kafedra professor- o‘qituvchilari tomonidan ko‘rsatma va tavsiyalar ishlab chiqiladi. Unda pedagog kadrlarni qayta tayyorlash va malaka oshirish kursi tinglovchilari asosiy ma’ruza mavzulari bo‘yicha olgan bilim va ko‘nikmalarini mashg‘ulotlar olib borish jarayonida yanada boyitadilar. SHuningdek, darslik va o‘quv qo‘llanmalar asosida tinglovchilar bilimlarini mustahkamlashga erishish, tarqatma materiallardan foydalanish, ilmiy maqolalar va tezislarni tayyorlash orqali tinglovchilar bilimini oshirish, mavzular bo‘yicha ko‘rgazmali qurollar tayyorlash va boshqalar tavsiya etiladi.

Amaliy mashg‘ulotlarda tinglovchilar o‘simliklar biotexnologiyasi asoslaridan olgan nazariy bilimlarni mustaxkamlashi, amaliy mashg‘ulotlar bajarilishi mumkin. Olingan bilim va ko‘nikmalar darsliklar, qo‘llanmalar, ma’ruza materiallari, ilmiy maqola va tezislar yordamida, tarqatma materiallardan foydalanilgan xolda mustaxkamlanadi.

#### 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).

Zonalar nazariyasi, metall, dielektrik va yarimo‘tkazgichlar haqida tushincha, metall, yarimo‘tkazgichlarda elektr tokiga doir masalalar echish.

**2-amaliy mashg‘ulot.** Nanostrukturalarda fundamental elektron hodisalar, kvant o‘lcham effektlari. Kvant chegaralanishi. Nanoob’ektlarni sintezlash usullari, “yuqoridan-pastga” va “pastdan-yuqoriga” texnologiyalar, fotolitografiya. (2 soat).

Nanostrukturalarda fundamental elektron hodisalar, kvant o'lcham effektlari, kvant chegaralanishi, nanoob'ektlarni sintezlash usullari, "yuqoridan-pastga" va "pastdan-yuqoriga" texnologiyalar, fotolitografiyaga doir masalalar echish.

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

Kimyovaiy va fizik sintezlash usullari, nanotrubkalar, nanorodlar, nanosimlar, kvant nuqtalari nanoplyonkalar, nanoob'ektlarni kuzatish vositalariga doir masalalar echish.

**4-amaliy mashg'ulot.** Skanlovchi zondli mikroskopiya, elektron mikroskopiya, skanlovchi elektron mikroskop, transmission elektron mikroskop. Spektroskopik usullar. (2 soat).

Skanlovchi zondli mikroskopiya, elektron mikroskopiya, skanlovchi elektron mikroskop, transmission elektron mikroskop, spektroskopik usullarga doir masalalar echish.

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

Nanotexnologiyalarni energetika va atrof muhit himoyasida qo'llash, yangi avlod Quyosh elementlari, fotokatalizatorlar, vodorod energetikasi, nanogeneratorlarga doir masalalar echish.

## **KO'CHMA MASHG'ULOT MAZMUNI**

**1-Ko'chma mashg'ulot.** Kimyovaiy va fizik sintezlash usullari. Nanotrubkalar, nanorodlar, nanosimlar, kvant nuqtalari nanoplyonkalar. Nanoob'ektlarni kuzatish vositalari. (2 soat).

**2-Ko'chma mashg'ulot.** Nanotexnologiyalarni energetika va atrof muhit himoyasida qo'llash. Yangi avlod Quyosh elementlari, fotokatalizatorlar, vodorod energetikasi, nanogeneratorlar. (2 soat).

FarDU “Fizika” kafedrası o‘quv-ilmiy laboratoriyasida materiallarni sintez qilish, yupqa nanoo‘lchamli qatlamlar olish jarayonlari, Virtual reallik (Virtual Real) bo‘yicha maxsus dasturlar bilan tanishish va ko‘rish.

## V. KEYSLAR BANKI

### 1.Keys. Nanotexnologiyalarni rivojlantirishning asosiy yo‘nalishlari O‘zbekistonda nimalardan iborat?

*Nima uchun? Ushbu echimni shakllantiring va asoslab bering?*

### 2.Keys

*«Nanomateriallarning yuqori samarali xossalarga ega ekanligi ma’lum, ammo bunday ko‘z bilan ko‘rib bo‘lmaydigan materiallarning xossalari qanday aniqlanadi»*

Ma’lumki nanomateriallar asl o‘lchamini elektron mikroskoplar orqali aniqlash mumkin. Uning xossalarini aynan o‘lchami bog‘liq ekanligi btlish uchun o‘sha diapazonda xos tadqiqotlar yoki tekshiruvlar o‘tkazish lozim bo‘ladi. SHu bois maxsus sinov qo‘lmalari kerak bo‘ladi. Lekan nanomateriallar asosida mikro- yoki undan kattaroq materiallar shakllantirilsa ularni xossalari aniqlash imkoniyati oshadi. Bunday yo‘l tutilgan aniqlangan xossa nano materialga tegishlimi yoki mikromaterialgami degan savol vujudga keladi. Bunday muammoli vaziyatni bartaraf etish jiddiy ilmiyo yondashishni taqazo etadi.

*Ushbu muammoli vaziyatni bartaraf etish bo‘yicha o‘z fikringizni bildiring.  
Nanomaterialning noyob xossalarini to‘g‘ridan to‘g‘ri aniqlab bo‘ladimi?*

### Mustaqil ta’lim mavzulari

1. Zamonaviy materialshunoslik tasnifi (klassifikatsiyasi)
2. Materialshunoslik fizikasining ustuvor va istiqbolli yo‘nalishlarini o‘qitish.
3. Zamonaviy materialshunoslikda ilg‘or rivojlanish tendensiyalari
4. Zamonaviy materialshunoslikning tayanch fanlari va ularning bir biri bilan uzviy bog‘liqligi
5. “Materialshunoslik tarixi: o‘tmishi, buguni va ertasi” mavzusini o‘qitishda innovatsion pedagogik texnologiyalardan foydalanish.

6. “Materiallarning maxsus va noyob fizik xossalari hamda ularning namoyon bo‘lish prinsiplari” mavzusini o‘qitishda ilg‘or pedagogik texnologiyalardan foydalanish
7. “Metall materiallar fizikasi va ularning insoniyat taraqqiyotidagi o‘rni” mavzusini o‘qitishda zamonaviy yondashuvlar.
8. Materialshunoslik fizikasi va muxandisligining uzviyligi
9. “Keramik materiallar fizikasi va ularning amaliy ahamiyatlari” modulini o‘qitishda ilg‘or ta‘lim texnologiyalaridan foydalanish
10. “Polimer materiallar fizikasi va uning polimerlar kimyosi va texnologiyalari fanlari bilan bog‘liqligi” mavzusini o‘qitishda innovatsion ta‘lim texnologiyalaridan foydalanish
11. Polimer kompozitlar va ularning ustuvor jihatlari
12. Metall-keramik va polimer-metall komplekslar va kompozitlar.
13. Kompozitlarda matritsalar, to‘ldiruvchilar va plastifikatorlarning roli va ularning fizik xossalarni boshqarish imkoniyatlari
14. Aqlli (smart) materiallar fizikasi va ularning noyob jihatlari
15. Materiallarda xotira tushunchasi va uning namoyon bo‘lish prinsiplari
16. Elektronik materiallar va ularning zamonaviy kompyuter texnologiyalaridagi o‘rni.
17. Nanoob‘ektlar va ularning fizik tavsiflari va amaliy qo‘llanish imkoniyatlari
18. Nanozarrachalar va nanostrukturalarning shakllanish usullari va nanotexnologiyalar.
19. Zamonaviy materialshunoslikda nanofizika va nanomaterialshunoslik o‘rni va

istiqbollari

20. Materiallar morfologiyasi va uning amaliy ahamiyati.
21. Materiallar shaffofligi, izotrop va anizotropik xossalari va ularning namoyon bo'lishi prinsiplari
22. YUqori elastik materiallar va ularning amaliyatda qo'llanish istiqbollari
23. Nanotolali noto'qima materiallar shakllanishi va ularning amaliy qo'llanish imkoniyatlari.
24. Keramik kompozitlar, o'tga chidamli materiallar va ularning ishlab chiqarish prinsiplari va istiqbollari
25. Nanoo'lchamli materiallarda elektrofizik va magnitik xossalari namoyon bo'lishining o'ziga xos jihatlari.
26. Respublikamizda jadal rivojlanayotgan materialshunoslik sohalari
27. Quyosh energiyasidan foydalanishda materialshunoslik fanlari va texnologiyalarning imkoniyatlari. Quyosh elementlari.
28. Bioparchalanuvchin materiallar va ularning tabiatdagi muhim o'rni
29. YAngi avlod materiallari va ularni yaratish imkoniyatlari
30. Noyob materiallar va ularning qayta ishlashning istiqbolli yo'llari.

## VI. GLOSSARIY

Termin	O‘zbek tilidagi sharhi	Ingliz tilidagi sharhi
Action	ilovada Intent orqali jo‘natiluvchi xabar	A description of something that an Intent sender wants done. An action is a string value assigned to an Intent.
Activity	ilovaning bironta oynasi (interfeys) boshqaruvchi Java fayl	A single screen in an application, with supporting Java code, derived from the Activity class.
Crocodile Physics	dasturi kuchli simulyator bo‘lib, fizik jarayonlarni modellashtirish va fizikaning mexanika, elektr zanjirlar, optika va to‘lqin hodisalari bo‘limlariga oid tajribalar yaratish va kuzatish imkoniyatini beruvchi dasturdir	a simulator that lets you model a range of models in electricity, motion and forces, optics and waves. Crocodile Physics can be used either on whiteboards or by individual students.
Delphi	dasturlash tillaridan biri. Borland firmasi tomonidan ishlab chiqarilgan.	Delphi from Borland competes with Visual Basic as an offering for an object-oriented, visual programming approach to application development.
Design of Experiments	immitatsion model yordamida kam mablag‘ sarflab asoslangan xulosalar olishni rejalashtirish jarayoni	the process of formulating a plan to gather the desired information from a simulation model at minimal cost and to enable the analyst to draw valid inferences.



Dialog	foydalanuvchi interfeys uchun muloqot oynasi	A floating window that acts as a lightweight form.
Dynamic model	ularning holati vaqtga bog'liq o'zgaradi	Describes the behaviour of a distributed parameter system in terms of how one qualitative state can turn into another.
Elearning	Elektron ta'lim — axborot-kommunikatsiya texnologiyalari asosidagi ta'limning turli ko'rinishlarini anglatuvchi keng tushunchadir	eLearning is learning utilizing electronic technologies to access educational curriculum outside of a traditional classroom
GUI	Foydalanuvchi grafik interfeysi	Graphic User Interface.
JDK (Java Development Kit)	Java dasturlash tili uchun kutubxona	The Java Development Kit (JDK) is a software development environment used for developing Java applications and applets.
Linear Model	Jarayonlarni chiziqli yoritish. Masalan, $y = 3x + 4z + 1$ tenglama chiziqli model.	The one, which describes relationships in linear form. The equation $y = 3x + 4z + 1$ is a linear model.
Model	tadqiq etilayotgan ob'ektda natur eksperimentni amalga oshirishning imkoni bo'lmagan, vaqt davomiyligi katta, qimmat, havfli bo'lgan hollarda, real ob'ekt o'rniga almashtirish usuli.	a representation and abstraction of anything such as a real system, a proposed system, a futuristic system design, an entity, a phenomenon, or an idea.
Modeling	ob'ekt xossalari haqida axborotlar olish maqsadida modellarni yaratish va o'rganish jarayoni	the act of constructing a model. Modeling is an artful balancing of opposites; on the one hand, a model should not contain unnecessary details and become needlessly complex and difficult to analyze, on

		the other hand, it should not exclude the essential details of what it represents.
Numerical Model	tadqiq etilayotgan fizik jarayonni aks ettiruvchi differensial tenglamani echishga, ya'ni fizik kattaliklarni aks ettiruvchi parametrlarning ma'lum qiymatlarida uni bevosita hisoblashga mo'ljallangan	the one which is solved by applying computational procedures.
Object	Sistemadagi o'rganilayotgan element	denotes an element of interest in the system.
OS (Operating System)	Operatsion tizim. Qurilmadagi eng muhim dastur	Operating System. The most important program on a device.
PhET	Kolorado universiteda ishlab chiqilgan dastur. Unda fizika, ximii, biologiya va boshqa fanlar bo'yicha jami 100 dan ortiq namoyishlar keltirilgan.	(Physical education technology). free, interactive, research-based science and mathematics simulations
Resources	ilova uchun kerakli bo'lgan resurslar (rasm, audio, video va boshqa fayllar)	Nonprogrammatic application components that are external to the compiled application code, but which can be loaded from application code using a well-known reference format.
Simulation	o'rganilayotgan ob'ektlarni ularning modellarida tadqiq etish; real mavjud ob'ekt modelini ishlab chiqish va o'rganish, hodisalarni tushuntirish, bashorat qilish jarayoni	the act of executing, experimenting with or exercising a model for a specific objective such as acquisition, analysis (problem solving), education, entertainment, research, or training.
Static Model	vaqt bo'yicha o'zgarmas model;	the one which describes relationships that do not

		change with respect to time.
System	bir butunlikni tashkil etuvchi komponentlarning ma'lum izchillikdagi o'zaro bog'lanishlari va ta'sirlari	any collection of interacting elements that operate to achieve some goal.
Visual Basic	Microsoft korporatsiyadan dasturlash tili va uning uchun dasturlash muhitidir	Visual Basic (VB) is a programming environment from Microsoft in which a programmer uses a graphical user interface (GUI) to choose and modify preselected sections of code written in the BASIC programming language.

## VII. FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

### I. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining asarlari

1. Mirziyoev SH.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz. – T.: “O‘zbekiston”, 2017. – 488 b.
2. Mirziyoev SH.M. Milliy taraqqiyot yo‘limizni qat’iyat bilan davom ettirib, yangi bosqichga ko‘taramiz. 1-jild. – T.: “O‘zbekiston”, 2017. – 592 b.
3. Mirziyoev SH.M. Xalqimizning roziligi bizning faoliyatimizga berilgan eng oliy bahodir. 2-jild. T.: “O‘zbekiston”, 2018. – 507 b.
4. Mirziyoev SH.M. Niyati ulug‘ xalqning ishi ham ulug‘, hayoti yorug‘ va kelajagi farovon bo‘ladi. 3-jild.– T.: “O‘zbekiston”, 2019. – 400 b.
5. Mirziyoev SH.M. Milliy tiklanishdan – milliy yuksalish sari. 4-jild.– T.: “O‘zbekiston”, 2020. – 400 b.

### II. Normativ-huquqiy hujjatlar

6. O‘zbekiston Respublikasining Konstitutsiyasi. – T.: O‘zbekiston, 2018.
7. O‘zbekiston Respublikasining 2020 yil 23 sentyabrda qabul qilingan “Ta’lim to‘g‘risida”gi O‘RQ-637-sonli Qonuni.
8. O‘zbekiston Respublikasining “Korrupsiyaga qarshi kurashish to‘g‘risida”gi Qonuni.
9. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2015 yil 12 iyun “Oliy ta’lim muasalarining rahbar va pedagog kadrlarini qayta tayyorlash va malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-4732-sonli Farmoni.
10. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevral “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida”gi 4947-sonli Farmoni.
11. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 20 aprel "Oliy ta’lim tizimini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-2909-sonli Qarori.

12. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018 yil 5 iyun “Oliy ta’lim muassasalarida ta’lim sifatini oshirish va ularning mamlakatda amalga oshirilayotgan keng qamrovli islohotlarda faol ishtirokini ta’minlash bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-3775-sonli Qarori.

13. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018 yil 21 sentyabr “2019-2021 yillarda O‘zbekiston Respublikasini innovatsion rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-5544-sonli Farmoni.

14. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 27 may “O‘zbekiston Respublikasida korrupsiyaga qarshi kurashish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PF-5729-son Farmoni.

15. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 17 iyun 16 “2019-2023 yillarda Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universitetida talab yuqori bo‘lgan malakali kadrlar tayyorlash tizimini tubdan takomillashtirish va ilmiy salohiyatini rivojlantiri chora- tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-4358-sonli Qarori.

16. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 27 avgust “Oliy ta’lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining uzluksiz malakasini oshirish tizimini joriy etish to‘g‘risida”gi PF-5789- sonli Farmoni.

17. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 8 oktyabr “O‘zbekiston Respublikasi oliy ta’lim tizimini 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-5847- sonli Farmoni.

18. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 29 oktyabrdagi “Ilm-fanni 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-6097-sonli Farmon.

19. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019 yil 23 sentyabr “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 Qarori.

### **III. Maxsus adabiyotlar**

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

21. Andi Klein and Alexander Godunov. "Introductory Computational Physics". Cambridge University Press 2010.
22. David Spencer "Gateway", Students book, Macmillan 2012.
23. Dieter Vollath Nanoparticles-Nanocomposites-Nanomaterials. An introduction for beginners. – Wiley-VCH VerlagGmbH&Co.KGaA, Boschstr. Weinheim, Germany, 2013. – P. 322.
24. English for Specific Purposes. All Oxford editions. 2010, 204.
25. Harvey Gould, Jan Tobochnik, Wolfgang Christian. "An introduction to computer simulation methods. Applications to Physical Systems". Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley, 2007.
26. <http://phet.colorado.edu>
27. Isabel Gedgrave "Modern Teaching of Physics". 2009
28. Lindsay Clandfield and Kate Pickering "Global", B2, Macmillan. 2013. 175.
29. Mitchell H.Q. "Traveller" B1, B2, MM Publications. 2015. 183.
30. Mitchell H.Q. MarileniMalkogianni "PIONEER", B1, B2, MM Publications. 2015. 191.
31. Mustafa Akay. Introduction to Polymer Science and Technology & Ventus Publishing ApS, 2012, - P.169.
32. Rolf Klein. Material Properties of Plastics, - Wiley-VCH VerlagGmbH&Co. KGaA, Boschstr. Weinheim, Germany, 2011. – P. 68. 17
33. S. SitiSuhaily, 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.
34. S.M.Lindsay, Introduction to nanoscience, Oxford University Press, 2010
35. Steve Taylor "Destination" Vocabulary and grammar", Macmillan 2010.
36. Thomas Hanemann. Polymer-Nanoparticle composites: From Synthesis to Modern Applications. – Materials, 2010. – P.50.
37. ViatcheslavMukhanov, Physical Foundations of Cosmology Cambridge University Press, 2012, DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511790553> 38.

Vittorio Degiorio, PariaCristiani /Photonics. A short course/ Springer International Publishing Switzerland 2014.

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

40. Arxangelskaya I.V., Rozental I.L., Chernin A.D. Kosmologiya i fizicheskiy vakuum. Izd. stereotip. URSS. 2020. 214 s. ISBN 978-5-396- 00993-6.

41. Асекретов О.К., Борисов Б.А., Бугакова Н.Ю. и др. Современные образовательные технологии: педагогика и психология: монография. – Новосибирск: Издательство СРНС, 2015. – 318 с.  
<http://science.vvsu.ru/files/5040BC65-273B-44BB-98C4-CB5092BE4460.pdf>

42. 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.

43. Gulobod Quadratulloh qizi, R.Ishmuhamedov, M.Normuhammedova. An'anaviy va noan'anaviy ta'lim. – Samarqand: “Imom Buxoriy xalqaro ilmiy-tadqiqot markazi” nashriyoti, 2019. 312 b. 44. Djoraev M., Fizika o'qitish metodikasi.Guliston davlat universiteti. Guliston , 2017. – 256 45. Ibraymov A.E. Masofaviy o'qitishning didaktik tizimi. metodik qo'llanma/ tuzuvchi. A.E.Ibraymov. – Toshkent: “Lesson press”, 2020. 112 bet.

46. Игнатова Н. Ю. Образование в цифровую эпоху: монография. М-во образования и науки РФ. – Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2017. – 128 с. [http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/54216/1/978-5-9544-0083-0\\_2017.pdf](http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/54216/1/978-5-9544-0083-0_2017.pdf)

47. Ishmuhamedov R.J., M.Mirsolieva. O'quv jarayonida innovatsion ta'lim texnologiyalari. – T.: «Fan va texnologiya», 2014. 60 b.

48. Muslimov N.Ava boshqalar. Innovatsion ta'lim texnologiyalari. O'quv-metodik qo'llanma. – T.: “Sano-standart”, 2015. – 208 b.

49. Нохара Х. Реформа государственных университетов и научных исследований в Японии. // Экономика образования. – 2008. – № 3. – С. 77–82

50. Oleg Verxodanov, YUriy Pariyskiy. Radiogalaktiki i kosmologiya. Litres, 2018-12-20. — 304 s. — ISBN 978-5-457-96755-7. 18

51. Oliy ta'lim tizimini raqamli avlodga moslashtirish konsepsiyasi. Evropa Ittifoqi Erasmus+ dasturining ko'magida. [https://hiedtec.ecs.uni-ruse.bg/pimages/34/3\\_UZBEKISTAN-CONCEPT-UZ.pdf](https://hiedtec.ecs.uni-ruse.bg/pimages/34/3_UZBEKISTAN-CONCEPT-UZ.pdf)

52. S.G.Moiseev, S.V.Vinogradov. Основы нанofiziki. Ulyanovsk, 2010.

53. Usmonov B.SH., Habibullaev R.A. Oliy o'quv yurtlarida o'quv jarayonini kredit-modul tizimida tashkil qilish. O'quv qo'llanma. T.: "Tafakkur" nashriyoti, 2020 y. 120 bet.

54. Щербак Э.Н. Зарубежные образcыcистемы управлениявысшим образованием (на примере образовательныхстандартов Франции и США) // Образование и право. – 2012. – № 9 (37). – С.79-87

#### **IV. Internet saytlar**

55. <http://edu.uz> – O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi

56. <http://lex.uz> – O'zbekiston Respublikasi Qonun hujjatlari ma'lumotlari milliy bazasi

57. <http://bimm.uz> – Oliy ta'lim tizimi pedagog va rahbar kadrlarini qayta tayyorlash va ularning malakasini oshirishni tashkil etish bosh ilmiy-metodik markazi

58. <http://ziyonet.uz> – Ta'lim portali Ziyonet

59. <http://www.nobelprizes.com/>

60. <http://www.wittenborg.eu>

61. <http://www.physics.ox.ac.uk>

62. <http://www.phy.cam.ac.uk>

63. <http://www.physics.uni-heidelberg.de>

64. [www.cultinfo./fulltext/1/008/077/561/htm](http://www.cultinfo./fulltext/1/008/077/561/htm)

65. <http://www.unibo.it>

66. <http://www.iau-aiu.net/>

67. <https://en.wikipedia.org/wiki/>

68. <http://www.aca-secretariat.be/>

69. <https://ui.adsabs.harvard.edu/>