

БУХОРО ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ПЕДАГОГ
КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ
МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ МИНТАҚАВИЙ МАРКАЗИ

НАНОФИЗИКА АСОСЛАРИ

2021

Рахматов И.И. техника фанлари номзоди,
доцент



**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**БУХОРО ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ПЕДАГОГ
КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ
ОШИРИШ МИНТАҚАВИЙ МАРКАЗИ**

“НАНОФИЗИКА АСОСЛАРИ”

МОДУЛИ БЎЙИЧА

ЎҚУВ-УСЛУБИЙ МАЖМУА

Физика

Модулнинг ўқув-услубий мажмуаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2020 йил 7 декабрдаги 648-сонли буйруғи билан тасдиқланган ўқув дастури ва ўқув режасига мувофиқ ишлаб чиқилган.

Тузувчи: **И.И.Рахматов** техника фанлари номзоди, доцент.

Такризчи: **Д.Р.Джураев** физика-математика фанлари доктори, профессор.

**Ўқув -услубий мажмуа Бухоро давлат университети Илмий
Кенгашининг қарори билан нашрга тавсия қилинган
(2020 йил “30” декабрдаги 9-сонли баённома)**

МУНДАРИЖА

I. ИШЧИ ДАСТУР	5
II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ	13
III. НАЗАРИЙ МАТЕРИАЛЛАР	16
IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ	83
V. ГЛОССАРИЙ	91
VI. АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ	95

I. ИШЧИ ДАСТУР

Кириш

Дастур Ўзбекистон Республикасининг “Таълим тўғрисида”ги Қонуни, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги ПФ-4947-сон, 2019 йил 27 августдаги “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз малакасини ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги ПФ-5789-сон, 2019 йил 8 октябрдаги “Ўзбекистон Республикаси олий таълим тизимини 2030 йилгача ривожлантириш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПФ-5847-сонли Фармонлари ҳамда Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2019 йил 23 сентябрдаги “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги 797-сонли Қарорларида белгиланган устувор вазифалар мазмунидан келиб чиққан ҳолда тузилган бўлиб, у олий таълим муассасалари педагог кадрларининг касб маҳорати ҳамда инновацион компетентлигини ривожлантириш, соҳага оид илғор хорижий тажрибалар, янги билим ва малакаларни ўзлаштириш, шунингдек амалиётга жорий этиш кўникмаларини такомиллаштиришни мақсад қилади. дастур ривожланган хорижий давлатларнинг олий таълим соҳасида эришган ютуқлари ҳамда орттирган тажрибалари асосида “Физика” қайта тайёрлаш ва малака ошириш йўналиши учун тайёрланган намунавий ўқув режа ҳамда дастур мазмунидан келиб чиққан ҳолда тузилган бўлиб, у замонавий талаблар асосида қайта тайёрлаш ва малака ошириш жараёнларининг мазмунини такомиллаштириш ҳамда олий таълим муассасалари педагог кадрларининг касбий компетентлигини мунтазам ошириб боришни мақсад қилади.

Дастур доирасида берилаётган мавзулар таълим соҳаси бўйича педагог кадрларни қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш мазмуни, сифати ва уларнинг тайёргарлигига қўйиладиган умумий малака талаблари ва ўқув

режалари асосида шакллантирилган бўлиб, унинг мазмуни кредит модули тизими ва ўқув жараёнини ташкил этиш, илмий ва инновацион фаолиятни ривожлантириш, педагогнинг касбий профессионалигини ошириш, таълим жараёнига рақамли технологияларни жорий этиш, махсус мақсадларга йўналтирилган инглиз тили, мутахассислик фанлар негизида илмий ва амалий тадқиқотлар, ўқув жараёнини ташкил этишнинг замонавий услублари бўйича сўнгги ютуқлар, педагогнинг креатив компетентлигини ривожлантириш, таълим жараёниларини рақамли технологиялар асосида индивидуаллаштириш, масофавий таълим хизматларини ривожлантириш, вебинар, онлайн, «blended learning», «flipped classroom» технологияларини амалиётга кенг қўллаш бўйича тегишли билим, кўникма, малака ва компетенцияларни ривожлантиришга йўналтирилган. Қайта тайёрлаш ва малака ошириш йўналишининг ўзига хос хусусиятлари ҳамда долзарб масалаларидан келиб чиққан ҳолда дастурда тингловчиларнинг мутахассислик фанлар доирасидаги билим, кўникма, малака ҳамда компетенцияларига қўйиладиган талаблар такомиллаштирилиши мумкин.

Модулнинг мақсади ва вазифалари

Модулининг мақсади: педагог кадрларни қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш курси тингловчиларини “Нанозифика асослари” соҳасидаги сўнгги янгиликлар, замонавий экспериментал технологиялар ва хорижий адабиётлардаги маълумотларни ўртоқлашиш, бу борадаги муаммоларни аниқлаш, таҳлил этиш ва баҳолаш. Шунингдек уларда илғор тажрибаларни ўрганиш ва амалда қўллаш кўникма ва малакаларини шакллантириш.

Модулнинг вазифалари:

- Тингловчиларга таълим-тарбия масалалари бўйича илғор таълим технологияларининг концептуал асослари, келиб чиқиш тарихи тўғрисида маълумотлар бериш, замонавий модулли технологиялардан фойдаланиб тингловчиларни мазкур йўналишда малакасини оширишга кўмаклашиш;
- Таълим-тарбия жараёнида модулли янгиликларни қўллашнинг

афзалликларини ёритиш ва тингловчиларда улардан фойдаланиш маҳоратини шакллантириш;

- Юксак малакали мутахассис кадрлар тайёрлаш борасидаги ислохотларни амалга ошириш жараёнида жаҳоннинг илғор тажрибасини ўрганиш ва улардан самарали фойдаланиш маҳоратини ошириш.

Модул бўйича тингловчиларнинг билими, кўникмаси, малакаси ва компетенцияларига қўйиладиган талаблар

“Нанофизика асослари” модулини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида:

Тингловчи: - Нанофизика асослари соҳасидаги асосий янгиликлар ва замонавий адабиётлардаги янгиликлар; - сўнгги йиллардаги аниқланган қонуниятлар, кашфиётлар ва тамойиллар; - ҳозирги замон эксперимент ва кузатувлардан самарали фойдаланиш ҳақида билимларга эга бўлиши;

Тингловчи: - педагогик фаолият жараёнини модуллаштириш; - назорат жараёнини тез ва самарали ўткази олиш;

- назоратнинг турли шаклларида самарали фойдаланиш; - интерактив методларни мақсадли равишда тўғри танлаш ва фойдаланиш кўникмаларини эгаллаши;

Тингловчи: - “Нанофизика асослари” ўқув курсининг модулини тузиш;

- модулини структуралаштириш;
- талабаларнинг мустақил амалий фаолиятини ташкил этиш;
- талабалар билимининг назоратини ташкил этиш ва эришилган натижаларини таҳлил этиш;

- интерактив методлардан фойдаланиш малакаларини эгаллаши;

Тингловчи:

- ўз соҳасига оид ахборотни мантиқий блокларга ажратиш ва аниқ, раво ҳамда тушунарли равишда баён этиш;

- модулли ёндашув асосида ўқув жараёнини ташкил этиш;

- тажриба технологияларига ёндашув асосида таълим ва тарбия

жараёнини бошқариш;

- коммуникативликни ва мустақил фаолиятни ташкил этиш юзасидан компетенцияларни эгаллаши лозим.

Модулни ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар

“Нанозифика асослари ” модули маъруза, ва амалий машғулотлар шаклида олиб борилади.

Курсни ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий методлари, ахборот-коммуникация технологиялари қўлланилиши назарда тутилган:

- маъруза дарсларида замонавий компьютер технологиялари ёрдамида презентацион ва электрон-дидактик технологиялардан фойдаланиш;

- ўтказиладиган амалий машғулотларда техник воситалардан, экспресс-сўровлар, тест сўровлари, ақлий хужум, гуруҳли фикрлаш, кичик гуруҳлар билан ишлаш, ва бошқа интерактив таълим усуллари қўллаш;

Модулнинг ўқув режадаги бошқа модуллар билан боғлиқлиги ва узвийлиги

“Нанозифика асослари” модули мазмуни ўқув режадаги “Коинот структураси ва эволюцияси, материянинг янги формалари”, “Квант алоқа. Физик жараёнларни компьютерда моделлаштириш” ўқув модуллари билан узвий боғланган ҳолда педагогларнинг таълим жараёнида нанозифика асослари дан фойдаланиш бўйича касбий педагогик тайёргарлик даражасини оширишга хизмат қилади.

Модулнинг олий таълимдаги ўрни

Модулни ўзлаштириш орқали тингловчилар нанотехнологик жараёнлар ва нанозификанинг ютуқлари билан танишадилар. Таълим жараёнини ташкил этишда технологик ёндашув ва бу борадаги илғор тажрибани ўрганадилар, уларни таҳлил этиш, амалда қўллашга доир касбий компетентликка эга бўладилар.

Модул бўйича соатлар тақсимоти

№	Модул мавзулари	Тингловчининг ўқув юкلامаси, соат				
		Хаммаси	Аудитория ўқув юкلامаси			
			Жами	Назарий	Амалий машғулот	кўчма машғулот
1	Нанофизика ва нанотехнологиялар предмети, зоналар назарияси, металл, диэлектрик ва яримўтказгичлар ҳақида тушинча. Наноматериаллар, уларнинг физик хусусиятлари ва амалиётда қўлланиши	4	4	2	2	
2	Наноструктураларда фундаментал электрон ҳодисалар, квант ўлчам эффектлари. Квант чегараланиши. Нанообъектларни синтезлаш усуллари, “юқоридан-пастга” ва “пастдан-юқорига” технологиялар, фотолитография.	4	4	2	2	
3	Кимёвий ва физик синтезлаш усуллари. Нанотрубкалар, нанородлар, наносимлар, квант нуқталари наноплёнкалар. Нанообъектларни кузатиш воситалари.	6	6	2	2	2
4	Сканловчи зондли микроскопия, электрон микроскопия, сканловчи электрон микроскоп, трансмиссион электрон микроскоп. Спектроскопик усуллар.	4	4	2	2	
5	Нанотехнологияларни энергетика ва атроф муҳит ҳимоясида қўллаш. Янги авлод Қуёш элементлари, фотокатализаторлар, водород энергетикаси, наногенераторлар.	8	8	2	4	2
Жами		26	26	10	12	4

НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-мавзу. Нанофизика ва нанотехнологиялар предмети, зоналар назарияси, металл, диэлектрик ва яримўтказгичлар ҳақида тушинча.

Наноматериаллар, уларнинг физик хусусиятлари ва амалиётда қўлланиши. (2 соат).

- 1.1. Нанофизика ва нанотехнологиялар предмети.
- 1.2. зоналар назарияси, металл, диэлектрик ва яримўтказгичлар ҳақида тушинча.
- 1.3. Наноматериаллар, уларнинг физик хусусиятлари ва амалиётда қўлланиши.

2-мавзу. Наноструктураларда фундаментал электрон ҳодисалар, квант ўлчам эффектлари. Квант чегараланиши. Нанообъектларни синтезлаш усуллари, “юқоридан-пастга” ва “пастдан-юқорига” технологиялар, фотолитография. (2 соат).

- 2.1. Наноструктураларда фундаментал электрон ҳодисалар квант ўлчам эффектлари.
- 2.2. Квант чегараланиши.

3-мавзу. Кимёваий ва физик синтезлаш усуллари. Нанотрубкалар, нанородлар, наносимлар, квант нуқталари наноплёнкалар.

Нанообъектларни кузатиш воситалари.

- 3.1. Кимёваий ва физик синтезлаш усуллари.
- 3.2. Нанотрубкалар, нанородлар, наносимлар, квант нуқталари наноплёнкалар.

4-мавзу. Сканловчи зондли микроскопия, электрон микроскопия, сканловчи электрон микроскоп, трансмиссион электрон микроскоп.

Спектроскопик усуллар. (2 соат).

- 4.1. Сканловчи зондли микроскопия, электрон микроскопия.

4.2. Сканловчи электрон микроскоп, трансмиссион электрон микроскоп.

5-мавзу. Нанотехнологияларни энергетика ва атроф муҳит ҳимоясида қўллаш. Янги авлод Қуёш элементлари, фотокатализаторлар, водород энергетикаси, наногенераторлар. (2 соат).

5.1. Нанотехнологияларни энергетика ва атроф муҳит ҳимоясида қўллаш.

5.2. Янги авлод Қуёш элементлари, фотокатализаторлар.

АМАЛИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

1-амалий машғулот. Нанофизика ва нанотехнологиялар предмети, зоналар назарияси, металл, диэлектрик ва яримўтказгичлар ҳақида тушинча. Наноматериаллар, уларнинг физик хусусиятлари ва амалиётда қўлланиши. (2 соат).

2-амалий машғулот. Наноструктураларда фундаментал электрон ҳодисалар, квант ўлчам эффектлари. Квант чегараланиши. Нанообъектларни синтезлаш усуллари, “юқоридан-пастга” ва “пастдан-юқорига” технологиялар, фотолитография. (2 соат).

3-амалий машғулот. Кимёвий ва физик синтезлаш усуллари. Нанотрубкалар, нанородлар, наносимлар, квант нуқталари наноплёнкалар. Нанообъектларни кузатиш воситалари. (2 соат).

4-амалий машғулот. Сканловчи зондли микроскопия, электрон микроскопия, сканловчи электрон микроскоп, трансмиссион электрон микроскоп. Спектроскопик усуллар. (2 соат).

5-амалий машғулот. Нанотехнологияларни энергетика ва атроф муҳит ҳимоясида қўллаш. Янги авлод Қуёш элементлари, фотокатализаторлар, водород энергетикаси, наногенераторлар. (4 соат).

ЎҚИТИШ ШАКЛЛАРИ

Мазкур модул бўйича қуйидаги ўқитиш шаклларида фойдаланилади:

- маърузалар, амалий машғулотлар (замонавий материалшунослик ва нанофизика асосларини ўзлаштириш, бу соҳадаги билимларни амалий

қўллаш малакасини эгаллаш, нанотехнологиялар ривожланишида физиканинг ўрнини англаш, ўзлаштирилган билимларни узлуксиз равишда синаб ва мустаҳкамлаб бориш);

- амалий тажрибалар ва уларни муҳокамалари (нанофизикага оид амалий тажрибалар ўтказиш, натижаларни муҳокама этиш, замонавий материаллар таснифларини англаш, физик хусусиятлари ҳақидаги назарий ва амалий билимларни ўқув ва илмий тадқиқотларда қўллаш олиш малакасига эгаллаш); ўзлаштирилган билимларни таҳлил этиш ва мустаҳкамлаш (маърузалар ва амалий машғулотлар бўйича ўзлаштирилган билимларни замонавий материалшунослик ва нанофизика нуқтаи назаридан таҳлил қилиш, зарур ҳолларда қўшимча адабиётлар материаллари билан бойитиш, чуқурлаштириш ва янада мукамаллаштириб бориш кўникмасини эгаллаш).

Баҳолаш мезонлари

	Ўқув-топширик турлари	Максимал балл	Баҳолаш мезони		
		2,5	"аъло" 2,2-2,5	"яхши" 1,8-2,1	"ўрта" 1,4-1,7
.	Тест-синов топшириқларини бажариш	0,5	0,4-0,5	0,34-0,44	0,28-0,3
.	Ўқув-лойиҳа ишларини бажариш	1	0,9-1	0,73-0,83	0,56-0,7
.	Мустақил иш топшириқларини бажариш	1	0,9-1	0,73-0,83	0,56-0,7

II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ

“SWOT-таҳлил” методи.

Методнинг мақсади: мавжуд назарий билимлар ва амалий тажрибаларни таҳлил қилиш, таққослаш орқали муаммони ҳал этиш йўллари топишга, билимларни мустаҳкамлаш, такрорлаш, баҳолашга, мустақил, танқидий фикрлашни, ностандарт тафаккурни шакллантиришга хизмат қилади.

S- (Strength)	кучли томонлари
W- (weakness)	заиф, кучсиз томонлари
O- (opportunity)	имкониятлари
T- (threat)	тўсиқлар

Намуна: Замонавий материалшуносликнинг SWOT таҳлилини ушбу жадвалга туширинг.

S	Замонавий материалшуносликнинг кучли томонлари	Материалшунослик фанлари ва муҳандислигининг ҳамкорлиги
W	Замонавий материалшуносликнинг кучсиз томонлари	Замонавий материаллар яратишнинг ноёб хом-ашёлар ва янги технология-ларга эҳтиёжининг юқори эканлиги
O	Замонавий материалшуносликнинг имкониятлари (ички)	Инновацион ишлаб чиқаришнинг кенг қўлланиши ва самарадорлиги
T	Тўсиқлар (ташқи)	Замонавий материалларни ишлаб чиқаришда қўшимча харажатлар пайдо бўлиши

Хулосалаш (Резюме, Веер) методи

Методнинг мақсади: Бу метод мураккаб, кўп тармоқли, мумкин қадар, муаммоли характеридаги мавзуларни ўрганишга қаратилган. Методнинг моҳияти шундан иборатки, бунда мавзунинг турли тармоқлари бўйича бир хил ахборот берилади ва айна пайтда, уларнинг ҳар бири алоҳида аспектларда муҳокама этилади. Масалан, муаммо ижобий ва салбий томонлари, афзаллик, фазилат ва камчиликлари, фойда ва зарарлари бўйича ўрганилади. Бу интерфаол метод танқидий, таҳлилий, аниқ мантикий фикрлашни муваффақиятли ривожлантиришга ҳамда ўқувчиларнинг мустақил ғоялари, фикрларини ёзма ва оғзаки шаклда тизимли баён этиш, ҳимоя қилишга имконият яратади. “Хулосалаш” методидан маъруза машғулотларида индивидуал ва жуфтликлардаги иш шаклида, амалий ва семинар машғулотларида кичик гуруҳлардаги иш шаклида мавзу юзасидан билимларни мустаҳкамлаш, таҳлил қилиш ва таққослаш мақсадида фойдаланиш мумкин.

МЕТОДНИ АМАЛГА ОШИРИШ ТАРТИБИ:

- *тренер-ўқитувчи иштирокчиларни 5-6 кишидан иборат кичик гуруҳларга ажратади;*
- *тренинг мақсади, шартлари ва тартиби билан иштирокчиларни таништиргач, ҳар бир гуруҳга умумий муаммони таҳлил қилиниши зарур бўлган қисмлари туширилган тарқатма;*
- *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 мавзу яқунланади.*

Намуна:

Материаллар қиссий таҳлили					
Металл		Керамика		Полимер	
афзаллиги	камчилиги	афзаллиги	камчилиги	афзаллиги	камчилиги

Мустаҳкам, каттиқ, электр -иссиқликни яхши ўтказади	Оғир, юқори хароратда қайта ишланади, занглайди	Юқори хароратларга чидамли, хом- ашё захираси катта	Мўрт, оғир, нафис	Енгил, паст хароратларда қайта ишла- нади, захира- си катта	Юқори хароратлар ва кучли механик таъсирларга чидамсиз
---	---	---	----------------------	---	---

Хулоса: Барча материаллар ҳам ўзининг афзаллиги ва камчилиги билан бир биридан жиддий фарқланади. Лекин, уларнинг комплекс тарзда амалий қўлланиши камчиликлари бартараф этилишига ва афзалликларини янада оширишга имкон беради.

III. НАЗАРИЙ МАТЕРИАЛЛАР

1-МАВЗУ: Нанофизика ва нанотехнологиялар предмети, зоналар назарияси, металл, диэлектрик ва яримўтказгичлар ҳақида тушинча. наноматериаллар, уларнинг физик хусусиятлари ва амалиётда қўлланиши.

РЕЖА:

1. Нанофизика ва нанотехнологиялар предмети.
2. Зоналар назарияси, металл, диэлектрик ва яримўтказгичлар ҳақида тушинча.
3. Наноматериаллар, уларнинг физик хусусиятлари ва амалиётда қўлланиши.

Таянч иборалар: Нанофизика, нанотехнологиялар, металл, диэлектрик ва яримўтказгичлар, наноматериаллар.

Материалшунослик - бир қатор фан соҳаларини ўзида бирлаштирган, материалларнинг хоссаларини ўзгаришини ҳам қаттиқ, ҳам суяқ ҳолатларда турли факторларга боғлиқ ўрганади. Шу боис материалшунослик - металл, нометалл, керамик, органик бирикмалар ва полимерлар асосидаги материалларнинг хосса ва хусусиятлари ҳамда уларнинг олиниш, структуравий шаклланиш, ўзаро таъсирлашиш, бирикиш ва парчаланиш қонуниятлари ҳақидаги фандир¹. Умумий ҳолда мазкур фан материаллар тузилиши, хоссалари ва улардаги жараёнларни ўрганишга йўналтирилган бўлиб, у материаллар муҳандислиги билан узвий боғлиқдир. Чунки материаллар муҳандислигининг асосини фундаментал ва амалий билимлар белгилайди ҳамда уларга таянган ҳолда иқтисодиёт эҳтиёжлари учун зарур бўлган маҳсулотлар ишлаб чиқарилади.

Маълумки, материаллар асосини ер юзидаги элементлар ва бирикмалар ташкил этади. 1-жадвалда бу ҳақда маълумотлар берилган. Келажакда уларнинг сафи янги кашф этилган космик элементлар билан бойитилади.

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

1-жадвал. Ер қобиғи ва атмосферада тарқалган элементлар [1]

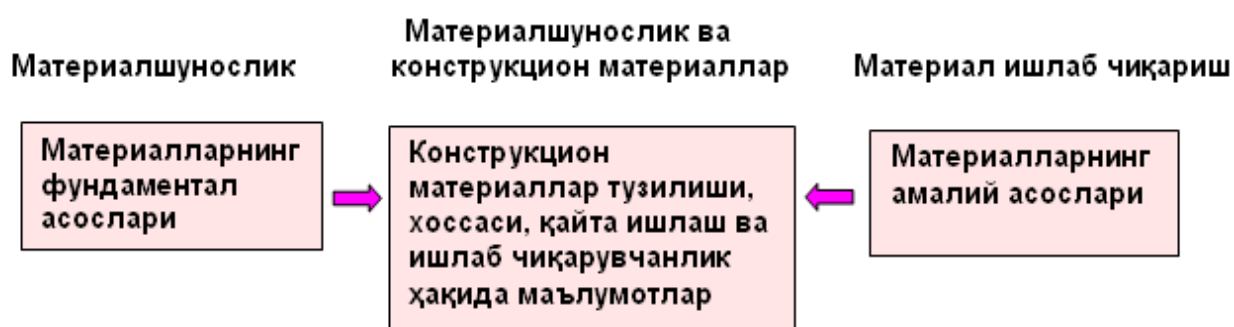
Элементлар	Ер қобиғидаги массавий фоизи, %
Кислород (O)	46,60
Кремний (Si)	27,72
Алюминий (Al)	8,13
Темир (Fe)	5,00
Кальций (Ca)	3,63
Натрий (Na)	2,83
Калий (K)	2,70
Магний (Mg)	2,09
Жами	98,70
Газлар	Қуруқ ҳаво ҳажмидаги фоизи, %
Азот (N ₂)	78,08
Кислород (O ₂)	20,95
Аргон (Ar)	0,93
Карбонат ангидрид (CO ₂)	0,03
Жами	99,99

Ушбу элементлар ва бирикмалар асосида турли хил материаллар табиий ва синтетик жараёнлар воситасида шакллантирилади. Бу соҳада янгидан янги материаллар яратиш борасида узлуксиз равишда изланишлар олиб борилади. Жумладан, машинасозлик соҳаси учун юқори ҳароратларга чидамли, ўта мустаҳкам материаллар яратиш долзарб бўлса, электротехникада эса шу каби янги материалларни яратилиши юқори ҳароратларда самарали ишлайдиган электроника қурилмалари ва асбоблари ишлаб чиқариш йўналтирилгандир.

Авиасозликда материалларнинг ўта мустаҳкамлиги ва енгиллиги устувордир. Кимёвий технология ва материаллар муҳандислигида устуворлик жиҳат коррозияга чидамли маҳсулотларни яратишга қаратилган бўлади. Турли саноат тармоқлари ақлли материаллар ва қурилмалар ҳамда

микроэлектрон тизимлар яратиш ва уларни ноёб хоссаларни аниқлашда сенсорлар ва активаторлар сифатида амалий қўллаш борасида фаолият юритади. Ҳозирда материалшуносликда яна бир долзарб йўналиш сифатида наноматериаллар бўлиб, уларни яратиш ва амалий қўллаш бўйича дунёнинг бир қатор етакчи мамлакатларида илмий-тадқиқотлар олиб борилмоқда. Кимёвий ва механик хоссалари билан наноматериаллар бир қатор афзалликларга эга эканлигини, айниқса, тиббиёт ва электроника соҳасида ўзига хос ноёб хусусиятларни намоён қилиши, уларга бўлган талабни янада ошириб юбормоқда.

Замонавий материалларни ишлаб чиқариш материалшунослик ва конструкцион материалларни умумлаштирган соҳасини вужудга келтиради ҳамда уларни таркибий моҳияти қуйидаги чизма орқали тушунтирилади.



Бунга асосан, материалларнинг фундаментал ва амалий асослари мажмуаси конструкцион материаллар тузилиши, хоссаси, қайта ишлаш ва ишлаб чиқарувчанлик ҳақидаги маълумотлар базасини вужудга келтиради.

Улар асосида тузилган ушбу диаграммада материаллар фанлари ва техниканинг қандай қилиб фундаментал фанлардан муҳандислик фанларига томон билимлар кўпригини шакллантириши намоён этилган.

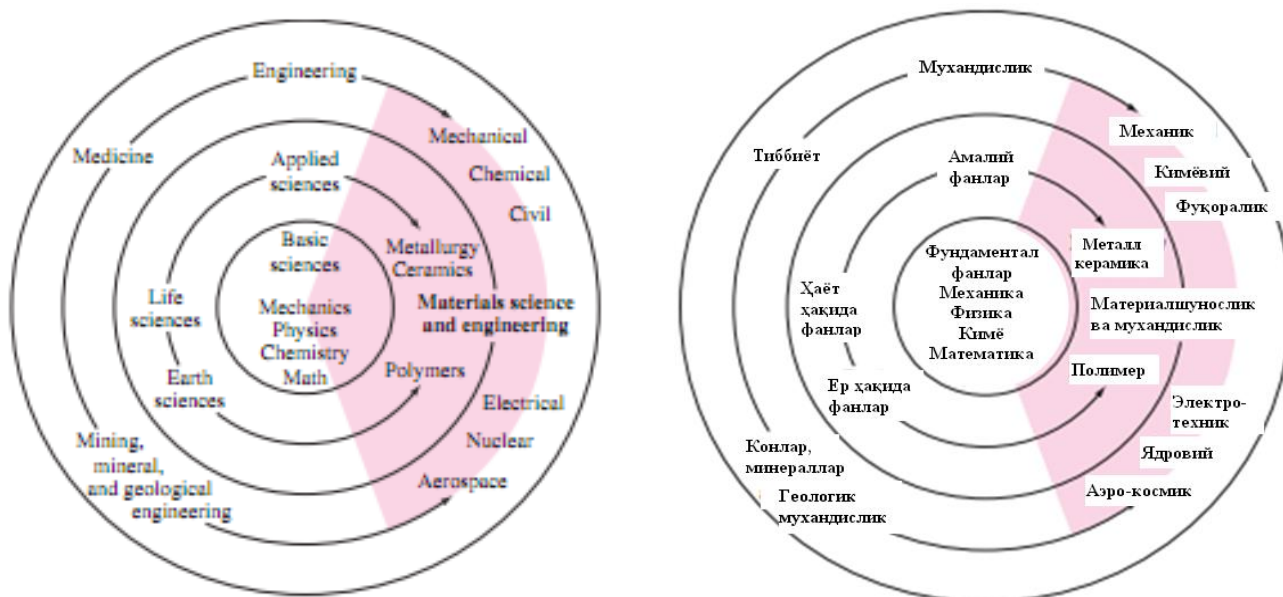


Диаграмма учта ҳалқа ва улар орасида фанлар йўналиш тартибини ифодаловчи ёйсимон стрелкалардан иборатдир. Марказий ҳалқада фундаментал фанлар, ўрта ҳалқада материалшунослик ва сиртки ҳалқада муҳандислик ифодаланган.

Материалшунослик ва муҳандисликка бевосита боғлиқ бўлган фанлар, пушти рангдаги сектор кўринишида келтирилган. Бу сектор мазмунан билимлар кўприги деб эътироф этилган. Материалшунослик ва муҳандисликка энг яқин соҳалар бу металллар, керамика ва полимерлардир. Бунга бугунги кунда жадал ривожланиб келаётган наноматериаллар киради.

Материаллар турлари. Замонавий материаллар ўзларнинг моҳиятига қараб учта асосий, яъни фундаментал синфларга ажратилади: *металл материаллар; полимер материаллар; керамик материаллар*. Уларнинг муҳим жиҳатлари механик, электрик ва физик хоссаларидир. Ушбу асосий уч синф муҳандисликда муҳим бўлган яна иккита амалий синфлар бўлинади: *композит материаллар ва электроник материаллар*. Замонавий материаллар синфига яна иккита гуруҳга оид материаллар, яъни “ақлли” материаллар ва наноматериаллар киради. Таъкидланган материаллар ҳақида тўхталамиз.

Метал ва керамик материаллар ҳамда уларнинг физик тавсифлари

а) Металл материаллар. Ушбу материаллар ноорганик моддалар

бўлиб, улар бир ёки бир нечта металл элементлар тузилган бўлади ва улар таркибига нометалл бирикмалар ҳам кириши мумкин. Металл материаллар таркибини ташкил этувчи асосий элементлар темир, мис, алюминий, никель, титан ва шу кабилар ҳисобланади. Нометалл элементлардан углерод, азот, кислород ва кабилар металл материаллар таркибида учрайди.

Одатда, металллар кристалл тузилишда бўлиб, уларнинг атомлари тартибли жойлашган бўлади. Шу боис металллар энг асосий ва энг яхши иссиқлик ва электр ўтказувчан материаллар ҳисобланади. Металлар ва улар асосидаги шакллантириладиган қотишмалар одатда икки синфга бўлинади: - биринчи гуруҳ *темерли металллар* ва улар асосидаги *қотишмалар* бўлиб, таркибида темирнинг катта фоизи, жумладан, пўлат ёки чўён мавжуд бўлади: - иккинчи гуруҳ, *рангли металллар* ва улар асосидаги *қотишмалар* бўлиб, улар таркибида темир деярли бўлмайди. Рангли металлларга алюминий, мис, рух, титан, никель кабилар киради.

Қотишмаларни тайёрлашда кимёвий ёндашиш ва турли композитлар шаклланиши ўта долзарбдир. Компонентларни тўғри танланиши супер



1- расм. Металл қотишмадан ясалган турбо двигатель.

қотишмалар тайёрлашга имкон беради. Масалан, никель асосли, темир-никель-кобалт асосли супер қотишмалар юқори босимларда ишлайдиган аэроавтик турбо двигателларида қўлланилади (1-расм). Метал қотишмалар асосида материаллар ишлаб чиқаришда металлларнинг кимёвий табиати ва композицион структуралар ташкил этиш қобилияти инобатга олинган ҳолда, улардан махсус кукунлар тайёрланиб ҳам-ашёлар сифатида қўлланилади.

Бундай ёндашиш кам энергия сарфлаган ва вақтдан ютган ҳолда махсус

ва ноёб тузилиш ва хоссали материаллар ва улар асосидаги маҳсулотлар яратиш имкониятларини беради.

б) Керамик материаллар. Ушбу гуруҳ материаллари ноорганик материаллар тоифасига киради ҳамда уларнинг таркибида металл ва нометалл элементлар ўзаро кимёвий бириккан ҳолда шаклланган бўлади. Керамик материаллар кристалл, аморф ёки уларнинг аралашмалари асосида шаклланади. Кўпчилик керамик материаллар юқори мустаҳкамликка эга, юқори иссиқлик таъсирига чидамли, аммо синувчанлик тенденциясига эга бўлади. Керамик материалларнинг афзаллиги, уларнинг енгиллиги, юқори мустаҳкамлик ва қаттиқликка эга бўлиши, яхши иссиқликка чидамли ва емирилишга бардошлиги намоён бўлади (3 ва 4-расм).



3-расм. Керамик материаллар асосидаги жиҳозлар [1].



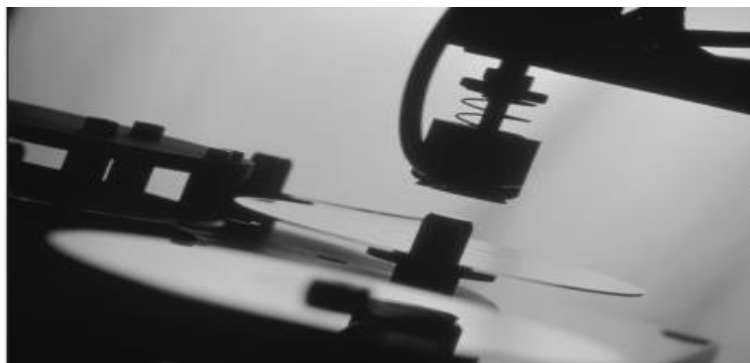
4-расм. Титан ва карбонитрид асосдаги керамикадан ишлаб чиқарилган юқори самарали шарикли подшипник.

Керамик материалларнинг қўлланиши, ҳақиқатан, чекламаган бўлиб,

улар аэро-космонавтикадан тортиб то оддий метал материалларгача, тиббий-биологик дан автомобилсозликкача, бир қатор махсус ва ноёб индустрия соҳаларида ўз ўрнини топган^{1 2}. Керамик шиша материалларда иккита камчилик кузатилади: - биринчидан улар қайта анча мураккаб, иккинчидан мўрт ва металлларга нисбатан ишқаланишдаги емирилиши анча кичикдир. Умуман олганда, керамик материаллар ҳам ишлаб чиқаришда ўзининг салмоқли ўрни билан эътироф этилади.

Полимер ва композит материаллар ҳамда уларнинг физикаси тавсифлари

а) Полимер материаллар. Кўпчилик полимерлар чизикли ёки тўрсимон молекуляр тузилишга эга бўлиб, одатда органик (углерод тутган) бирикмалар асосида синтез қилинган бўлади. Устмолекуляр тузилиши бўйича полимер материаллар аморф-кристалл ҳолатда бўлади ва кристалл қисмлари аморф занжирлар билан бириккади. Полимер материалларнинг мустаҳкамлиги ва эластиклиги кенг масштабда ўзгаради. Кўпчилик полимер материалларнинг электр ўтказувчанлиги жуда кичикдир ёки умуман электр токини ўтказмайди ҳамда диэлектрик хоссасини намоён қилади. Шу боис бир қатор полимерлар электр изоляторлар сифатида кенг қўлланади^{1,2}. Аммо, полимерга хос физик табиат, улардан рақамли видео дисклар ишлаб чиқариш имкониятини беради.



2-расм. Поликарбон пластик видео дисклар [1].

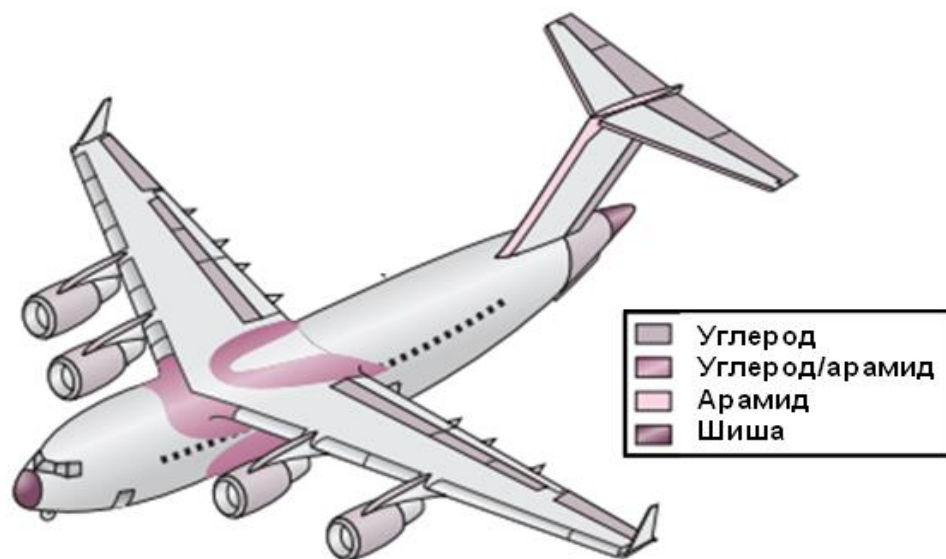
¹ Introduction to Materials Sciences and Engineering. Techbooks/GTS, 2005. - P.22.

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

Ҳозирда полимер материалларнинг қўлланиши металллардан кам эмас ва унинг захираси метал ресурсларига қараганда анча каттадир. Полимерлар кимё, физика, биология ва технологиялар соҳасларида кенг қўлланилмоқда. Айниқса, полимерларга хос эластомерлик ўта ноёб хоссалардандир. Полимер аралашмалар асосида машинасозлик, спорт анжомлари, турли туман маиший ва техника учун жиҳозлар тайёрланади. Полимерлар толалар кийим кечак ва турли техник материаллар яратишда кенг қўлланилади. Полимерлардан буюмлар ва жиҳозлар ишлаб чиқариш, уларнинг эритмалари ёки суюлтмалари асосида амалга оширилади. Полимерлар массасини енгиллиги ва металлларга нисбатан паст ҳароратларда (100 – 250 °С) суюқланиши уларни қайта ишлаш технологиялари учун катта афзаллик беради.

б) Композит материаллар. Композитлар икки ёки ундан ортиқ таркиб материаллари (фазавий ёки уч томонлама) қўшилиб шаклланган, улардан бири асос (матрица) бўлган янги материалдир. Ҳосил қилинган композит одатда таркибини ташкил этган компонентлар хоссаларидан ўзгача яхшироқ ва мукамалроқ хоссаларга эга бўлади. Кўпчилик композит материаллар танланган тўлдирувчи ёки армирловчи материаллар асосида қўшилувчан смола боғламловчи восита махсус хоссали ёки хоҳланган тавсифли материаллар олиш имконини беради. Композитлар кўп турларда бўлинади. Энг катта миқдорларда ишлаб чиқариладиган композитлар турига толали ёки заррачалар тўлдирувчи сифатида матрица ҳажмида бўлган материаллар киради. Бундай матрицалар сифатида металллардан алюминий, керамикадан алюминий оксиди, полимерлардан эпоксид смола кенг қўлланилади. Шу боис композитлар турлари қўлланилган матрицага нисбатан *металл матрицали композит (ММК)*, *керамик матрицали композит (КМК)*, *полимер матрицали композит (ПМК)* деб юритилади ^{1,2}. Толали ёки заррачали тўлдирувчилар ҳам асосий уч синфдан ихтиёрий биридан танланиши мумкин. Бу синфларни углерод, шиша, арамид, карбид силикони ва бошқа шу каби материаллар ташкил этади. 4-расмда углерод тола – эпоксид смола асосидаги композит материалларнинг СУ-17 транспорт

самолётининг қайси қисмларида қўллан^{1,2}илганлиги рангли тасвирланган. Ушбу қаноилари узунлиги 165 фут бўлган СУ-17 самолётга 15000 фунт замонавий композит материаллар қўлланилган.



4-расм. СУ-17 транспорт самолёти.

Композицион материаллар бир қатор соҳаларда, айниқса, аэро-космонавтика, автомобилсозлик, турмуш эҳтиёжида, спорт жиҳозлари ишлаб чиқаришда қўплаб металл компонентлар алмаштирмақда.

Замонавий композит материалларнинг муҳандислик амалиётида кенг қўлланадиган икки улуғвор тури деб шишатолали-армирловчи материал тўлдирувчи ва полистирол ёки эпоскид смола матрица сифатида ишлатилган композит ва шунингдек, углерод толалар тўлдирувчи сифатида эпоскид смолага қўшилган композитлар эътироф этилади.

Умуман олганда, композит материаллар замонавий материалшунослик ва ишлаб чиқаришларда асосий соҳа ва йўналишлардан ҳисобланади. Уларга бўлган эҳтиёжлар ниҳоятда юқори бўлиб, унда замонавий материалшунослик физикаси бирламчи восита ва асосий фан сифатида қўлланилади.

Ақлли ва электроник материаллар ва ўларнинг қўлланиши

а) Электроник материаллар. Ушбу тур материаллари салмоғи ҳажмдор

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

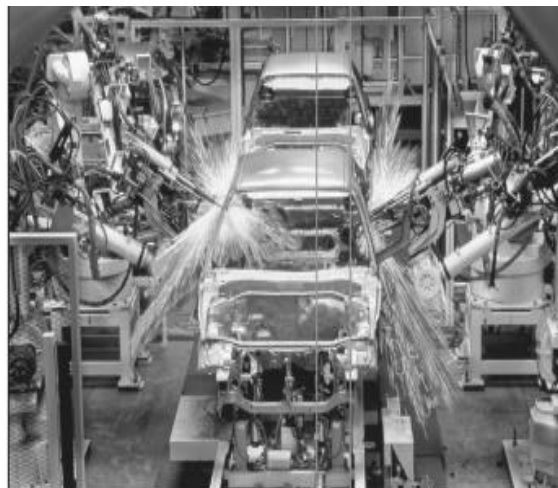
² William D. Callister Jr. Materials Sciences and Engineering. An Introduction. John Wiley & Sons. Ins. 2010. – P. 1000.

материаллар ишлаб чиқаришда асосийлардан бўлмаса, аммо улар замонавий муҳандислик технологиялари ўта муҳим материаллар тури ҳисобланади.

Электроник материаллар яратишда энг муҳим элементлар бири тоза кремний бўлиб, унинг турли хил модификацион ўзгаришлар электрофизик ва технологик тавсифлари ўзгартириш ҳамда ундан турли мақсадларда фойдаланиш мумкин [1]. Масалан, унинг асосида ҳозирда ниҳоятда кенг қўлланилаётган кичик ҳажмли микросхемалар ишлаб чиқарилмоқда (5-расм).



5-расм. Замонавий микропроцессор чипида электроник материаллар



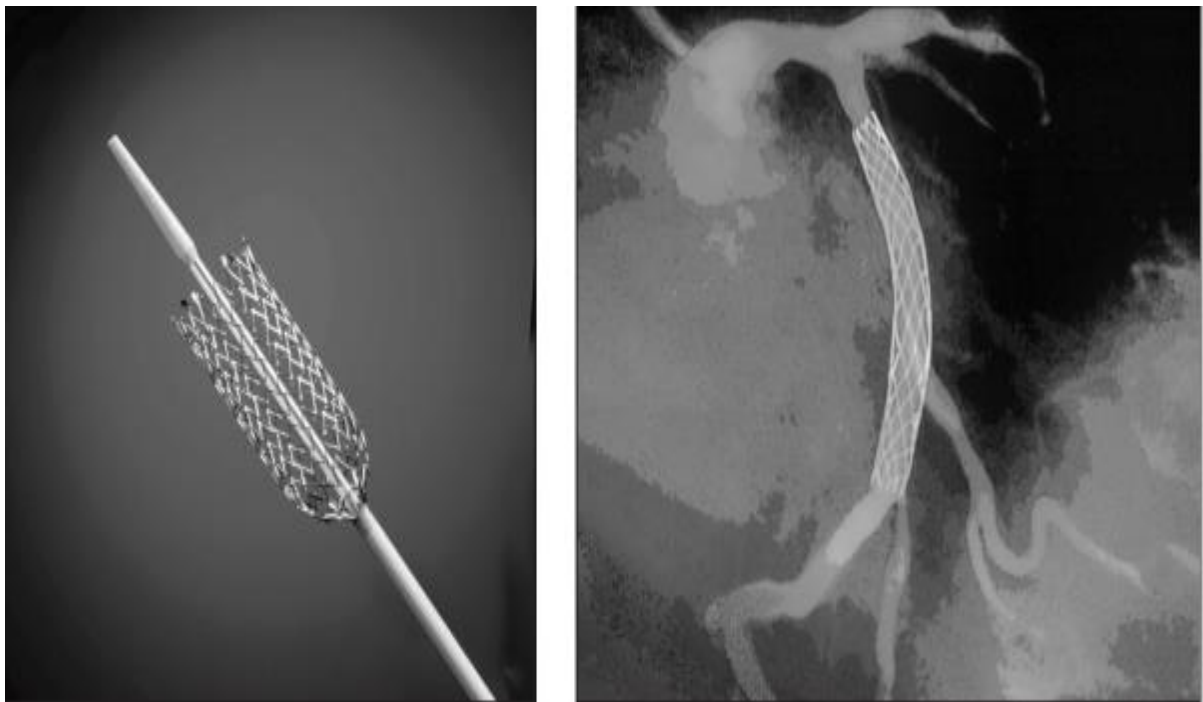
6-расм. Робототехникада электроник материаллар қўлланиши

Бундай материал ва маҳсулотлар жуда кенг соҳаларда, жумладан, сунъий йўлдошлар, замонавий компьютер техникаси, ҳисоблаш машиналари, рақамли индикаторлар ва соатлар, робототехника каби тармоқларни асосий элементлари ва таянч деталлари ёки жиҳозлари ҳисобланади (6-расм). Кремний асосли яримўтказгичлар ҳозирда умумий электротехника ва электроника, шунингдек, замонавий наноэлектроникада асосий электроник материал сифатида қўлланилмоқда. Айниқса, қуёш элементлари яратишда у асосий элемент ва ресурс ҳисобланади.

б) Ақлли материаллар. Айрим материаллар кўп йиллар мобайнида амалий қўлланиб келинади ва улар ташқи муҳит (ҳарорат, механик кучланиш, ёруғлик, намлик, электр ва магнит майдонлар) таъсирида ўзининг муҳим (механик, электрик ва бошқа) хоссаларини, тузилиши ва функциясини ўзгартириш қобилиятига эга бўлади. Бундай материаллар умумий ҳолда

“ақлли” материаллар деб юритилади^{1,2}. Ақлли материаллар ёки тизимлар, кўп ҳолларда сенсорлар ёки активаторлар сифатида қўлланилади. Сенсорлар муҳитнинг ўзгаришини сезувчи воситалар бўлса, активаторлар эса ўзига хос функционал хоссани ёки уни намоён қилишни амалга ошириш учун хизмат қилади. Масалан, айрим ақлли материаллар ҳарорат, ёруғлик, электр майдон таъсирлари ўзгарганда рангини ўзгартиради ёки бошқа ранг ҳосил қилади.

Бир қатор технологик муҳим бўлган ақлли материаллар активатор функциясида *шаклини хотирасида сақловчи қотишма* ёки *пъезоэлектрик* керамик жиҳозлар сифатида қўлланилади. Айниқса, биотиббидёт соҳасида *шаклини хотирасида сақловчи қотишмалардан* деворлари бўшашиб қолган артерияларни мустаҳкамлиги оширувчи девор сифатида ёки торайиб қолган артерияларни кенгайтирувчи восита сифатида фойдаланилади (7-расм)



а

б

7-расм. Шаклини хотирасида сақловчи қотишманинг торайган артерияни кенгайтирувчи (а) ва артериянинг деворларини мустаҳкамлиги оширувчи (б) сифатида қўлланиши.

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

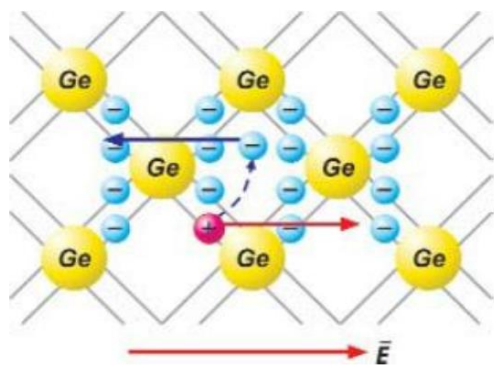
² William D. Callister Jr. Materials Sciences and Engineering. An Introduction. John Wiley & Sons. Ins. 2010. – P. 1000.

Бунда никель-титан ёки мис-рух-алюминий асосидаги қотишмалар қўлланилади ва зангламайдиган симлар ёрдамида артерияга киритилади.

Пьезоэлектрик материаллардан ясалган акваторлар механик кучларнинг таъсири остида электр майдонини ҳосил қилади. Аксинча, электр майдони ўзгариши айрим материалларда механик ҳодисалар ёки ўзгаришларни вужудга келишига сабаб бўлади. Булар электр ва механик кучлар асосида тебранувчан материалларни яратишга имкон беради. Бундай принциплар асосида микроэлектромеханик тизимлар (МЭМ) ёки микромашиналар ишлаб чиқариш имконияти мавжуд.

Яримўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги. Энди яримўтказгич кристалли панжарасини куриб чиқамиз. Яримўтказгич атомлари ковалент боғланган бўлади. Мисол сифатида тўрт валент электронли германий (Ge) кристаллини куриб чиқамиз. Ковалент боғларнинг мустахкамлиги туфайли германий кристаллидаги электронлар металдагиларга нисбатан анча мустахкам жойлашиб олган. Шунинг учун оддий шароитларда эркин яъни яхши жойлаша олмаган боғланмаган, эркин электронлар кам бўлганлиги учун уларнинг ўтказувчанлиги металарникидан кўп марта кичикдир. Германий кристаллида эркин электронлар ҳосил бўлиши учун қандайдир йул билан атомлар орасидаги ковалент боғларни узиш керак. Бунга турли йўллар билан эришиш мумкин. Улардан бири бу кристаллини қиздиришдир. Унда бир қисм валент электронлар қушимча иссиқлик энергия таъсирида ковалент боғланишдан узилиб чиқиб кетади. Фараз қилайлик, қиздириш натижасида

атомлар орасидаги бир боғланиш узилди, уриб чиқарилган электрон эса эркин электронга айланади.



12-расм. Германий кристаллидаги жуфт электрон боғлари

Натижада “ковак” кушни атомга силжийди. У атом уз навбатида бошка атомдан электронни тортиб олади ва х.к. Натижада битта электрони етишмайдиган чала боғ кристал буйлаб тартибсиз эркин кучиб юриши мумкин. Узилган боғларнинг (ковакларнинг) кучиб юриши кушни боғлардаги электронларни тортиб олиш хисобига содир булади, шунинг учун хар сафар бир атом узининг узилгнан боғи учун электрон тортиб олганда, у билан бирга боғнинг компенсацияланмаган мусбат заряди хам кучиб юради. Бу ҳолатни худди яримўтказгичда янги мусбат зарядли заррача пайдо булганидек кабул килиш мумкин. Ушбу зарранинг заряди электрон зарядига тенг бўлиб, ишораси эса мусбатдир. Бундай квази зарралар (“квази” - деярли деган маънони билдиради) “ковак”лар деб номланади.

Боғдан узилиб чиққан эркин электрон ва унинг ўрнида ҳосил бўлган ковак чексиз узоқ вақт тураолмайди. Маълум бир вақтдан сўнг (10^{-12} дан 10^{-2} сек гача) улар бир бири билан яна учрашиб қоладилар ва иккаласи хам йўқ бўлиб кетади, буни *рекомбинация* деб аталади.

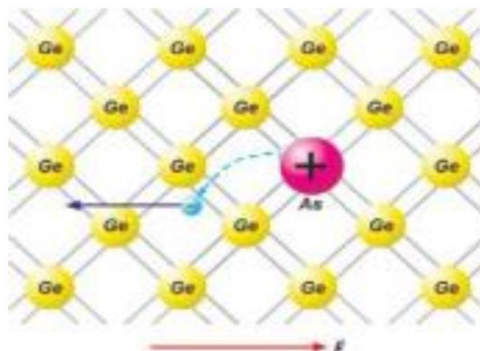
Рекомбинация пайтида энергия ажралиб чиқади, унинг киймати электрон-ковак жуфтлигини ҳосил килиш учун сарф булган энергияга тенгдир. Баъзан бу энергия нурланиш қуринишида ажралиб чиқади, куп ҳолларда эса бу энергия кристал панжарага берилиб, уни киздиради. эркин электронлар ва коваклар ҳосил қилган ўтказувчанлик яримўтказгичларнинг *хусусий ўтказувчанлиги* деб аталади.

Коваклар ва эркин электронлар жуфт жуфт булиб пайдо булади, шунинг учун тоза яримўтказгичларда уларнинг зичлиги тенг бўлади

$$p = n$$

Яримўтказгичларда эркин заряд ташувчиларни ҳосил килишнинг яна бир усули, кристалга атайин турли киришмалар киритишдир. Германия кристалига беш валентлик арсений (As) ёки фосфор (P) атомлари киритилган ҳолатни кўриб чиқайлик.

Арсений (As) атомининг бешта валент электрони, у бешта кушни атомлар билан кимёвий боғ хосил қилиш мумкинлигини билдиради.



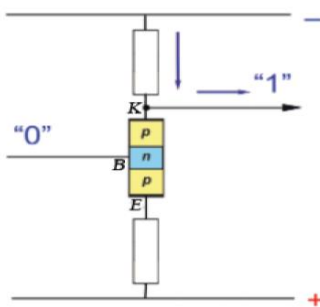
13- расм. Германий кристал паржарасидаги арсений атоми. n турдаги яримўтказгич

Германий кристалда фақат тўртта қўшни атом билан боғ хосил қила олиш мумкин. Шунинг учун арсений атомининг фақат тўртта валент электрони боғ хосил қилишда қатнашади. Микросхемадаги кучсиз сигналлар транзисторлар орқали кучайтирилиб моторларни, роботларни, сунъий мушакларни бошқара олади. Сканерловчи микроскопдаги наноамперли туннел ток ҳам транзисторлар ёрдамида кучайтирилади. Транзисторда кичик ток катта токни бошқаради, бу электрониканинг асосидир. Бошқариш деганда ҳар доим сигналларни кучайтириш назарда тутилмайди. Мантикий ахборот ташувчи сигналлар ёрдамида ҳам бошқариш мумкин. Демак, олинган информацияни мақсадга мувофиқ равишда ўзгартириш, яъни *қайта ишлаш* мумкин. Бу ишларни нол ва бирдан иборат иккилик кодида ишловчи микропроцессорлар амалга оширади.

CMOS (комплементар метал-оксид яримўтказгич) мантикий қурилмаларида мусбат ёки нол кучланиш “0” ни англатади, манфий кучланиш эса “1” ни билдиради. База занжири қўшилмаганда эмиттер занжирдан ток ўтмайди. Бу ҳолат мантикий “0” га мос келади. Базага манфий кучланиш берилганда занжирда ток хосил бўлади, бу мантикий “1” га мос келади

Чиқишни транзистор коллекторига уласак, жараён аксинча кечади. Бу ҳолда “0” ни “1” га, 1 эса 0 га айланттирувчи. Бу “эмас” (НЕ) номли мантикий

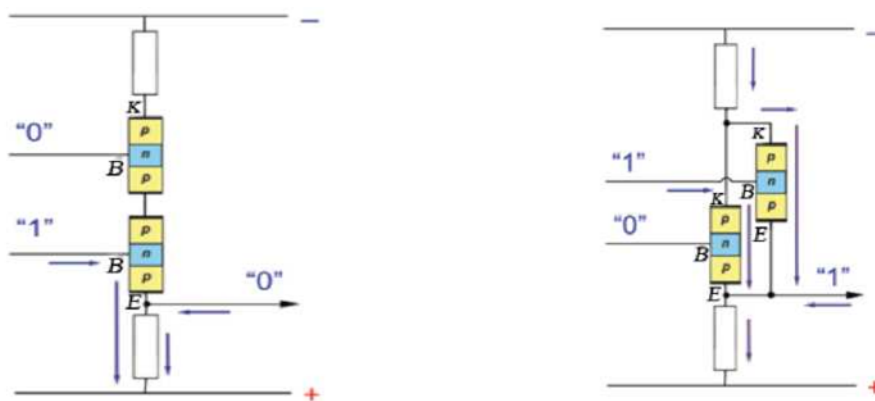
схемага эга бўламиз



14 - расм. Бир транзисторли “Эмас” мантикий курилмаси

Бир неча транзисторлар ёрдамида мантикий “ВА”, “ЁКИ” ва бошқа мураккаб мантикий схемаларни ҳосил қилишимиз мумкин. Замонавий технологиялар ёрдамида ўлчамлари бир неча микрон бўлган транзисторлар, фотосенсорлар ишлаб чиқилиши мумкин

Бирок, техниканинг кейинги ривожини нанометр ўлчамли транзисторлар яратишни тақозо эта бошлади. Бир қанча транзисторларни бириктириб барча “ВА”, “ЁКИ” ва “ЕМАС” мантикий схемаларни ҳосил қилишимиз мумкин. Компютерларнинг тезкорлиги бирлик юзага жойлашган транзисторлар сонига тўғри боғланган.



15 - расм. “ВА” ва “ЁКИ” транзисторли схемалар

Нанометр ўлчамли транзисторлар яратиш учун қилинган биринчи ҳаракатлар яхши натижалар берди. Бу ҳақда кейинги мавзуларда батафсил тўхтаб ўтамиз.

Интеграл микросхема. Микросхемаларнинг электроникада қўлланилиши бу соҳада инқилобий ўзгаришларга олиб келади. Бу компютер саноатида ёрқин намоён бўлди. Минглаб электрон лампалари, бутун бинони

эгаллаган хисоблаш машиналари урнига ихчам, стол устида, хатто чунтакда жойлаша оладиган компьютерлар кириб келди.

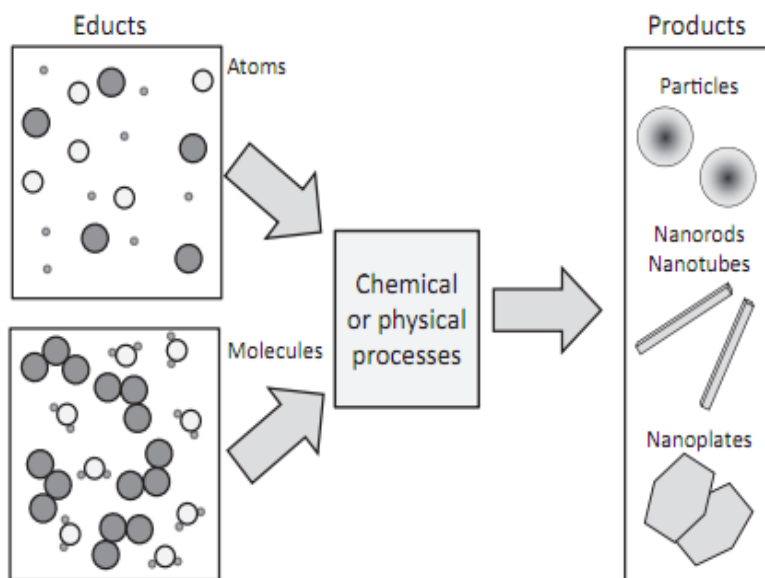
Интеграл схема (ИС) - бу микроскопик курилмаларнинг (диод, транзистор ва бошқалар) битта тагликда йотилган тизимидир. Улар ковурилган картошка булакчаларига (инглизча чип) ухшагани учун, баъзан уларни чиплар ҳам деб аталади

Юзаси 1 см^2 бўлган чипда миллионлаб микроскопик курилмалар жойлашади. Албатта бундай кичик юзада жойлашган миллион транзисторни кўлда бир бирига улаб чикиб бўлмайди. Бу ҳолатдан чикиш учун ягона курилмада - интеграл схемада барча яримўтказгич қисмларни ва улар орасидаги боғланишларни бир технологик жараёнга бириктириб ишлаб чиқариш усуллари пайдо бўлди.

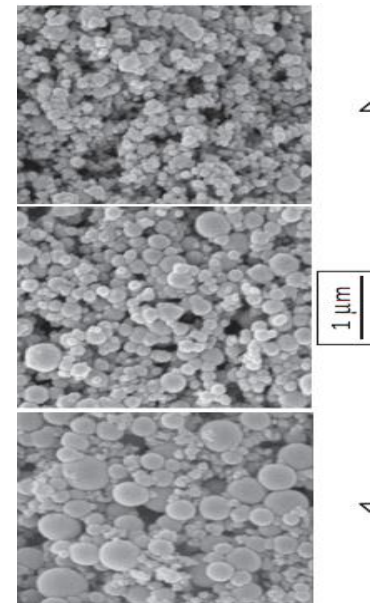
Наноматериаллар ва уларнинг ўзига хос ноёб хоссалари.

Наноматериаллар. Замоनावий материалларнинг ушбу тури асосан ўлчами, яъни масштабни (заррачалар диаметри, қирралари ўлчами, қатлам қалинлиги) 100 нм ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$) дан кичиклиги ва физик, физик-кимёвий хоссаларни юқори савия, самара ва кўрсаткичларда намоён қилиши билан анъанавий материаллардан кескин фарқ қилади. Наноматериаллар шартли равишда бўлинган бир қатор турлари мавжуд бўлиб, уларнинг асосий вакиллари нанометалл, нанополимер, нанокерамик, наноэлектроник ва нанокомпозит деб юритилади. Бу борада ўлчами 100 нм дан кичик бўлган керамик куқунлар, металл заррачалар, полимер пленкалар, электроник ўтказгичлар ўзининг наноматериаллар ёки наноструктурали материаллар сифатидаги табиатини намоён қилган.

Наноматериаллар шаклланиш принциплари ва улар асосида олинадиган турли шаклли маҳсулотлар 8-9- расмда ифодаланган.



8-расм. Наноматериаллар шакллантириш



9-расм. Нанозаррачалар

Назорат своллари

1. Нанофизика ва нанотехнологиялар предметининг асосий вазифалари нималардан иборат?
2. Зоналар назарияси, металл, диэлектрик ва яримўтказгичлар хақида тушинчалар беринг.
3. Наноматериаллар, уларнинг физик хусусиятлари ва амалиётда қўлланишининг аҳамияни изоҳланг.
4. Наноматериалшунослик нима?
5. Замонавий материалшунослик нималарни ўз ичига олади?
6. Металл ва керамик материаллар таркибига нималардан иборат?
7. Металл нанозаррачаларни барқарорлаштиришда нима учун керак?
8. Қандай материаллар “ақлли” материаллар деб юритилади?
9. Композитлар деганда нимани тушинасиз ва улар нима учун шакллантирилади?

2-МАНЗУ: Наноструктураларда фундаментал электрон ходисалар, квант ўлчам эффектлари. квант чегараланиши. нанообъектларни синтезлаш усуллари, “юқоридан-пастга” ва “пастдан-юқорига” технологиялар, фотолитография.

РЕЖА

1. Нанофизика предмети, нанообъектлар, наноструктуралар ва нанодисперс тизимлар шаклланиш принциплари.
2. Наноматериалшунослик асослари, унда фундаментал ва амалий фанлар ҳамда технологиялар ва ишлаб чиқаришнинг ҳамжиҳатлиги.
3. Металл, керамика, полимерлар, композитлар асосида наноматериаллар шакллантириш имкониятлари.
4. Нанофизиканинг нанообъектлар ва наноматериаллар яратишдаги роли ва устуворлиги.

Таянч иборалар: *нанообъектлар, нанодисперс тизимлар, наноўлчамли материаллар шаклланиши, нанометаллар, нанозаррачалар, наноструктуралар, нанокомпозитлар.*

1. Нанофизика предмети, нанообъектлар, наноструктуралар ва нанодисперс тизимлар шаклланиш принциплари

“Нанотехнология” сўзининг ўзида 2 та атамани “нано” ва “технология” терминларини кўрамыз. Аввал иккинчи тушунчани аниқлаш лозим¹.

Энциклопедик луғатда “технология” сўзи қуйидагича тавсифланган: у юнонча “течне” – “санъат”, “маҳорат” ва “билиш” + “логос” – “фан” кўшма сўз бўлиб, бирор бир маҳсулот ишлаб чиқаришдаги ишлов бериш, тайёрлашни, ҳолати хоссасини, шаклини ўзгартириш жараёнларининг умумлашган услубини билдиради.

Технологиянинг вазифаси – табиат қонунларидан инсон манфаати учун фойдаланишдир. “Машинасозлик технологияси”, “сувни кимёвий тозалаш технологияси”, “ахборот технологиялар” ва бошқалар мавжуд.

Кўриниб турибдики, технологиялар бошланғич хом ашёнинг табиатига кўра бир-биридан ажралиб туради. Металл (темир) тузилмалар ва

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

информатсия (маълумот) орасидаги кучли фарқланишлар уларга ишлов бериш ва ўзгартириш услубларидаги фарқларни белгилаб беради¹.

Технологияларни санаб ўтганимизда “юқори технологиялар” деган тушунчани эсга олмаслик мумкин эмас. Юқори технологиялар деб, нисбатан яқинда пайдо бўлган, ҳамма жойда тарқалиб улгурмаган самарали бўлган технологияларни тушунишга ўрганиб қолганмиз. Бу технологиялар асосан микроэлектроника соҳасига оид бўлиб, асбоб-ускуналарнинг жуда кичик ўлчами билан боғлиқ.

Минглаб йиллар аввал ота-боболаримиз триллионта атомларга эга бўлган тошларни олиб, улардан миллиард, триллионта атомларга эга бўлган қатламларини йўниб, камон ўқларининг ўткир учларини тайёрлашган. Улар қийин бўлган ишларни жуда усталик билан бажаришган. Ўша узоқ вақтларда тошларни бундай йўниш усулини ўйлаб топган одам уни юқори технология деб атаганда хато қилмаган бўларди. Масалан, 15-20 йил аввал уяли телефонларни “ҳигҳ-теч” турдаги ускуналар деб ҳисобланган. Ҳозирда эса “мобил телефони” билан ҳеч кимни ҳайрон қолдира олмайсан.

Шунинг учун ҳам жамият ривожланиши босқичида унга оид барча илғор технологияларни “юқори технологиялар” деб аташ жоиз бўлса керак.

Энди “нанотехнология” тушунчасининг ўзига таъриф берамиз.

Нано қўшимчаси (юнон “нанныс” – “митти”) у ёки бу бирликнинг, бизнинг ҳолатда метрнинг, миллиарддан бир (10^{-9}) бўлагини (нанометр-нм)ни англатади. Атомлар ва жуда майда молекулалар 1 нанометр тартибдаги ўлчамга эга.

Ингичка сочининг ўндан бир қалинлиги ўлчамидаги таркибловчили замонавий микросхемалар чақмоқ тош йўнувчилар стандартларида кичкина деб ҳисобланади, аммо триллионлаб атомларга эга транзисторларнинг ҳар бири ва микрочиплар ҳамон оддий кўз билан кўрилади.

Тошга қўлда ишлов беришдан бошлаб то кремнийли чиплар

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

тайёрлашгача кузатиш мумкин бўлган технологиялар атом ва молекулаларнинг катта бирикмаларидан ташкил топган хом-ашёдан фойдаланади. Бу йўналишни “балк-технология” (инг. “булк” – тўп-тўп, тўпланган) деб аташ мумкин.

Нанотехнология ҳар бир атом ва молекулалар билан жуда аниқлик билан ишлаши лозим. У дунёни биз хаёлимизга келтираолмайдиган даражада ўзгартириб юбориши мумкин.

Атом – (грек. “атомос” – “бўлинмас”) – кимёвий элементнинг жуда майда заррачаси бўлиб, бошқа атомлар билан бирлашиб мураккаб бирикмаларни – молекулаларни ҳосил қила олади [2].

Еътибор берсангиз “атом” сўзининг сўзма-сўз таржима қилиниши нотўғридир ва ҳақиқатдан атом зарядланган ядро ва манфий зарядланган электронлардан ташкил топган. Аммо бу сўзни қадимги грек файласуфи Демокрит ўйлаб топган ва ҳамма ундан фойдаланишга ўрганиб қолган.

Нанотехнология – бу маълум атомар тузилишли маҳсулотларни, уларнинг атом ва молекулаларини жойлаштириши йўли билан ишлаб чиқариши усуллари йиғиндисидир.

Нанотехнологияга берилган бундай таърифга кўра табиий савол туғилади: материалларни атом ва молекулалар даражасида манипулятсиялашимиз (бу ерда ишлашимиз) мумкинми? Бизнинг бармоқларимиз наномасштаб учун жуда ҳам катталиқ қилади-ку. Бу савол замонавий нано фанининг жумбоғи бўлса керак. Бу жумбоқни ечишнинг энг чиройли йўлини эрик Дрекселер ўзининг “Яратиш (барпо этиш, вужудга келтириш) машиналари” китобида таклиф қилди. Атомлар билан ишлаш учун у махсус наномашиналарни ёки *ассемблерларни* яратди.

Уларни кўз олдимизга келтириш учун аввало молекулалар қандай тузилганлигини расм орқали кўришимиз лозим бўлади. Бунинг учун биз атомларни мунчоқлар кўринишида чизамиз, молекулаларни эса сим орқали бир-бирига боғланган мунчоқлар гуруҳи деб кўрсатамиз. Атомлар юмалок шаклга эга (шарларга ўхшаш), молекуляр боғланишлари – сим бўлаклари

бўлмаса-да, биз кўз олдимизга келтирган модел бизга бу боғланишлар узилиши ва қайта тикланиши мумкин эканлигини кўрсатади.

Наномашиналар атом ва молекулаларни ушлаб олишни билиши ва уларни хоҳлаган тартибда бир-бирига боғлай олиши лозим. Шунини таъкидлаш лозимки, бундай машиналар табиатда минглаб йиллардан буён муваффақият билан ишлаб келмоқда. Мисол тариқасида рибосомалар томонидан оқсилни синтез қилиш механизмини келтириш мумкин.

Нанотехнологиялардан фойдаланишнинг имкониятлари битмас-туганмасдир: саратон хужайраларини нобуд қилувчи ва зарарланган тўқима ва аъзоларни тикловчи организмда “яшовчи” нанокомпьютерлардан тортиб, то атроф муҳитни ифлослантirmайдиган автомобиль двигателлари бўлган асбоб, қурилмаларни яратиш келажаги мавжуд.

Нанотехнологиялар куйидаги принципиал жиҳатларга эга бўлтиб, уни амалга оширишда 1-расмда келтирилган кетма-кетлик устувордир [1].

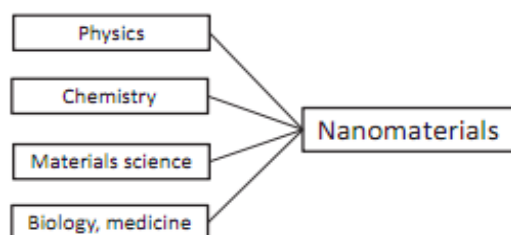


Figure 1.1 To understand and apply nanomaterials, besides knowledge on materials science, a basic understanding of physics and chemistry is necessary. As many applications are connected to biology and medicine; knowledge in these fields are also of advantage.

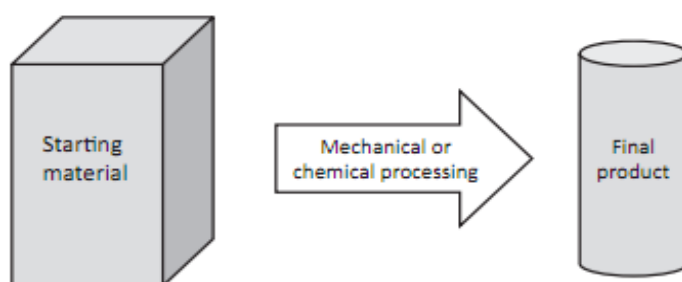


Figure 1.2 Conventional goods are produced by top-down processes, which start from bulk material. Using mechanical or chemical processes, the intended product is obtained.

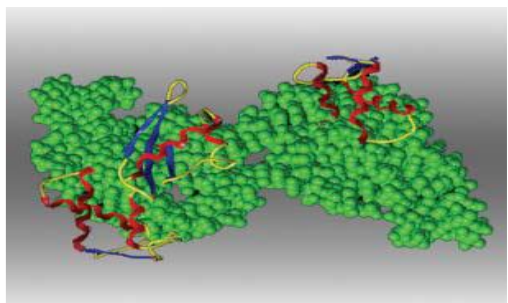
1-расм. Нанотехнология асослари

Оқсиллар – барча хужайраларнинг ҳаёт фаолиятини таъминловчи зарурий таркибий қисмидир. Оқсилларнинг организмдаги (танадаги) роли

хилма - хилдир. Танамиздаги барча ҳаётӣ жараёнларда унинг ўсиши ва кўпайишини бошқаришда иштирок этадиган оқсиллар – гормонлар ажралиб туради. Ёруғлик сезувчи махсус, оқсил – родопсин ҳисобига кўзимиз тўр пардасида тасвир пайдо бўлади. Актин ва миозин оқсиллари ҳисобига мушакларимиз қисқаради ва бўшашади, бунинг натижасида биз ҳаракат қила оламиз. Организмдаги барча кимёвий жараёнлар махсус оқсиллар – ферментлар иштирокида кечади. Уларсиз овқат хазм қилиш, нафас олиш, моддалар алмашуви, қон ивиши ва бошқалар содир бўлмайди. Оқсиллар химоя функциясини ҳам бажаришади, организмга касаллик келтириб чиқарувчи бактериялар ёки захарлар тушса, улар иммуноглобулин оқсилларини ишлаб чиқаради ва зарарли таъсирларни йўқ қилади.

Оқсиллар ва улар фаолияти функцияларининг хилма-хиллиги билан танишганимизда, ўсимлик ва ҳайвонот оламининг барча оқсиллари – мутлак инерт оқсиллардан то биологик фаол бўлган оқсилларгача – пептидли боғ деб аталадиган кимёвий боғлардан тузилган бўлиб, улар ягона стандарт занжирлар - **аминокислоталар** занжиридан ташкил топганини кўрамиз. Ташқаридан оқсил молекуласи ипдаги шодаларнинг кетма-кет жойлашишига ўхшайди ва унда шодалар ролини аминокислоталар молекулалари бажаради. Кўп оқсиллар таркибида бундай “шодалар” ўртача 300-500 та бўлади.

Табиатда барча аминокислоталар 20 та турда бўлади, уларни махсус “кимёвий алифбе”нинг йигирмата “ҳарфи” га ўхшатиш мумкинки, бу “ҳарф” лардан оқсиллар -300-500 ҳарфдан иборат “сўзлар” тузилган бўлади. Бундай йигирма ҳарф ёрдамида жуда кўп узун сўзлар ёзиш м.умкин. Агар сўздаги ҳарфлардан биргинасини алмаштирилса ёки кўчирилса, сўз янги маънога эга бўлади, 500 рамзли сўзда имконий комбинатсиялар сони 20500 та бўлади.



а

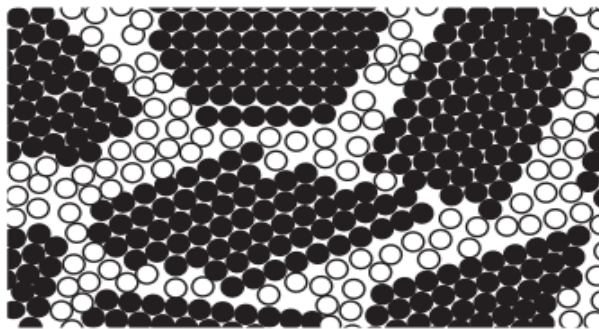


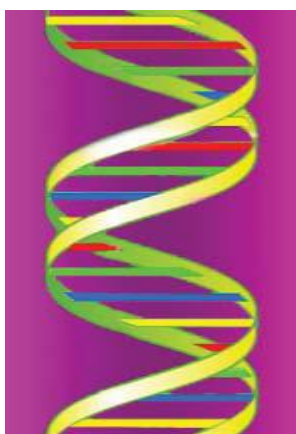
Figure 3.2 Nanocrystalline material. The full circles represent atoms in the crystallized phase, whereas the open circles represent atoms at the grain boundary.

б

2-расм. Оксилнинг тузилиши (а) ва нанокристалл материал (б).

Ҳар бир оксил занжири *фақат шу оксилгагина* хос бўлган, фақат маълум бир сондаги ва аминокислоталар комбинатсиясидан қурилган кетма-кетликдаги у ёки бу оксилга ҳарактерли бўлган аминокислоталар ягона комбинатсиясигина уларнинг кимёвий ва биологик хоссаларини белгилаб беради. Бир дона аминокислота занжирининг ўрни ўзгартирилиши, алмаштирилиши ёки йўқотилиши оксил молекулалари хоссаларининг тубдан ўзгаришига олиб келади. Бундан келиб чиқиб, алоҳида оксилни синтез қилишда унинг тузилишидаги аминокислоталар занжирлари кетма-кетлиги ҳақида тўлиқ маълумотга эга бўлиш керак экан. Табиатда бундай маълумот махсус ташувчи – ДНК молекуласида сақланади, унда организмда мавжуд бўлган барча оксиллар тузилиши ҳақида маълумот бўлади.

Бир оксилдаги аминокислоталар кетма-кетлиги ҳақидаги маълумотлар жойлашган ДНК молекуласининг бир бўлаги *ген* деб аталади. Шунинг учун ДНК даги маълумотни генетик маълумот дейилади. Ген эса ирсий материалнинг бирлиги ҳисобланади. ДНКда бир неча юзгача генлар бўлади. ДНК молекуласи (дизоксирибонуклеин кислота) бири иккинчиси атрофига ўралган спиралсимон иккита ипдан иборат. Бундай қўш спиралнинг эни тахминан 2 нм бўлади. Узунлиги эса ундан 10 минг марта кўп – бир неча юз минг нанометрдир. Ирсий маълумотни ташувчи ДНК қўш спиралини топгани учун 1962 йилда олимлар Уотсон ва Крик Нобел мукофотига сазовор бўлдилар.



а

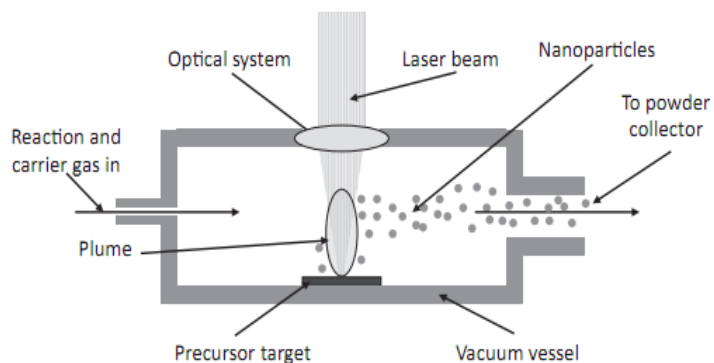


Figure 4.11 Schematic drawing of the experimental setup for nanoparticle synthesis applying laser ablation. The pulsed laser beam is focused at the surface of the precursor target that may be a metal or an oxide. The high-intensity laser beam causes a plume, a supersonic jet of evaporated

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.

б

3-расм. ДНК тузилиши (а) ва нанозаррачалар олиш қурилмаси (б).

ДНК иплари эса нуклеотидлар занжиридан ташкил топган, **нуклеотидлар** – органик материаллар бўлиб, бир-бири билан боғлиқ 3 та молекула: азотли асос, 5 углеродли шакар (пентоза) ва фосфор кислотаси қолдиғидан иборат бўлади. Нуклеотидларни азотли асосларнинг таркибига кирувчи 4 типи (тури): *аденин* (А), *гуанин* (Г), *цитозин* ва (Т) *тимин* номи билан номланган. Нуклеотидлар 4 турининг ДНК занжирини жойлаштириш тартиби жуда муҳимдир - у оқсиллардаги аминокислоталар тартибини, яъни уларнинг тузилишини белгилайди.

ДНКда оқсил тузилиши дастурлаштирилганини тушуниш учун Морзе алифбосини эслаш кифоя, унда алифбонинг барча ҳарфлари, тиниш белгилари ва сонлар қисқа (нукта) ва узун (тире) сигналлар комбинатсиясида белгиланади. ДНКда ҳам худди шундай шифр мавжуд экан. Худди Морзе алифбосида ҳар бир ҳарфга нукталар ва тиреларнинг муайян кетма-кетлиги мос келтирилганидек, ДНК кодида нуклеотидларнинг маълум кетма-кетликда келиши оқсил молекуласидаги маълум бир аминокислотага мос келар экан. ДНК кодини билиш – бу ҳар бир аминокислотага мос бўлган нуклеотидлар кетма-кетлигини билиш демакдир.

2. Наноматериалшунослик асослари, унда фундаментал ва амалий фанлар ҳамда технологиялар ва ишлаб чиқаришнинг ҳамжиҳатлиги.

Барча имконий сон, ҳарф ва тиниш белгиларини кодлаштириш учун бизга 2 та рамзни билиш кифоя қилар экан. Битта аминокислотани кодлаштириш учун эса биргаликда 3 нуклеотид ўзи етарли бўлади (4 та нуклеотиддан 64 та комбинатсия ҳосил қилиш мумкин, ҳар бирида 3 тадан нуклеотид бор: $4^3=64$). Бундай бирикмалар **триплет** ёки **кодон** деб аталади.

ДНК коди *бир қийматга эга* (1 триплет 1 тадан ошмаган аминокислотани шифрлайди) ва универсалликка эга, (яъни Ерда барча яшовчи ва ўсувчи – бактериялар, замбуруғлар, донлилар, чумоли, қурбақа, от, инсон – айна бир триплетлар айна бир аминокислоталарни шифрлайди). Ҳозирги вақтда ДНК коди бутунлай ошкорланган, яъни ҳар бир аминокислота учун кодловчи триплет аниқлаб қўйилган. Ўқувчига яна бир марта эслатамизки, ДНК кетма-кетлигида фақат бир нуклеотидни алмаштириш ёки четлатиш синтезловчи оқсиллар тузилишини бузади. Генетик код тилга ўхшагани учун бунга яққол мисол қилиб ҳарфли триплетлардан тузилган қуйидаги иборани келтириш мумкин:

Бу иборада тиниш белгилари бўлмаса ҳам унинг маъноси ва мантиқи бизга тушинарли, иборадаги биринчи ҳарфни олиб ташласак ва уни яна триплетлар билан ўқисак, унда ҳеч қандай маъносиз нарса келиб чиқади:

Ҳудди шундай генетик маъносиз нарса гендан бир нуклеотид тушиб қолганда ҳам пайдо бўлади. Бундай бузилган гендан ўтган оқсил организмда жиддий *генетик касалликларни* келтириб чиқариши мумкин (Даун касаллиги, қандли диабет, мушак дистрофияси ва бошқалар). ДНК информатсион матритсасидаги бундай хато шу оқсилни синтезлаш вақтида қайтараливеради. Ҳудди китоб ёки газета нашр этириляётганда, матритсадаги хато қайтарилавергани каби.

Барча оқсиллар синтези учун матритса бўлган ДНК молекуласининг ўзи синтезлаш жараёнида иштирок этмайди. У фақатгина генетик маълумотларни ташувчидир.

Оқсил синтезида унинг тузилиши ҳақидаги маълумот аввал ДНКдан **рибосома** молекуласига – оқсил ишлаб чиқарувчи ўзига хос фабрикага

етказилади. Бундай маълумотларни кўчириш *ташувчи* информатсион РНК (т- РНК, т- рибонуклеин кислотаси) молекуласи ёрдамида амалга оширилади, у ДНКнинг бир қисмининг аниқ нушаси, ойнадаги аксидир. И-РНК эса ДНК молекуласи бир ипи билан комплементар бўлган бир занжирли спирал.

ДНКдан РНКга генетик маълумотларни нусхалаш жараёни **транскрипсия** (лотин “транссриптио” – кўчириб ёзиш) деб аталади. Кўчириб ёзиш жараёнида махсус фермент – полимераза ДНК бўйлаб ҳаракатланиб кетма-кет равишда унинг нуклеотидларини ўқийди ва комплементарлик принципи бўйича И-РНК занжирини ҳосил қилади, яъни ДНК дан у ёки бу ген “чизма”сини олади.

Ҳар бир гендан хоҳлаган сондаги РНК нусхаларини олиш мумкин. Шундай қилиб, оқсил синтези жараёнида И-РНК перфокарта ролини бажаради, унга аниқ бир оқсил қурилиши “дастури” ёзилган бўлади.

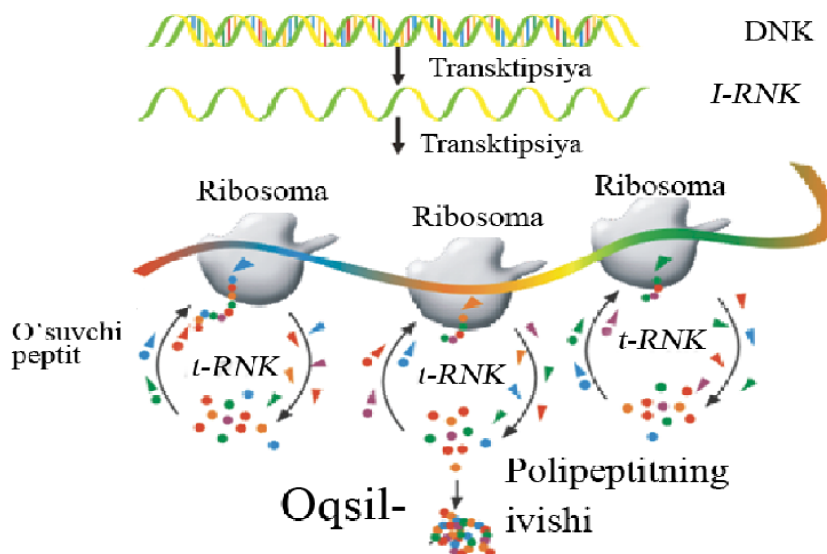
Перфокарта – эски ҳисоблаш машиналарида дастур ёзиш учун маълум бир жойларида ёрузлик нури ўтиши учун тешикчалар қилиб қўйилган қаттиқ қозғоз бўлаги ёки тасмаси.

И-РНК молекуласи унга ёзилган дастур билан рибосома томон йўналади, у ерда оқсил синтезланади. У томонга яна оқсил қуриладиган материаллар – аминокислоталар оқими ҳам йўналади. Аминокислота рибосомага мустақил эмас, балки ҳаракатланувчи *транспорт* РНК (т-РНК) ёрдамида ўтади. Бу молекулалар турли аминокислоталар ичидан “ўзининг” аминокислотасини ажрата олади, ўзига қўшиб рибосомага олиб боради.

Рибосомаларда оқсил синтезини **транслятсия** (лотин. “транслатио” - узатиш) деб аталади.

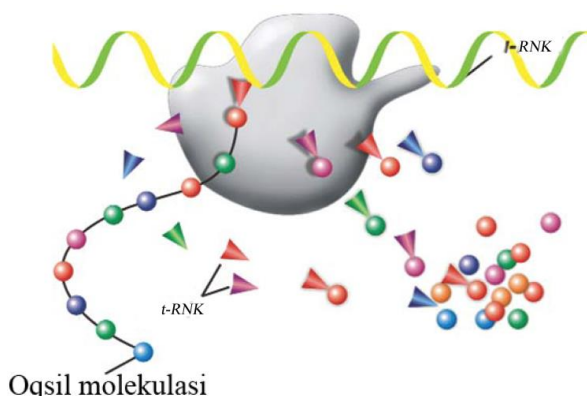
Оқсил молекуласи қурилиши давомида рибосома и-РНК бўйлаб “ўрмалайди” ва шу и-РНКга дастурлаштирилган оқсилни синтезлайди. И-РНК бўйлаб рибосома қанча узоққа кўчиб борса, оқсил молекуласининг шунча катта қисми “йиғилган” бўлади. И-РНК тасмасида, конвеердагига ўхшаб, бир вақтнинг ўзида бир оқсилнинг ўзини бир неча рибосомалар томонидан йиғиш давом этаверади (4-расм). Рибосома и-РНКнинг охирига

етганида синтез тугайди.



4-расм. Рибосома оқсилнинг синтез жараёни.

Энди рибосоманинг ишлаш механизмига тўхталиб ўтайлик. Расмга мурожаат қиламиз. Рибосома и-РНК бўйлаб бир текисда ҳаракатланмайди, тўхтаб-тўхтаб “қадамма-қадам”, триплет кетидан триплет тарзда ҳаракатланади. Рибосоманинг и-РНК билан тегишган ҳар қадамида унга уланган аминокислотали т-РНКнинг молекуласи “сузиб” келади. Олдин айтилганидек, ҳар бир т-РНК фақат “ўз” аминокислотасини танийди ва уни оқсил қуриладиган жойга келтириш учун бирлаштириб олади. Бу унда муайян аминокислотага мос триплет борлиги туфайли содир бўлади. Агар т-РНКнинг кодли триплети айна пайтда рибосомада бўлган и-РНК триплетига комплементар бўлиб чиқса, унда аминокислота т-РНКдан ажралиб чиқади ва оқсилнинг қурилаётган занжирига бирикади (оқсил молекуласига яна бир “мунчок” қўшилади).



5-расм. Рибосома оқсилни синтез қилмоқда.

Сўнгра, озод т-РНК рибосомадан атроф муҳитга чиқариб ташланади. Бу ерда у аминокислотанинг янги молекуласини тутиб олади ва ишлаётган рибосомаларнинг хоҳлаганига олиб боради. Бизнинг рибосома эса и-РНК бўйлаб олдинга кейинги “қадам”ни бир триплет қадар қўяди. Аста-секинлик билан рибосома и-РНК триплет кетидан триплет ҳаракатланади ва бирин кетин оқсил занжири кўпайиб боради.

И-РНКнинг бутун узунлиги бўйича ўтиб бўлиб, рибосома тайёр оқсил билан ундан “тушиб” қолади. Сўнгра, оқсил молекуласи ҳужайранинг шу турдаги оқсил зарур бўлган томонига йўналади, рибосома эса бошқа ихтиёрий и-РНК томон йўналади (рибосома ҳар қандай оқсилни синтезлай олади; оқсил характери фақат и-РНК матритсасига боғлиқ бўлади).

Шундай қилиб, рибосомалар оқсил ва РНКдан қурилган наномашиналар мураккаб молекулалар қурилишга дастурлаштирилиши мумкинлигини, яъни улар ҳоҳланган молекуляр тузилмалар ишлаб чиқариш учун табиий ассемблерлар (атомлар йиғувчи) бўлишини тасдиқлади ^{2,3}

Ген инженерлари ҳозир биологик табиий материаллар: аминокислоталар, оқсиллар, ДНК молекулалари ва бошқалардан фойдаланиб, биринчи экспериментал сунъий наномашиналар қуришга ҳаракат қилишмоқда. Аммо, биологиксимон наномашиналар – бу органикадир ва уларнинг имкониятлари чегараланган бўлади. Улар юқори температура ва босимда барқарорликни йўқотади ёки бузилиб кетади, нурланишлардан таъсирланади, қаттиқ материалларга ишлов бера олмайдилар, кимёвий агрессив муҳитларда ишлай олмайдилар. Шунинг учун ҳам инсониятнинг балк-технологияда яратган кўплаб ишланмаларидан воз кечиш тўғри бўлмайди. Ғилдиракдан компьютергача – буларнинг ҳаммаси табиат “ўйлаб топмаганлардир”.

Металл, керамика, полимерлар, композитлар асосида наноматериаллар шакллантириш имкониятлари.

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.

Биологиксимон тузилишларсиз айрим атом ва молекулалардан фойдаланиш қийин бўлади. Шунинг учун наномашина – ассемблерлар тирик ва техник системалар синтездан иборат бўлиши лозим. Дрекселер ассемблерга қуйидагича таъриф беради:

Ассемблер – бу ўз-ўзини репликатсиялаш(кўпайтириш) хоссасига эга бўлган молекуляр машинадир, у амалда ҳар қандай молекуляр тузилишни ёки қурилмани содда кимёвий қурилиш блокларидан қуриши учун дастурланиши мумкин.

Ассемблернинг асосий вазифаси – бу атом ва молекулаларни берилган тартибда бирлаштиришдир. У ҳар қандай мақсадга йўналтирилган наносистемаларни – двигателлар, станокларни, ҳисоблаш ускуналарини, алоқа воситаларини қура олиши лозим. У РНК ёки ДНК занжирига ўхшаш, “перфолентали” алмашадиган дастурли универсал молекуляр робот бўлади.

Йиғувчининг ташқи кўринишини бир неча атом узунлигидаги манипулятор “қўлли” нанометр ўлчамидаги “кути”га ўхшаш деб тасаввур қилиш мумкин. Манипулятор учун бошланғич (дастлабки) материал бўлиб атомлар, молекулалар ва кимёвий фаол молекуляр конструкциялар (қурилмалар) хизмат қилиши мумкин. Йиғувчининг ичига манипулятор ишлашини бошқарувчи ва унинг барча ҳаракатлари дастури жойлашган ускуналар ўрнатилади. Мураккаб тузилишли катта молекулалар ташкиллаш катта жойлаштириш аниқлигини талаб қилгани учун ассемблер бир неча шундай манипуляторларга эга бўлиши керак.

Ассемблер нимаси биландир ўргимчакка ўхшаб кетади, у бир “оёқлари” билан сиртга ёпишиб турса, қолганлари билан атом кетидан атом тарзида мураккаб молекуляр тузилмаларни йиғади. Наноассемблернинг энг оммавий схемаси расмда кўрсатилган (6-расм). Йиғувчиларни – саноат роботларини бошқаришда ишлатиладиган, қандайдир оддий тилда дастурлаштирилган ва инсон бошқарадиган одатий компьютерга уланган нанокомпьютерлар бошқариши лозим. Инсон – оператор компьютерда алоҳидаги молекуляр тузилишидаги қандайдир конструкцияни

моделлаштираётганини кўз олдимизга келтирайлик. Керакли объектни “чизиб” олиб у ассемблерларга буйруқ беради, у эса уни бирин-кетин (атомма-атом) кура бошлайди. Бироз вақтдан сўнг конструкторда берилган характеристикалар бўйича, инсон кўп иштирок этмаган, тайёр буюм пайдо бўлади.

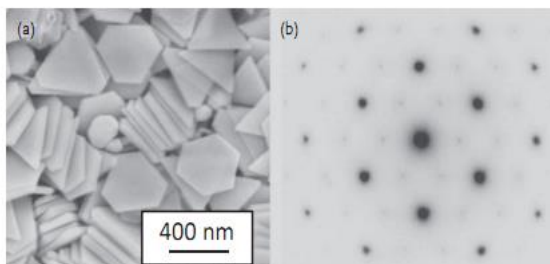
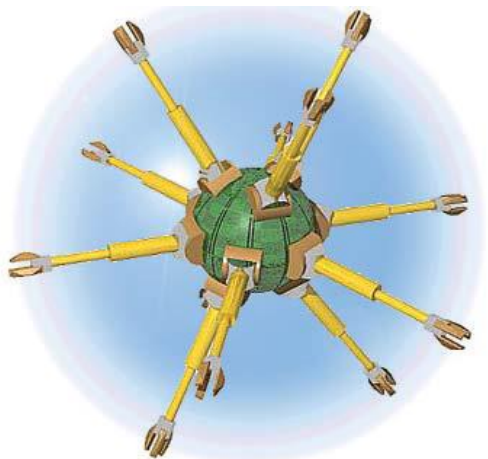


Figure 5.3 Gold platelets. This special hexagonal shape was obtained by the addition of poly vinyl pyrrolidone to the solution used for precipitation [2]. Fig. 1a,b. (a) Electron micrograph of the gold platelets. The size of these hexagonal platelets is around 400nm; the thickness is in the range from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

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

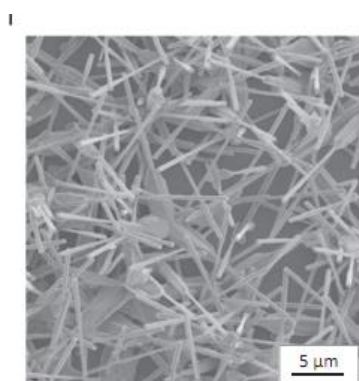


Figure 5.2 Secondary electron micrograph of ZnO nanorods [1]. At one end, most of these nanorods show a bulge, which is typical for a synthesis via a gas-phase route. (Reproduced with permission of Springer.)

б-расм. Ассемблернинг ташқи кўриниши (а) ва наноструктуралар (б) и (в)

Ассемблерлар объектнинг тузилишини молекуляр даражада ёзиб олувчи, уни атомларга ажрата оладиган, **дизассемблерлар** – наномашиналар билан биргаликда ишлаши мумкин. Масалан, қайсидир бир объектнинг нушасини яшаш учун, дизассемблер уни атомма-атом парчалаб атом турлари, уларнинг жойлашиши каби барча маълумотларни ассемблерга узатади, у эса кейинчалик объект нушасини хоҳлаганингизча марта ясаб бериши мумкин. Назарияда бундай нуша ҳақиқийсига ҳар томондан ўхшайди ва уни ҳар бир атомигача такрорлай олади. Дизассемблерлар олимларга нарсаларни ва

уларнинг атом тузилишини яхшилаб ўрганишга ёрдам берадилар.

Юқорида айтиб ўтилганидек, ассемблерлар *репликация* (кўпайиш) хоссасига эга бўлади. Гап эволютсия ҳақида борганда, унда репликатор – бу ўзида содир бўлиши мумкин бўлган барча ўзгаришлар билан бирга ўз-ўзини нушалай оладиган (ген, мим ёки компьютер вирусига ўхшаш) объектдир. Ассемблер компьютер буйруғига биноан ёки уни ўраб турган муҳитга боғлиқ равишда ўз нушасини тузиш (ясаш) йўли билан кўпаяди (репликацияланади).

Шундай қилиб, ўзининг нушасини ясай оладиган бир дона универсал ассемблер ясаб олиб, биз бир неча соатдан сўнг, хаётимизни тубдан ўзгартириб юборадиган, шунақа майда ассемблерларнинг бутун қўшинига эга бўламиз. Ассемблерларнинг энг катта муаммоси, уларнинг дастлабки конструкциясини ясаб олишдир. Шунга қарамай, дунёдаги барча давлатлардаги лабораториялар буни амалга оширишда биринчилар қаторида бўлишга ҳаракат қилмоқдалар.

Ҳозирги кунда Форесигхт Институте – нанотехнологиялар яратиш илғорларидан бири – молекуляр даражада оператсиялар бажара оладиган нано-манипулятор – “қўл” ва томонлари 50 нанометр бўлган кубчага жойлашадиган 8 битли сумматорни яратишда ҳаракат қилмоқда.

Оптимистларнинг фикрича, амалий нанотехнологияларнинг гуллаш даври асримизнинг И чорагидир. Пессимистлар буни асрнинг ўрталарига бориб юз беради деб ҳисоблашмоқда. Ҳозир келажакда қайси мутахассисликни танлашни режалаштираётганлар нанороботларни дастурлаштирувчи ёки молекуляр компьютерлар конструктори бўлиши ҳақида ўйлаб кўришса яхши бўлса керак. Чунки бир неча йиллардан сўнг бундай мутахассислар машҳур бўлиб кетадилар.

3-МАНЗАУ. Кимёвий ва физик синтезлаш усуллари. нанотрубкалар, нанороботлар, наносимлар, квант нуқталари наноплёнкалар. нанообъектларни кузатиш воситалари.

РЕЖА:

1. Кимёвайи ва физик синтезлаш усуллари.
2. Нанотрубкалар, нанородлар, наносимлар, квант нуқталари наноплёнкалар.

Нанофизиканинг нанообъектлар ва наноматериаллар яратишдаги роли ва устуворлиги.

Нанотехнологияларнинг бобоси деб грек файласуфи Демокритни ҳисоблаш мумкин. У 2400 йил олдин модданинг энг майда заррачасини таърифлаш учун биринчи бўлиб “атом” сўзидан фойдаланган.

Швейсариялик физик Алберт эйнштейн эса 1905 йилда нашр қилинган ишида қанд (шакар) молекуласининг ўлчами тахминан 1 нанометрга тенг эканлигини исботлаб берган.

1931 йилда немис физиклари Макс Кнолл ва эрнст Рускалар биринчи марта нанообъектларни ўрганиш мумкин бўлган электрон микроскоп яратдилар.

1959 йилда америкалик физик Ричард Фейнман миниатюралаш келажагини баҳолай олган ишларини эълон қилди. Нанотехнологияларнинг асосий ҳолатлари, унинг Калифорния Технологик Институтида ўқилган (У ерда – пастда жойлар кўп) (“Тҳере`с Плентй оф роом ат тхе Боттом”) деб номланган машхур маърузасида белгилаб берилганди. Фейнман физиканинг асосий қонунлари нуқтаи назаридан нарсаларни тўғридан-тўғри атомлардан ҳосил қилиш мумкинлигини илмий томондан тасдиқлаб берди.

Ўша вақтда унинг бу сўзлари фақат бир сабаб билан фантастикага ўхшаб кетар эди: айрим атомлар билан оператсиялар ўтказиш мумкин бўлган технологиялар (яъни атомни аниқлаб олиш, уни олиб бошқа жойга қўйиш) хали йўқ эди. Бу соҳага қизиқишни кучайтириш учун Фейнман, ким биринчи бўлиб китобнинг бир бетини игна учига ёзиб берса у 1000 доллар беришни ваъда қилди. Бу нарса 1964 йилдаёқ амалга оширилди.

1968 йилда Американинг Белл компаниясининг илмий бўлими ходимлари Алфред Чо ва Жон Артурлар сиртни нано-қайта ишлашнинг назарий асосларини ишлаб чиқишди.

1974 йилда япониялик физик Норио Танигучи илмий атамалар каторига “нанотехника” сўзини киритди, у бу сўз билан ўлчамлари 1 микрондан кичик бўлган механизмларни (ускуналарни) аташни таклиф этди.

1981 йилда германиялик физиклар Герд Бинниг ва Генрих Рорерлар сканерловчи туннел микроскопини яратишди, бу ускуна материалга атомар даражада таъсир кўрсата олади. Улар 4 йилдан сўнг Нобел мукофотини олдилар.

1985 йилда Америка физиклари Роберт Керл, Херолд Крото ва Ричард Смоллилар диаметри 1 нанометрга тенг бўлган буюмларни аниқ ўлчай оладиган технологияни яратдилар.

1986 йилда туннел микроскопидан фарқли равишда барча материаллар билан ўзаро ишлай оладиган атомий- куч микроскоп яратилди.

1986 йилда нанотехнологиядан кенг омма ҳам хабар топди. Америкалик футуролог эрик Дрекслер нанотехнологиялар яқин вақтлар ичида тез ривожланиб кетишини башорат этган китобини нашр қилди.

1989 йилда ИБМ компанияси ходими Доналд эйглер ўз фирмасининг номини ксенон атомлари билан ёзиб берди.

1998 йилда голландиялик физик Сеез Деккер нанотранзисторни яратди.

2000 йилда АҚШ ҳукумати “Миллий нанотехнологик ташаббус”ини эълон қилди (Национал Нанотечнологй Инициативе). Ўша вақтда АҚШ федерал бюджетидан 500 млн. доллар ажаратилди. 2002 йилда бу маблағ 604 млн. долларгача оширилди. 2003 йилга 710 млн. доллар сўралди, 2004 йилда АҚШ ҳукумати бу соҳадаги олиб борилаётган изланишларга 4 йилга мўлжалланган 3,7 млрд. доллар ажратди. Умумий равишда бутун дунёда бу соҳани ўрганишга киритилган маблағ 12 млрд. долларни ташкил этди!

2004 йилда АҚШ ҳукумати энди “Миллий нанотиббидиёт” ташаббусини “Миллий Нанотехнологик ташаббуси”нинг бир қисми ҳисоблаб қўллаб қувватлади.

Нанотехнологияларни бундай тез ривожланиши омманинг катта миқдордаги ахборотни қамраб олишга бўлган эҳтиёжидан келиб чиққан.

Замонавий кремний чиплар (интеграл схемалар) турли техник заруратлар натижасида яна тахминан 2012 йилгача кичиклашиб бораверади. Аммо йўлакчасининг эни 40-50 нанометр бўлганда квант механик бузилишлар ошиб боради: электронлар туннел эффекти ҳисобига транзисторлардаги ўтиш йўлакларини тешиб ўта бошлайди. Бу эса қисқа туташув дегани. Буни енгиб ўтиш учун кремний ўрнига ўлчамлари бир неча нанометр бўлган углерод бирикмали наночиплар қўл келиши мумкин эди. Ҳозирги вақтда бу йўналишда катта изланишлар олиб борилмоқда.

Нанотехнология ускуналари. Материалларга макро-, микро ёки нанодаражада ишлов бера оладиган барча технологиялар мос катталикларни ўлчай оладиган воситаларсиз ишлай олмайдилар. Турли хил ўлчаш ускуналари ичида катта ва кичик масофаларни ўлчай оладиган махсус ускуналар мавжуд.

10^{-3} м (миллиметр) тартибигача бўлган кичик масофалар оддий чизғич ёрдамида ўлчанади. У билан масалан қалин картон қоғоз қалинлигини ўлчаш мумкин. Қоғознинг варағи қалинлиги ҳам ундай варақ кўп бўлса ўлчаш қийин бўлмайди ¹ Юз варақни бир тўп қилиб, чизғич билан ўлчаб, чиққан катталиқни 100 га бўлинг. Бу билан биз ҳар бир варақ қалинлиги бир хил деб ҳисоблаб, унинг бир варағи қалинлигини ўлчаган бўламиз.

Аммо, улардан ҳам майда ўлчамларга чизғич ярамайди. Чизғич билан сочнинг бир туки қалинлигини ўлчашга ҳаракат қилиб кўрсак, фақат бир нарсани яъни у жуда ингичка ва ўлчови йўқ экан деган хулосага келамиз. Шунинг учун ҳам шундай ва бундан ҳам кичик бўлган ўлчамларни ўлчаш учун катталаштирувчи ускуналар лозим бўлади, бундай ускуналардан бизга маълум бўлгани оптик микроскопдир.

Оптик микроскоп бизга буюмнинг 0,25 мкм гача бўлган майда қисмларини кўриш имконини беради. Оптик тарзда ишловчи микроскопларни яхшилаш, такомиллаштириш йўлидан бориб ўлчамлари

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

нанометр тартибдаги буюмларни кўрсата оладиган электрон микроскоплар яратилди. Электрон микроскоп атомлар панжараларини ажратиб, кўриб олиш имконини беради, ammo ундаги нуқсонларни аниқлаб бера олмайди. Шундай қилиб XX - асрнинг бошида, материалнинг сиртини кўра олиш даражада катталаштирмасдан тегиб туриш йўли билан ўрганиш ҳақида антиқа фикр келди. Бунда бизга ўша вақтга келиб туннел эффекти ёрдамга келди, унинг асосида 1981 йили биринчи аниқловчи туннел микроскопи (СТМ) яратилди.

СТМ ва туннел эффектини ўрганиш билан кейинроқ, мукамалроқ шуғулланамиз, ҳозир эса уни умумлаштириб кўриб чиқамиз.

4-МАВЗУ. Сканловчи зондли микроскопия, электрон микроскопия, сканловчи электрон микроскоп, трансмиссион электрон микроскоп. спектроскопик усуллар.

Режа:

4.1. Сканловчи зондли микроскопия, электрон микроскопия.

4.2. Сканловчи электрон микроскоп, трансмиссион электрон микроскоп.

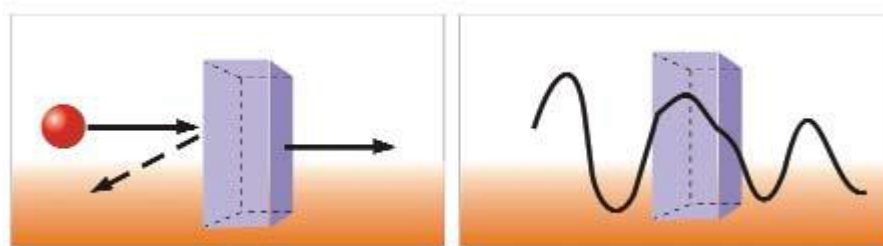
Туннел эффекти – классик физикада унга ўхшаши бўлмаган янги квант механик эффектдир, шунинг учун ҳам изланувчиларда қизиқиш уйғотди. У элементар заррача табиатига хос бўлган корпускуляр-тўлқин дуализмига асосланган.

Классик механика нуқтаи назаридан маълумки, $E < V_0$ энергияга эга бўлган ҳеч қандай моддий жисм V_0 баландликдаги потенциал тўсиқдан ўта олмайди. Масалан, коптокни моддий жисм деб ҳисобласак, потенциал тўсиқ – бу жуда баланд девор бўлса, коптокни девор томонга етарли даражада баланд ташланмаса, унинг энергияси олдинда турган девордан ошиб ўтиб кетишига етмайди ва у тўсиққа урилиб орқага қайтиб тушади.

Аmmo моддий жисм сифатида электрон кўрилса, унда потенциал тўсиқнинг баландлиги, электроннинг хусусий энергиясидан юқори бўлса ҳам аниқ эҳтимоллик билан худди “деворда” бирор бир “тешик” ёки “туннел” бор

бўлганидек, электрон ўз энергиясини бироз ўзгартирган ҳолда, тўсиқнинг бошқа томонида бўлиб қолиши мумкин.

Бу бир қарашда тушунтириб бўлмайдиган туннелланиш эффекти электроннинг ҳам корпускуляр, ҳам тўлқинсимон хоссали эканлигидандир. Электрон E энергияга эга бўлган классик зарра бўлганда, у ўз йўлида енгиб (ошиб) ўтиш учун катта энергияни талаб қиладиган тўсиқни учратиб бу тўсиқдан қайтиб кетиши лозим бўлар эди. Аммо у бир вақтнинг ўзида тўлқин ҳам бўлгани учун, у бу тўсиқдан худди рентген тўлқинлари моддий буюмлар ичидан осонгина ўтганидек ўтиб кета олади.



7-расм. Туннел эффекти

Шундай қилиб, ҳар қандай ўтказгич ёки яримўтказгич сиртида доимий равишда унинг чегараларидан термоэлектрон эмиссия натижасида эмас, балки туннел эффекти эвазига “чиқиб” кетган эркин электронларнинг маълум миқдорини кузатиш мумкин.

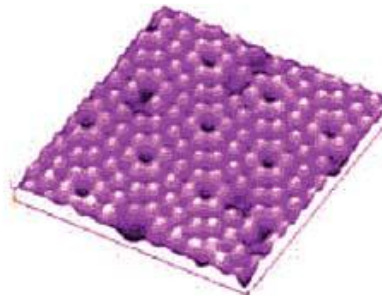
Агар иккита ўтказувчи материал олиб уларни бир-биридан 0,5 нм масофада жойлаштириб, уларни потенциалларнинг нисбатан кичик фарқи (0,1-1 В) билан қўшиб қўйсак, унда улар ўртасида туннел эффекти натижасида пайдо бўлган ва туннел токи деб аталадиган электр токи пайдо бўлади.

Худди шу тажрибани энди бизни қизиқтираётган жисм сиртига ўткир предметни, масалан, учи атом қалинлигидаги игнани яқинлаштирсак ва уни ўрганаётган буюмдан ўтказиб буюмнинг атом даражадаги тузилиши ҳақидаги маълумотларни олсак бўлади.

1981 йилда ИБМ компанияси ходимлари Г.Бининг ва Г.Рорерлар бу ходиса асосида биринчи *сканерловчи туннел микроскоп* (СТМ)ни яратишди ва 1982 йилда унинг ёрдамида тарихда биринчи бўлиб атомар ажратиш билан

аввал олтиннинг, сўнгра кремнийнинг сирти тасвирини олишди.

Бу ихтиролари учун олимлар 1985 йили Нобел мукофотига лойиқ деб топилган. Тақдир тақозоси билан СТМнинг улкан имкониятларини дарров тушуниб етмаган баъзи бир наширётлар Бининг ва Рорерларнинг мақоласини, ихтироларига берилган таърифни унча қизиқиш уйғотмайди деган баҳона билан нашр этиш учун қабул қилмаганлар.



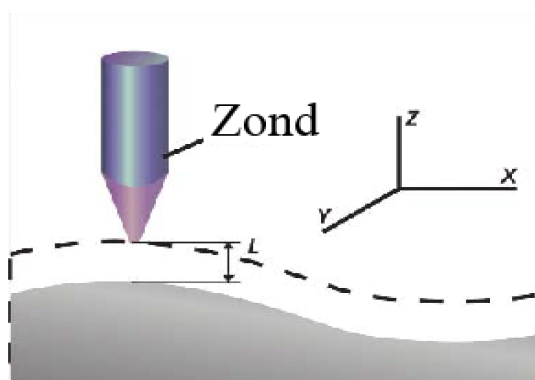
8-расм. СТМда монокристалл кремнийнинг устки кўриниши

СТМнинг ишчи органи – зонд – бу ток ўтказувчи метал игнадир. Ўрганилаётган сиртга зонд жуда яқин масофага ($\sim 0,5$ нм) яқинлаштирилади ва унга доимий кучланиш берилганда ўртасида туннел токи ҳосил бўлади, у эса экспоненциал равишда зонд билан намуна орасидаги масофага боғлиқ бўлади: орадаги масофа фақатгина 0,1 нм қадар катталаштирилса туннел токи деярли 10 мартага пасайиб кетади. Худди шу ҳодиса микроскопнинг юқори даражада ажратиш қобилиятини таъминлайди.

Кузатиш тизими ёрдамида ток ва масофани доимий бирдай ушлаб туриб, зондни X ва Y ўқлари бўйлаб ҳаракатлантириб, релефга мос равишда гоҳ кўтарилиб, гоҳ пасайиб СТМ сиртни ўргана бошлайди.

Бу ҳаракат ҳақидаги ахборотни компьютер кузатади ва текширилувчи буюм тасвири экранда зарурий аниқликда кўриш учун дастурланади.

Намуналарни текшириш тартибига асосланган СТМ конструкциясининг 2 та варианты мавжуд.



9-расм. СТМнинг ишлаш схемаси

Игна учи *доимий баландлик тартибида* намуна устида горизонтал текислик бўйлаб ҳаракатланади, туннел ток эса ўзгаради (1.10а расм). Сиртнинг барча нуқтасида ўлчанган туннел ток катталиги ҳақидаги маълумотлардан келиб чиқиб намуна қиёфаси кўриниши қурилади.

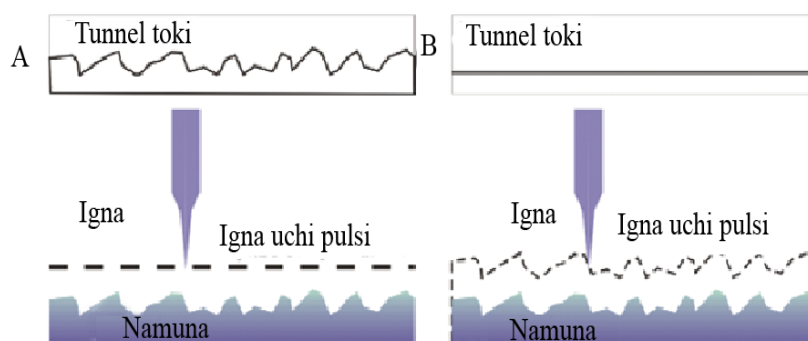
СТМнинг *доимий ток тартибида* тескари боғланиш тизими ишга туширилади. Бунда доимий туннел токни текширувчи ускуна баландлигини сиртнинг ҳар бир нуқтасига мослаштириш йўли билан қуйилиб турилади (10, б расм).

Иккала тартибда ҳам ютуқ ва камчиликлар бор. Доимий баландлик тартиби тезроқ, чунки бу тизим текширувчи мосламани юқорига-пастга жилдирмайди, аммо бунда фойдали маълумотни нисбатан силлик намуналардангина олиш мумкин. Доимий ток тартибида эса юқори аниқлик билан мураккаб сиртларни ўрганиш мумкин, аммо вақт кўп кетади.

СТМнинг энг зарур қисми бу механик манипулятордир, у зондни нанометрнинг мингдан бир бўлаклари аниқлигида сирт устида ҳаракатланишини таъминлаши лозим. Одатда механик манипуляторни пезокерамик материалдан тайёрланади.

Бундай материалнинг қизик хусусияти унинг *пезоеффекутидир*. Унинг маъноси қуйидагидан иборат: пезоматериалдан тўғри бурчакли тўсин кесиб олиб, қарама-қарши томонларига металл электродлар суркалса ва уларга потенциаллар фарқи қўйилса, унда ток таъсири остида тўсиннинг геометрик ўлчамлари ўзгариши юз беради. Ва унинг тескараси: тўсинда кичкинагина бўлсада деформация юз берса, унинг қарама-қарши томонларида

потенциаллар фарқи ҳосил бўлади. Шундай қилиб, токдаги кичик ўзгаришларни бошқара туриб, зонднинг жуда кичик масофаларга силжишига эришиш мумкин. Бунда тадқиқот микроскопи ишлаши керак.

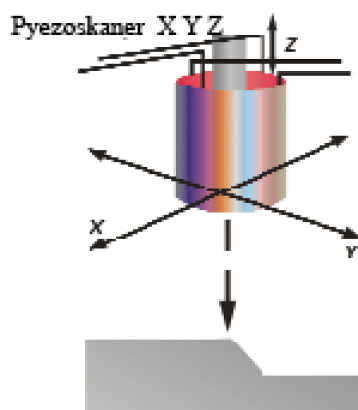


10-расм. СТМнинг ишлаш тартиби (режими)

Амалий қурилмаларда одатда бир нечта ажратилган электродли юпқа деворли найча кўринишдаги пезокерамик манипуляторлардан фойдаланилади. Бошқарувчи кучланиш бундай манипуляторларнинг чўзилишини ёки эгилишини келтириб чиқаради ва шу билан бирга зонднинг барча уч фазовий координаталар X , Y ва Z ўқлари бўйича ҳаракатини таъминлайди.

Замонавий манипуляторлар қурилмаси зонднинг текисликда 100-200 мкм га, баландлик бўйича эса 5-12 мкм га ҳаракатланиш диапазонини таъминлайди.

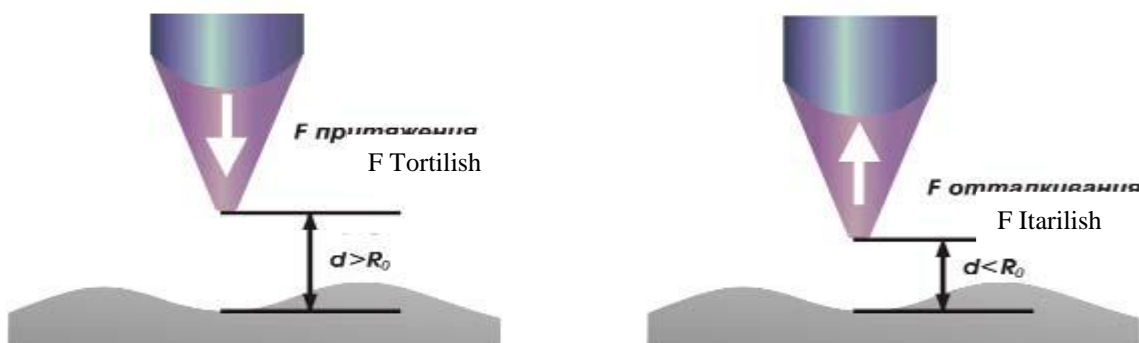
Туннел микроскопининг кашф этилиши сиртларни атом даражасида ўрганишга имкон берди. Аммо бу асбоб бир қатор чекланишларга ҳам эга. Туннел эффектига асосланганлиги учун у фақат электр токини яхши ўтказадиган материалларни ўрганишдагина қўлланиши мумкин.



11-расм. Пезоманипуляторнинг схемаси

Аммо, ривожланиш, ўсиш бир жойда туриб қолмайди ва 1986 йили ИБМнинг Сюрих бўлими лабораториясида кейинги авлод микроскоплари – **атомий - куч микроскоплар**(АКМ) яратилди. АКМ ҳам сиртларни атом аниқлигида ўрганишга имкон беради, аммо энди электр ўтказувчилар бўлиши шарт эмас. Ҳозирги кунда айнан шундай микроскоп тадқиқотчилар қизиқишни уйғотмоқда³.

Атомий - куч ва туннел микроскопларнинг ҳаракат қонуниятлари амалда бир хил, фақат туннел микроскопиникидан фарқли равишда АКМнинг ишлаши атомлараро боғланишлар кучидан фойдаланишга асосланган. Кичик масофаларда (0,1 нм га яқин) икки жисм атомлари ўртасида итаришиш кучлари (12а расм), катта масофаларда эса тортишиш кучлари ҳаракатга келади (12б расм).

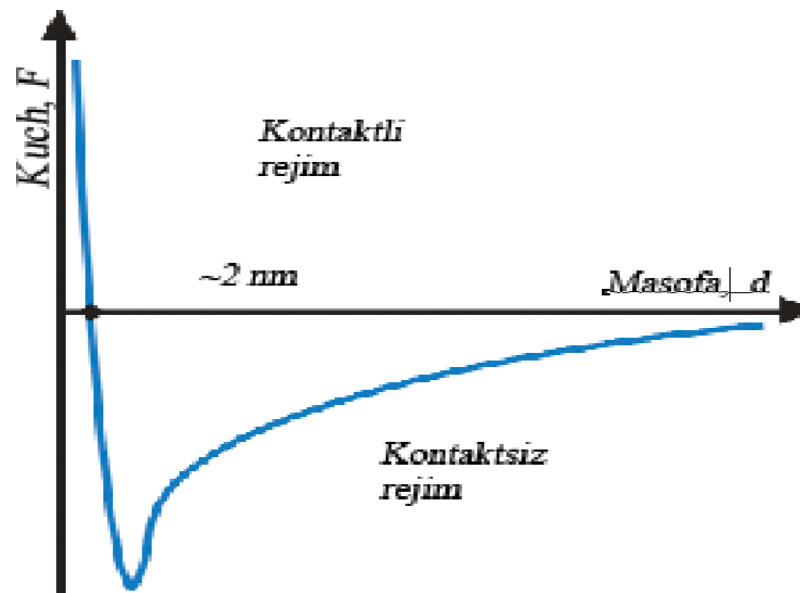


12-расм. АКМнинг ишлаш принципи

Тадқиқотлар учун яратилган атомий- куч микроскопда бундай икки жисм ўрганилаётган сирт ва унинг устида сирпанаётган игна учи бўлади. АКМда зонд сифатида олмос игнадан фойдаланилади. Сирт ва игна учи ўртасидаги Φ кучи ўзгарганда унга бириктирилган пружина оғади ва у датчик томонидан қайд қилинади. Эластик элементнинг (пружинка) оғиш катталиги сиртнинг релефи ҳақидаги маълумотга эга бўлади.

13-расмда атомлараро кучнинг игна учи ва намуна ўртасидаги масофага боғлиқлиги эгри чизиғи кўрсатилган.

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



13-расм. Намуна ва зонд учигади атом ўртасидаги таъсир кучини улар орасидаги масофага боғлиқлиги.

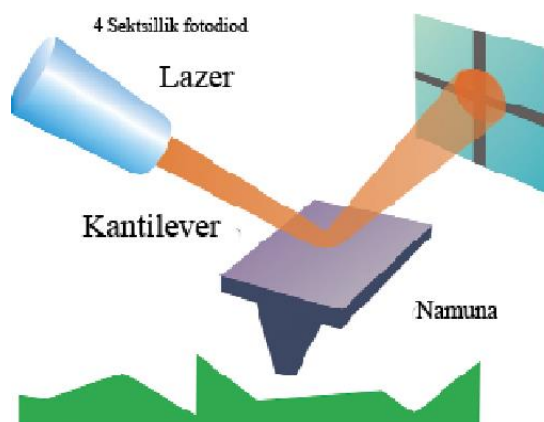
Игна сиртга яқинлашгани сари унинг атомларининг намуна атомларига тортилиши кучайиб бораверади. Игна ва сиртнинг тортилиш кучи то уларнинг электрон “булутлари” электростатик равишда бир-биридан итаришиш холатига келгунча давом этаверади, яна ҳам яқинлашишганда электростатик итариш кучи экспоненциал тарзда тортилиш кучини камайтиради. Бу кучлар атомлар орасидаги масофа 0,2 нм га яқин бўлганда мувозанатлашади.

АКМда ҳам СТМга ўхшаб сиртни текшириш икки усулда амалга ошиши мумкин: *кантилевер* (зонд) *орқали текшириш ва таглик билан текшириш*. Биринчи ҳолда текширилаётган сирт бўйлаб кантилевер ҳаракатланади, иккинчисида эса ҳаракатсиз намунага нисбатан тагликнинг ўзи ҳаракатланади.

Зонд ва сиртнинг ўзаро таъсирлашиш кучларини қайд этиш учун одатда зонд учидан қайтган лазер нурунинг оғишини қайд этишга асосланган услубдан фойдаланилади. Нур махсус алюминийли кўзгусимон қоплам билан қопланган кантилевернинг учи томон йўналади, шундан сўнг махсус тўрт сексиялик фотодиодга ўтади.

Шундай қилиб, кантилевернинг озгина оғиши ҳам лазер нуруни фотодиод сексияларига нисбатан силжишига олиб келади, бу эса ўз

навбатида кантилевернинг у ёки бу томонга силжишини кўрсатувчи фотодиод сигналини ўзгартиради. Бундай система нурнинг 0,1 бурчак остида оғишини ўлчаш имконини беради.



14-расм. Лазер нурининг бошланғич ҳолатдан оғишини қайд қилиниши.

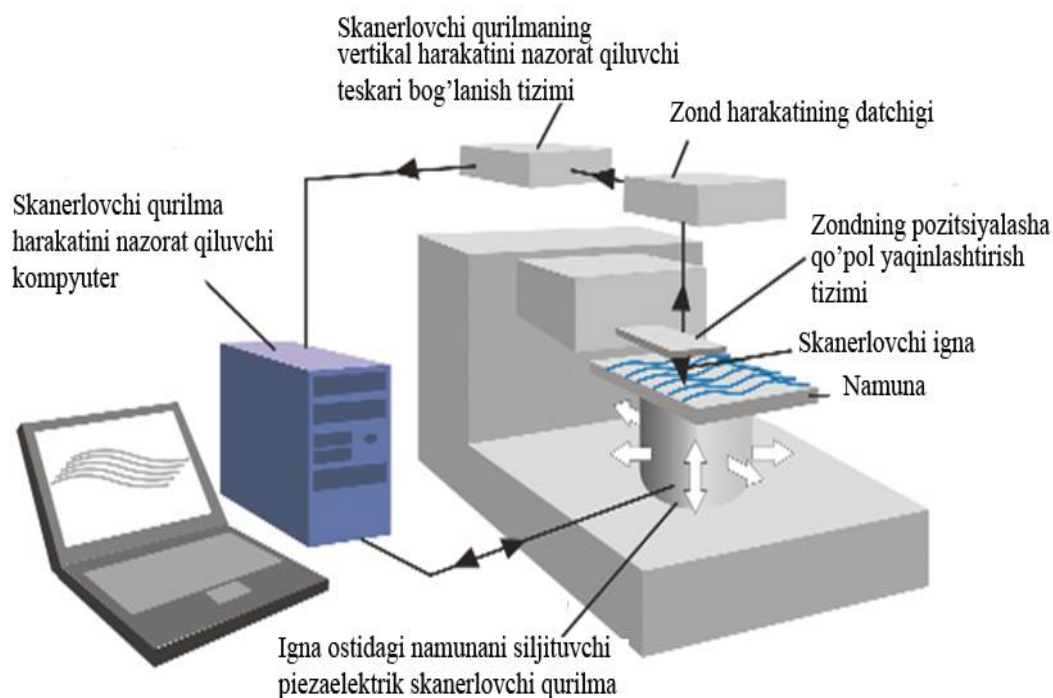
АКМнинг электр намуналар ўтказувчан бўлишини талаб қилмагани учун у ДНК ва бошқа юмшоқ материалларнинг молекуляр ўтказгичли ва изоляторлик ҳоссаларини текширишга имкон яратади.

Зондли микроскопиянинг ривожланиши таърифланган қонуниятлар амалда зонд учининг сирт билан ўзаро таъсирлашишининг ҳар қандай турида ҳам қўлланилиши мумкинлигини кўрсатиб берди. Бу эса умумий номи текширувчи зонд микроскоплари (ТЗМ) деб аталувчи микроскопларнинг кичик-кичик намуналарини ҳам яратилишига олиб келди². Бугунги кунда уларнинг қуйидаги турлари маълум:

- туннел зондлар;
- атомий- куч зондлар;
- яқин майдон оптик зондлар;
- магнитик-куч зондлар;
- электростатик куч зондлар ва бошқалар.

ТЗМнинг бошқа баъзи турлари билан кейинги боблардан бирида тўлиқроқ танишамиз, ҳозирча уларнинг умумий чизмаси билан танишамиз.

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



15-расм. ТЗМ ишлашининг умумий таърифи.

Ҳар бир текширувчи зонд микроскопининг махсус хоссалари бор. Аммо, уларнинг умумий чизмаси у ёки бу даражада юқорида айтилган қонуниятларга яқинлигича қолган. ТЗМ таркибига микроскопнинг электромеханик қисмининг ишлашини бошқарадиган зонд, қайд этган маълумотларни қабул қиладиган ва ёзиб оладиган, ҳамда улар асосида тасвир кўринишини тузадиган қисмлар киради. Бундан ташқари, махсус дастур изланувчига олинган тасвир билан хоҳлаган тарзда ишлаш учун (масштаблаштириш, айлантириш, кесимлар қуриш) сиртнинг кўриниб турган расмини таҳлил қилиб чиқиш учун имкон яратади.

Текширувчи зонд микроскопиясида қабул қилинган терминология инглиз тилидан келиб чиққанлигини кўрсатувчи изларни қолдирган. Масалан, кўпинча текширувчи игнанинг учини “тип” (тип), консол – «кантилевер» (сантилевер) деб аталади.

Бугунги кунда ТЗМ нанотехнологияларнинг асосий куролидир. Такмиллаштиришлар натижасида улар ўрганилаётган намуналарнинг нафақат топологиясини (геометрик хусусиятларини), балки кўплаб бошқа характеристикаларини: магнитик ва электрик хоссаларини, каттиқлигини,

таркибнинг бир жинслилигини ва бошқаларни, нанометр ўлчамликлари даражасида аниқлик билан ўрганиш имконини беради.

Турли параметрларни аниқлашдан ташқари замонавий ТЗМлар нанообъектларни *манипулятсиялаш*, айрим атомларни тутиш ва уларни янги вазиятга кўчиришни таъминлайди, эни бир атомга тенг бўлган ўтказувчиларни атомар тарзда йиғиш имконини беради.

СТМ игнаси ёрдамида атомлар ўринларини алмаштиришнинг 2 та асосий усули бор: *горизонтал* ва *вертикал*. Ўринларни вертикал алмаштиришда керакли атом тутилгандан сўнг зондни бир неча ангстремга кўтариб туриб атомни сиртдан узиб олинади. Атомнинг сиртдан узилишини токнинг сакраши назорат қилиб туради. Бу ҳолда атомни узиб олиб бошқа жойга кўчириб қўйиш кўп меҳнат талаб қилади. Лекин, атомни горизонтал кўчириш сиртнинг ғадир-будирликлардан олиб ўтишдан кўра афзалроқ. Белгиланган жойга олиб борилган атом нина учини сиртга яқинлаштириб, кучланиш қайта улаш билан озод этилади ва жойига туширилади.

Ҳозирги кунда дунёда кўп турдаги ТЗМ ва унинг қисмлари ишлаб чиқарилмоқда. Уларни ишлаб чиқарган фирмаларнинг номлари: Дигитал Инструментс, Парк Ссиентифис Инструментс, Омисрон, Топометрих, Бурлеигх ва бошқалардир.

Назоарт саволлари:

1. Нано – кўшимчаси қандай маънони англатади?
2. Балк – технология нима?
3. Нанотехнология таърифини айтинг.
4. Ассемблер нима?
5. Оқсил синтезланиш жараёнини тушунтиринг.
6. И-РНК ва т-РНКлар нима вазифани бажаради?
7. Биринчи нанотранзистор қачон яратилган?
8. СТМ нима ва у қандай ишлайди?
9. АКМ ишлашини тушунтиринг.
10. Ўз – ўзини йиғиш деганда нимани тушунаси?

11. Фуллерен қачон кашф этилган?

5-МАВЗУ. Нанотехнологияларни энергетика ва атроф муҳит ҳимоясида қўллаш. янги авлод қуёш элементлари, фотокатализаторлар, водород энергетикаси, наногенераторлар.

РЕЖА:

1. Нанотехнологияларни энергетика ва атроф муҳит ҳимоясида қўллаш.
2. Янги авлод Қуёш элементлари, фотокатализаторлар.

Таянч иборалар: Нанофизика, нанотехнология, нанодиспер тизимлар, наномезаника, наноэлектроника, наножиҳозлар, наносенсорлар, наноқатламли материаллар, нанотолалар, наносорбентлар.

1 Нанофизика ва нанотехнологиялар узвийлиги ҳамда устувор илмий-тадқиқот соҳалари ва йўналишлари.

Материаллар сифати юқори бўлиши учун улар атомлар ва молекулалар даражасида мукамал бўлишлари лозим. Бундай тузилмаларни тузишнинг нанотехнологик усулларида бири – бу ўзи-ўзини йиғишдир.

Ўз-ўзини йиғиш тирик табиатда кенг тарқалган. Барча тўқималарнинг тузилиши уларнинг хужайралардан ўз-ўзини йиғиши билан таърифланади, хужайраларнинг ўз тузилиши эса айрим молекулаларнинг ўз-ўзини йиғиши билан кафолатланади¹.

Табиатдаги наносистемаларнинг ўз-ўзини йиғиш механизмлари изланувчиларни унинг қонуниятларидан сунъий наноструктураларни куриш учун “нуша қўчириб” олишга ундади. Ҳозирги вақтда табиий суяк тўқимасини такрорловчи наноматериаллар тайёрлашда сезиларли муваффақиятларга эришилди. Бунинг учун коллагеннинг табиий толасини такрорловчи, диаметри 8 нм га яқин бўлган толанинг ўз-ўзини йиғишидан

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

фойдаланилади. Олинган материалга табиий суяк хужайралари яхши ўрнашади, бу уни суяк тўқимаси учун “елим” ёки “шпатлёвка” сифатида ишлатиш имконини беради [2].

Электростатик ўз-ўзини йиғиш ҳам hozirги пайтда кучли ривожланган. У материал тузилишини одатий шароитларда ўзгартириш имкониятини беради. Бунинг учун ичида нанозаррачалар бўлган материалга қўйилган потенциаллар фарқини бошқариш асос бўлиб хизмат қилади [4].

Табиатдаги наноэффektлар: заройиб панжалар. “Унинг узунлиги 8 дан 30 см гача. Боши анча кенг ва кучли яссилашган, кўзлари қовоқсиз тирқишсимон қорачиқли, бўйни калта, танаси анча йўғон, синувчан. Танаси майда бўртмасимон ва донадор тангачалар билан қопланган. Эски ва Янги оламнинг иссиқ мамлакатларида яшамайди.”

Бу ерда гап геккон – чиройли, хавфсиз бўлган, ўзининг ҳар қандай жойда ҳар қанақасига юра олиш хусусияти билан олимларнинг диққатини тортган калтакесак ҳақида бормоқда. Гекконлар нафақат тик қияликларга, деворларга чиқа оладилар, балки шифт ва дераза ойналарида ҳам бемалол юра оладилар.

Олимлар узок вақтлар мобайнида геккон қандай қилиб жуда силлиқ ва вертикал ойна бўйлаб, йиқилмасдан ва сирпанмай юришини, ҳаракатлана олишини тушуна олмас эдилар. Бундай табиий мавжудотни тушуниш учун кўплаб уринишлар бўлди.

Аввалига, гап ҳайвон панжаларидаги ноёб сўрғичларда деб тахмин қилинган. Аммо, аниқланишича, геккон панжаларида ҳеч қандай сўрғичга ўхшаган нарсалар йўқ экан. Геккон ойна бўйлаб шиллиққуртга ўхшаб ҳар қандай предметда ҳам ушланиб туришига ёрдам берадиган ёпишқоқ суюқлик ёрдамида ҳаракатланади деган тахмин ҳам ўзини оқламади. Бундай суюқликдан ойнада из қолиши керак эди, ундан ташқари геккон панжаларида бундай суюқлик чиқариб бера оладиган ҳеч қандай безлар ҳам топилмади.

Бу ҳолатга топилган жавоб бутун оммани хайратга солди: геккон ҳаракатланаётганда молекуляр физика қонунларидан фойдаланар экан.

Олимлар геккон панжасини микроскоп остида диққат билан ўрганиб чиқдилар. Аниқланишича, унинг панжалари жуда ҳам майда тукчалар билан копланган экан, бу тукчаларнинг диаметри инсон сочининг диаметридан ҳам 10 марта майдароқ экан. Ҳар бир тукчанинг учида сантиметрнинг 200 миллиондан бир бўлагичалик бўлган минглаб жуда майда ёстикчалар мавжуд экан. Бу ёстикчалар паст томонидан тўқима барглари билан тўсилган ва анча катталаштирилган, ҳар бир баргча юз минглаб ингичка тукчасимон қилчалар, юзлаб кўраксимон учларга бўлинган, уларнинг ҳар бирининг диаметри 200 нм ҳолос экан!

Юз миллионлаб бундай тукчалар сиртдаги ҳар қандай майда текис бўлмаган жойларга ёпишиб олиш имконини беради. Кўзимизга ҳар қанча силлик кўринган ойналар ҳам гекконларга унга ёпишиб олиш имконини берар экан. Аниқланишича, бу ерда Ван-дер-Ваалс кучлари, бошқача айтганда молекулалараро таъсир кучлари ишлар экан. Ван-дер-Ваалс назарияси квант механикасига асосланган. Материаллар молекулалари жуда қисқа масофаларда итаришади, каттароқ масофаларда эса тортишади (АКМ ишлаши шу принципга асосланган).

Геккон панжасини сиртга қўйганда, наноқилчалар учидаги кўракчалар унга шундай зич ўтирадики, худди панжалар вертикал деворга ёки шифтга ёпишиб қолгандай бўлади. Геккон бўғинларини кучлантирса ва панжасини тортса – Ван-дер-ваалс кучлари йўқ бўлади ва у сиртдан енгилгина ажралади.

Ван-дер-ваалс кучлари жуда кичик, аммо геккон панжаларидаги тукчаларнинг жойлашиши анча катта таъсир майдонни қамраб олиб калтакесакка шифтда ўзининг беш бармоқли панжасининг фақат бир бармоғи ёки думи учи билан ушланиб туриш имконини беради ⁴.

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



1 -расм. Геккон панжасининг яқинлаштирилган сурати.

Буларни барчаси олимларни ўзлари яратган ихтиродан фойдаланишга туртки бўлди. Робот компаниясининг ходимлари аквариум деворлари бўйлаб вертикал равишда ҳаракатлана оладиган роботни қуришди. Кейинчалик роботни сунъий туклар билан таъминлаш ва ёпиштириб турадиган кучни ошириш режалаштирилган. Иложи бўлса роботга геккон думи уланса, у учли тошлар устида ҳам югура олади.

Калтакесаксимон роботларни тайёрлаш учун олиб борилаётган тажрибалар муваффақиятли чиқса, буни турли соҳаларда – баланд иморатлар ойнасини ювишдан то узоқ сайёраларнинг тик йўллари бўйлаб сайёҳатга чиқишгача қўлланиши мумкин.

Бу қонуниятни ёпишқоқ лента, скотчга ўхшаш материалларни, тайёрлашда асос қилиб олиш мумкин, ундан қайта-қайта ва хатто вакуумда ҳам фойдаланиш мумкин (одатий скотч фазода ишламайди). “Қурук елим”лар деб аталувчи, ҳарактеристикалари диапазони кенг бўлган, электростатикага асосланган кучли ёпишқоқликни таъминловчи янги материаллар авлодини яратиш устида ишлар олиб борилмоқда.

Инсонни вертикал деворда маҳкам ушлаб турувчи оёқ кийим ва қўлқоплар тайёрлаш мумкин. Улар нафақат алпинистлар ва чўққиларда ишлар олиб борадиган монтажчилар ҳаётини, балки бошқа одамларнинг ҳам ҳаётини енгиллаштирган бўлар эдилар.

5.2. Нанодисперс тизимлар, наномеханика, наноэлектроника, нанометалл ва яримўтказгичли наножиҳозлар ва наноматериаллар.

Демокрит ўзининг Коинотнинг атомистик қарашида дунё кўплаб

“ғиштчалар”дан – ўзига хос хусусиятли кимёвий элемент ва унинг бирикмаларидан иборат эканлигига эътибор қаратган. “Оламни ташкиллаган ғиштчалари”нинг хусусиятлари бир хил бўлмаганидек, уларнинг тарихи ҳам бир хил эмас. Бир хил элементлар: мис, темир, олтингугурт, карбон кабилар қадимдан маълум. Бошқаларидан, улар ҳали кашф қилинмасидан туриб асрлар давомида топилмасдан туриб ҳам, инсон фойдаланган (масалан, кислород фақат XVIII асрдагина очилган). Учинчилари эса 100-200 йил олдин очилган, аммо ҳозирга келиб биринчи даражали аҳамиятга эга бўлиб қолишди. Уларга уран, алюминий, бор, литий, бериллий ва бошқалар қиради.

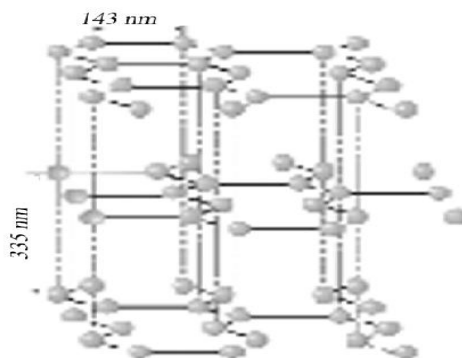
Тўртинчиларининг эса биографияси энди бошланмоқда...

1985 йилда Роберт Керл, Гаролд Крото ва Ричард Смоллилар кутилмаганда тубдан янги углеродли бирикма – *фуллерен*ни очдилар. Фуллеренларнинг ноёб хоссалари уларга жуда катта қизиқишни келтириб чиқарди. 1996 йилда уларга Нобел мукофоти топширилди.

Фуллеренлар ва углеродли наноайчалар. Фуллерен молекуласи асоси углероддир – бу ноёб кимёвий элемент кўпчилик элементлар билан бирикиб турли таркиб ва қурилишга эга молекулалар ҳосил қилиш хоссаларига эга. Мактаб кимё курсидан бизга маълумки, углерод 2 та асосий аллотроп ҳолатга эга: графит ва олмос. Фуллерен очилиши билан углерод яна бир аллотроп ҳолатга эга бўлди дейишимиз мумкин. Биз ана шу графит, олмос ва фуллерен молекулалари тузилмаларидир.

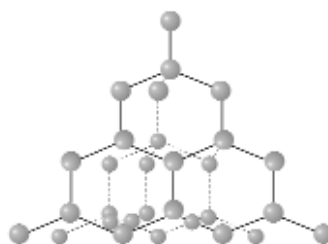
Графит қатламли тузилишга эга. Унинг ҳар бир қатлами тўғри олти бурчакли бир-бирига ковалент боғланган углерод атомларидан иборат.

Кўшни қатламлар кучсиз Ван-дер-ваалс кучлари билан бир-бирига боғланиб туради. Бунга мисол қилиб оддий қаламни кўрсатишимиз мумкин – сиз графитли стерженни қоғоз устида юргизсангиз, қатламлар аста-секин бир биридан ажралади ва қоғозда из қолдиришади.



2-расм. Графитнинг тузилиши

Олмос уч ўлчамли тетраэдрик тузилишига эга. Углероднинг ҳар бир атоми қолган тўрттаси билан ковалент равишда боғланган. Барча атомлар кристал панжарада бир- биридан бир хил масофада (154 нм) жойлашган. Улар ҳар бири бошқалари билан тўғри ковалент боғланган ва кристалда битта йирик макромолекула ҳосил қилади ⁶.



3-расм. Олмоснинг тузилиши

C-C ковалент боғланишларнинг юқори энергияси ҳисобига олмос жуда мустаҳкам ва нафақат қимматбаҳо тош, балки метал кесувчи ва силлиқловчи ускуналар тайёрлаш учун ҳам ҳом-ашё сифатида ишлатилади.

Фуллеренлар ўз номланишини архитектор Бакминстер Фуллер шаънига олишган, у бундай структураларни архитектурада фойдаланиш учун яратган (шунинг учун уларнинг яна бакиболалар деб ҳам аташади). Фуллерен футбол тўпига жуда ўхшовчи, 5-6 бурчак шакли “ямоқлар”дан тузилган *каркас тузилишига* эга. Бу кўпёқлар учидан углерод атомлари жойлашган деб тасаввур қилсак, унда биз энг барқарор бўлган C₆₀ фуллеренини оламиз.

Энг таниқли ҳамда фуллеренлар оиласининг энг симметрик бўлган вакили C₆₀ молекуласида олтибурчаклиларнинг сони 20 га тенг. Бунда ҳар

⁶ www.nanometer.ru/

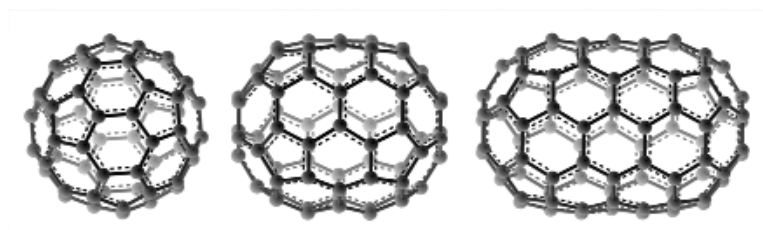
бир бешбурчак фақат олтибурчакли билан чегаралашган, ҳар бир олтибурчак олтибурчаклилар билан 3 та умумий томонга ва 3 та бешбурчаклар билан умумий томонга эга.

Фуллерен молекуласи тузилишининг қизиғи шундаки, бундай углерод “тўпи”нинг ичида бўшлиқ ҳосил бўлади, унга капилляр хусусиятлари ҳисобига бошқа материалларнинг атом ва молекулаларини киритиш мумкин, бу эса уларга, масалан, уларни хавфсиз кўчириш имконини беради¹.



4-расм. Фуллереннинг тузилиши.

Фуллеренларни ўрганиш давомида унинг таркибида углерод атомлари сони турлича – 36 тадан 540 тагача бўлган молекулалари синтез қилинди ва ўрганилди.

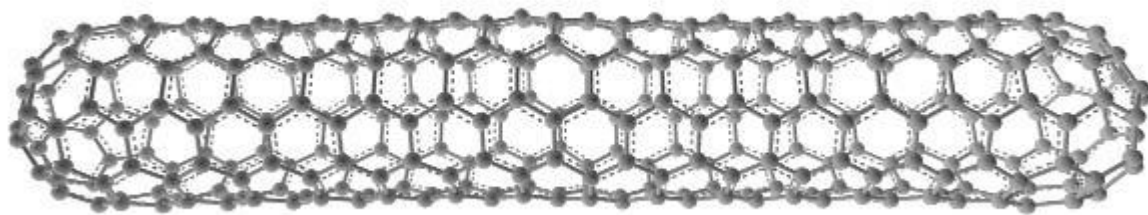


5-расм. Фуллеренлар вакиллари а) C_{60} в) C_{70} с) C_{90}

Аммо углеродли каркас тузилмалар хилма хиллиги бу билан тугамайди. 1991 йилла япониялик профессор Сумио Иидзима узун углеродли цилиндрларни аниқлади ва уларни наноайчалар деб номлади.

Наноайча – бу миллиондан ортиқ углерод атомларидан иборат молекула бўлиб у диаметри 1 нанометрга яқин ва узунлиги бир неча ўн микрон бўлган найча кўринишидадир. Найча деворларида углерод атомлари тўғри олтибурчакларнинг учида жойлашган.

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



6-расм. Нанонайчанинг тузилиши (структураси)

Нанонайчалар тузилишини қуйидагича кўз олдимизга келтириш мумкин: графит текислик оламиз (қоғоз), уни узун қилиб кесамиз ва цилиндрга “ёпиштирамиз” (ҳақиқатда нанонайчалар бошқача ўсади). Бу жуда оддий экан-ку – аммо буни нанонайчалар тажрибалар натижасида яратилгунча ҳеч бир назариячи олдиндан айтиб бера олмаган. Шунинг учун ҳам олимларга уни ўрганиш ва ундан хайратланишдан бошқаси қолмади.

Хайратланишга эса асос бор эди, чунки бу хайратга солган нанонайчалар одам сочи толасидан 100 минг марта ингичка бўлишига қарамадан жуда ҳам мустаҳкам материал бўлиб чиқди. Нанонайчалар пўлатдан 50-100 марта мустаҳкамроқ ва 6 марта кичик зичликка эга. Юнг модули – материалнинг деформатсияга қаршилик даражаси – бу нанонайчаларда оддий углерод толаларига нисбатан икки баробар юқори. Найчалар нафақат мустаҳкам, балки ўта қаттиқ мустаҳкам резина найчаларга ўхшайди. Механик кучланишлар таъсирида нанонайчалар ўзини бошқача, антиқа тутадилар: улар “узилмайди”, “синмайди”, оддийгина тарзда жойларини алмаштириб олишади. Нанонайчаларнинг бундай ўзига хос хусусиятларидан сунъий мускуллар яратишда фойдаланиш мумкин, улар бир хил ҳажмда биологик мускуллардан 10 баробар кучлироқ бўлиши мумкин, юқори температура, вакуум ва кўплаб кимёвий реагентлардан кўрқинмайди.

Нанонайчалардан ўта енгил ва ўта мустаҳкам композитсион материаллар яратиш мумкин, улардан эса ҳаракатни қийинлаштирмайдиган ўт ўчирувчилар ва фазогирлар учун кийимлар тикиш мумкин, Ердан Ойгача бўлган битта найчали нанокабелни кўкнор уруғи ўлчамидаги ғалтакка ўраш мумкин. Нанонайчалардан ташкил топган диаметри 1 ммга унча катта

бўлмаган ип, ўзининг массасидан юз миллиардлаб катта бўлган 20 т юкни кўтара олган бўлар эди.

Тўғри, ҳозир наноайчаларнинг максимал узунлиги ўн ва юзлаб микрон – атомлар масштабидан жуда катта, шундай бўлса ҳам улар доимий фойдаланиш учун жуда кичиклик қилади. Лекин олинаётган наноайчаларнинг узунлиги аста-секин ошиб бормоқда – ҳозир олимлар сантиметрли чегарага яқин келишди. 4 мм узунликка эга бўлган кўп қатламли наноайчалар олинди. Шунинг учун ҳам олимлар яқин келажакда метр в юзлаб метрли узунликдаги наноайчаларни ўстиришга эришадилар деб умид қилсак бўлади.

Наноайчалар турли шаклларда бўлади: бир қатламли, кўпқатламли, тўғри ва спиралсимон. Бундан ташқари улар кутилмаган электрик, магнитик, оптик хоссаларини намоиш қилишмоқда.

Мақсадга мувофиқ равишда найчалар ичига бошқа материаллар атомларини киритиш йўли билан наноайчаларнинг электрон хоссаларини ўзгартириш мумкин.

Фуллеренлар ва наноайчалар ичидаги бўшлиқлар анчадан буён олимлар диққатини тортар эди. Тажрибалардан кўринишча, фуллерен ичига қайсидир материалнинг атоми киритилса, бу унинг электрик хоссаларини ўзгартириб юбориши ва ҳаттоки изоляторни ўта ўтказгичга айлантириб юбориши мумкин экан.

Шундай йўл билан наноайчалар хоссаларини ҳам ўзгартириш мумкинми? Олимлар наноайчалар ичига аввало гадолиний атомлари киритилган фуллеренлар занжирини жойлашга эришдилар. Бундай ғаройиб структуранинг электрик хоссалари оддий, бўшлиқли наноайчалар ҳамда ичида бўш фуллеренли наноайчалар хоссаларидан кучли равишда ажралиб туради. Бундай бирикмалар учун махсус кимёвий белгилар ишланган. Юқорида таърифланган структура куйидагича белгиланади: Улардан (наноайчалардан) фойдаланиш доираси жуда кенг. Наноайчалардан, масалан, микроасбоблар учун симлар тайёрлаш мумкин. Уларнинг

ғаройиблиги, ток улар бўйлаб умуман иссиқлик ажратмасдан ва жуда юқори қийматга – 10^7 А/см² га етади. Оддий ўтказгич бундай тоқларда дарров буғланиб кетган бўлар эди.

Нанонайчаларни компьютер индустриясида қўллаш учун бир нечта ишланмалар ҳам ишлаб чиқилган. 2006 йилда нанонайчали матритсаларда ишловчи ясси экранли эмиссион мониторлар пайдо бўлди. Нанонайчаларнинг бир учига ўрнатиладиган кучланиш таъсирида бошқа учи электронлар таратишни бошлайди, улар фосфореценцияланадиган экранга тушади ва пиксель ёруғланишини келтириб чиқаради. Бундай ҳосил бўладиган тасвир нуқтаси жуда ҳам кичик: микронлар тартибида бўлади.

Яна бир мисол – нанонайчадан текширувчи микроскоп игнаси сифатида фойдланилади. Одатда бундай игна жуда ўткирлашган волфрамли игна кўринишида бўлади, аммо атомлар ўлчовида бундай игналар жуда кўпол бўлиб қолаверади. Нанонайча эса диаметри бир неча атомлар тартибидаги энг яхши игна кўринишида бўлади.

Нанонайчаларнинг ғаройиб электрик хоссалари уларни наноелектрониканинг асосий материалларидан бири қилиб қўяди. Улар асосида компьютерлар учун янги элементлар тайёрланди. Бу элементлар ускуналар ўлчамларини кремнийли асбобларга нисбатан бир неча тартибга кичрайишни таъминлайди.

Наноелектроникада нанонайчаларни қўллашнинг яна бир йўналиши – яримўтказгичли гетереотузилмалар, яъни “метал яримўтказгич” типидagi тузилмаларни ҳосил қилишдир.

Енди бундай қурилмаларни тайёрлаш учун иккита материални алоҳида-алоҳида ўстириш ва сўнгра уларни бир бири билан “пайвандлаш” шарт эмас. Нанонайчанинг ўсиш жараёнида унда тузилиш нуқсони (углеродли олтибурчакнинг бирини бешбурчакли билан адмаштириб қўйиш) ҳосил қилиш, яъни уни ўртасидан махсус равишда синдириб қўйиш йўли билан ҳосил қилиш мумкин. Шунда нанонайчанинг бир қисми метал хоссаларига, бошқаси эса яримўтказгич хоссаларига эга бўлади.

Нанонайчалар ички бўшлиқларида газларни хавфсиз равишда сақлаш учун яхши материаллардир. Бу биринчи навбатда водородга тааллуқлидир. Ундан автомобиллар учун ёқилғи сифатида фойдаланиш мумкин эди. Деворлари қалин, оғир ва хавфсиз деб бўлмайдиган баллонлари муаммосини ҳал этилса водороднинг энг катта ютуғи –унинг масса бирлигига (автомобил 500 км ҳаракатланиши учун ҳаммаси бўлиб 3 кг H_2 етарли бўлади) ажратиладиган катта миқдордаги энергия сарф қилишидир.

Сайёрамиздаги нефть захиралари бир кун келиб тугагини ҳисобга олсак, водород кўплаб муаммоларнинг эффектив равишда ечилишига ёрдам берган бўлар эди. Яқин келажакда автомобилларни бензин билан эмас, балки водородли ёқилғи билан таъминлаш мумкин бўлади.

Нанонайчаларга нафақат атом ва молекулаларни алоҳида “қамаш”, балки материалнинг ўзини бутунлай “қўйиш” мумкин. Тажрибаларда аниқланишича очик нанонайча капилляр, яъни материални ўзига тортишиш хусусиятига эга экан. Шундай қилиб нанонайчалардан: оқсил, заҳарли газлар, ёқилғи компонентлари ва эритилган металллар каби кимёвий ва биологик фаол материалларни ташиш ва сақлаш учун микроскопик контейнерлар сифатида фойдаланиш мумкин.

Атом ва молекулалар нанонайча ичига тушгандан сўнг нанонайчалар бир учидан очилади ва ичидаги материалларни қатъий белгиланган дозаларда чиқариб беради. Бу ҳаёл эмас, бу турдаги тажрибалар кўплаб лабораторияларда ўтказилмоқда, нанонайчалар учларини “пайвандлаш” ва уни “очиш” оператсиялари замонавий технологиялар учун муаммо туғдирмайди. Бир томони ёпиқ нанонайча ҳозир яратилган.

10-15 йилдан сўнг бу технология асосида касалликларни даволаш ўтказилиши мумкин: айтайлик, бемор қонига олдиндан тайёрлаб қўйилган жуда фаол ферментли нанонайчалар киритилади, бу нанонайчалар организмнинг маълум бир жойида қандайдир микроскопик механизмлар тарзида тўпланишади ва маълум вақтда “очишилади”. Замонавий технология 3-5 йилдан сўнг бундай схемаларни амалга оширишга амалда тайёр. Асосий

муаммо бундай механизмларни “очиш” ва нишон ҳужайраларни излаш учун оқсил маркерларига интеграциялаш эффектив услубларининг йўқлигидир.

Вируслар ва нанокапсулаларга асосланган дориларни етказишнинг бундан ҳам самаралироқ усуллари ҳам яратиш мумкин. Нанонайчалар асосида айрим атомларни юқори тезликда аниқ тарзда ташиб берувчи конвеерлар ҳам яратилган.

5.3. Оптик наносенсорлар, наноқатламли қуёш элементлари.

Ҳозир юзага келаётган муаммо ва хатарларга саноатда вужудга келган инқилоблар сабаб десак ҳеч ким инкор қилмаса керак. Бекорга кўплаб йирик замонавий олимлар келажакнинг нафақат ижобий, балки салбий томонларини ҳам кўриб чиқишни таклиф қилишаётгани йўқ. Билл Джой, Калифорния штати, Поло Алто, Сун Мисросистемс асосчиси ва етакчи олимнинг айтишича, нанотехнологиялар ва бошқа соҳаларда олиб борилаётган изланишлар инсониятга зарари етгунга қадар тўхтатилиши лозим. Унинг фикрини яна бир гуруҳ нанотехнологлап"Форесигхт Гуиделинес"- "Инститит бошқарувчилари" қўллаб қувватладилар. Улар ҳам Джой каби нанотехнологияларнинг ортиб бориши ва ривожланиши назоратдан чиқиб бораётганини таъкидламоқдалар. Бу соҳадаги изланишлар оддий таъқиқлаш билан чегараланиб қолмасдан, балки давлат назорати ўрнатилишини таклиф қилдилар. Уларнинг айтишича, бундай ривожланиш кутилмаган фалокатларни келтириб чиқариши мумкин. Нанотехнология хавфи пайдо бўлиши 1986 йили Дрекслер томонидан яратилган "Яратувчи машина" яъни "Кулранг сўлак муаммоси" номини олган қурилмаси билан боғлиқ эди. Кулранг сўлакнинг хавфли томони шунда эдики, у нанометрли ассемблерларни ишдан чиқариб, бошқарув тизимини бузади. Бу технологияда ўз-ўзини бошқариш ва кўпайиш хусусияти мавжуд бўлиб, у йўлида учраган нарсалардан хом ашё сифатида фойдаланади.^{1,3}

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

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

Ўтказилган тажриба шуни кўрсатадики, ассемблер ҳар қанча ишончли қилиб яратилмасин, ундаги хатоликлар ва ўз-ўзини бошқаришга интилиш барибир кузатилаверади. Лекин ёддан чиқармаслик керакки, ассемблерда дастурлаш террористлар ёки безорилар, ҳаттоки замонавий компьютер вирусларини ишлаб чиқарувчилар томонидан ҳам яратилиши мумкин.

Джой ўзининг кўлёмаларида, микромашиналарнинг ишлаб чиқарилиши ва улар жамиятда ўз ўрнини топиб улгургани ҳақида тўхталади. "Ҳажми молекуладек бўлган электрон кўринишдаги ассемблерлар ҳозир амалда қўлланилинмоқда"- дейди Джой. Кейинчалик эса у ўз-ўзини тиклаш биологик жиҳатдан эмас, балки технологик жиҳатдан бажарилинаётганини аниқлади. "Мана нима учун нанотехнологиялар хавф туғдирмоқда", - дейди Джой. Бошқа олимлар гуруҳи "кулранг сўлак" механизми хавф туғдирмаслигини таъкидламоқдалар. "Буларнинг барчасига бармоқ остидан қаралмоқда", - дейди Блок. Мухандисларнинг изланишларини чеклаб қўйилса, ривожланишдан ортда қолиб кетиш ва ўз-ўзини тиклаш хусусиятларига эга машиналар яратилмай қолиши мумкин. Биологик тизимга келсак, биринчидан, улар нанометр ҳажмида эмас, иккинчидан, ўз тузилмасида фантастик равишда мураккаб ҳисобланади, бундан ташқари бу тизимда ахборотлар генда сақланади ва авлоддан авлодга ўтади.

"Ҳаттоки табиат ҳам ўз-ўзини тиклаш хусусиятига эга бўлган нанометрик тузилишига қодир тизимни яратмаган"- дейди Виола Ваген, Сиетл штати Вашингтон Университети нанотехнология мутахасиси. Нанотехнологиялар ютуқларидан ёвуз мақсадларда фойдаланувчи мухитлар ҳам мавжуд. Нанотехнологиялар ривожланишига бағишланган йиғилишда қуйидаги саволлар вужудга келди:

- Ўқитиш тизими нанотехнология бўйича мутахассисларни тайёрлай оладими?
- Нанотехнологияларнинг ривожланиши натижасида кўплаб инсонлар ишсиз қолиши мумкинми?

- Нанотехнологияларнинг ортиб бориши, нархининг пасайиши ва осон топилиши натижасида террористлар хавфли микроорганизмларни яратишлари мумкинми?

- Нанотехнологияларнинг хаддан зиёд кўпайиши ва тарқалиши бора-бора инсонларда ҳоҳламаслик ҳиссини келтириб чиқармасмикан?

Нанотехнологияларни инсон танасига ўрнатиш ва оммалаштириш вақти келиб жиддий касалликларни келтириб чиқармасмикан? Шу ва шунга ўхшаган саволлар ҳозир ишлаб чиқарувчиларни ўйлантириб қўймоқда. Ушбу арзон нанотехнологиялар пойгасида олимлар уларнинг барча инсоният саломатлигига таъсири ва пайдо бўлаётган хавфларга жавобгарликни ўз зиммасига олишлари шарт. Юқоридаги сабабларга асосан технологияларнинг янги наноривожланишни янги усул ва услубларда олиб бориш керак бўлади.

5. Нанопленкалар, нанотолалар, наносорбентлар, нанотрубкалар, наногеллар, наноконкомплекслар, наноконкомпозитлар ва уларнинг амалий қўлланиши.

Нанотехнологиялар билан бошқа соҳаларнинг алоқадорлиги ҳақида сўз борганда келажакда ҳаттоки мактаб дарсликлари ҳам нанотехнологиялар асосида ўқитилишига ҳеч шубҳа йўқ.

Айниқса нанотехнологиялар соҳасининг физика, кимё ва биология соҳалари билан боғлиқлиги келажакда яна ҳам узвий бўлади. Лекин, шунга айтиш керак-ки, ахборот технологиялари соҳасининг ривожланишисиз барча соҳалар учун зарур бўлган ассемблер ва наноэлектроникалар ривожланишини ҳам тасаввур қилиб бўлмайди.

Яримўтказгичлар – ўтказгичлар ва диелектриклар ўртасидаги моддалардир. Уларга жуда кўп кимёвий моддалар (германий, кремний, селен, теллур, ва бошқ.) ва жуда кўп турдаги кимёвий бирикмалар киради. Бизнинг теварак - атрофимизни ўраб турган деярли барча неорганик моддалар яримўтказгичлардир. Табиатда энг кўп тарқалган яримўтказгич кремний бўлиб, у ер қобиғининг 30% ни ташкил қилади [3].

Яримўтказгичларнинг асосий белгиларидан бири шундан иборатки,

уларнинг физик хоссалари ташқи тасирга – температуранинг ўзгариши ёки киришмалар киришига кучли боғланган.

Яримўтказгичлар температурасини мақсадли ўзгартириб ёки уни легирлаб (киришма киритиб), унинг физик хоссаларини, жумладан, электрик ўтказувчанлигини бошқариш мумкин.

Бундан 180 йил илгари одамларга турли ўтказгичлар электр токини турлича ўтказиши маълум эди. 1821 йилда инглиз кимёгари Ҳемфри Деви температура ортиши билан металнинг электрик ўтказгичлиги камайишини аниқлаган. Унинг шогирди Майкл Фарадей 1833 йилда тажрибаларни давом эттириб, олтингургут ва кумуш бирикмаси электрик ўтказувчанлиги температура ортиши билан пасайишини эмас, аксинча кўтарилишини кузатган. Сўнгра, у ўтказувчанлиги температурага ғайриоддий боғланган яна бир неча моддаларни кашф қилди. Лекин, ўша пайтларда бу дунё илм аҳлини қизиқтирмади. 1873 йили селеннинг (Se) каршилиги ёруғлик нури таъсирида ўзгариши аниқлангандан сўнг, бу ишларга қизиқиш ортди.

Селен фотоқаршилиқлар тезда турли оптик асбобларда қўлланила бошлади. Оддий селен устунидан қилинган *фотоқаршилиқ* биринчи яримўтказгичли асбоб бўлди. Унинг электрик ўтказувчанлиги ёритилганда қоронғуликдагисига нисбатан катталашар эди.

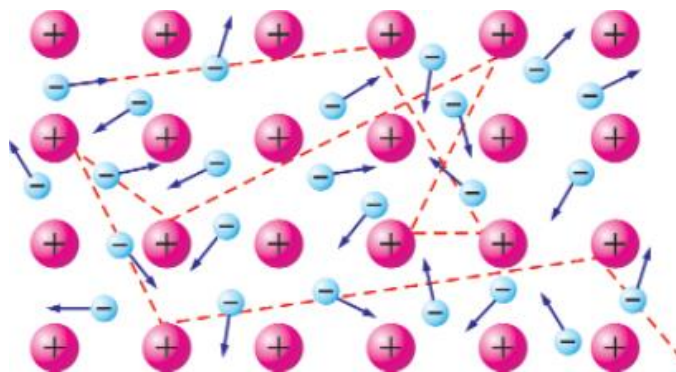
Аввал, 1948 йили нуқтавий, кейин 1951 йили ясси транзисторлар кашф қилиниши, яримўтказгичли электрониканинг жадал ривожланишига олиб келди. Транзисторлар ишлаш қонуниятини тушунтириш учун яримўтказгичларда кечадиган қатор физик жараёнларни кўриб чиқиш зарур бўлади. Даст аввал улардаги электрик ўтказувчанлик механизмига тўхталиб ўтамиз.

Электрик ўтказувчанлик. Маълумки, барча моддалар турли кимёвий боғлар ҳосил қилган атомлардан тузилган бўлиб, бу боғлар уларнинг кўплаб физик ва кимёвий хоссаларини, жумладан, электрик ўтказувчанлигини белгилайди. Масалан, туз ва ёғ диелектриклар гуруҳига мансуб бўлиб, электр токини ўтказмайди, металдан қилинган сим эса жуда яхши ўтказгичдир.

Металнинг юқори электрик ўтказувчанлиги сабаби нимада?

Металларнинг электрик ўтказувчанлиги. Кристал панжарада метал атомлари жуда зич жойлашган – ҳар бир метал атоми ўн иккитагача қўшни атом билан бевосита боғланган бўлиши мумкин. Шунинг учун метал атомининг ташқи электрон қобиғидаги валент электронлар “еркин” бўлиб, метал ичида тартибсиз иссиқлик ҳаракатидаги “электронлар гази” ни ҳосил қилади. Кристал панжара тугунларидаги метал ионлари эса, шу электрон газ ичига ботирилгандек жойлашган.

Металларнинг кристал панжара тугунларида жойлашган ионлари ҳам, эркин электронлари ҳам бетартиб иссиқлик ҳаракатида иштирок этади. Ионлар кристал панжара тугунларида тебранма ҳаракат қилади, эркин электронлар эса кристал бўйлаб бетартиб илгариланма ҳаракатда бўлади (1 - расм)



7 – расм металнинг кристал панжарасидаги эркин электронлар ҳаракати.

Битта электронинг траекторияси штрих билан кўрсатилган.

Эркин электронлар ўзларининг бетартиб иссиқлик ҳаракати давомида кристал панжара тугунларидаги метал ионлари билан тўқнашиб туради. Метал сиртига яқин бирор электрон шу тўқнашишлар натижасида металдан чиқиб кетиши ҳам мумкин. Бунинг учун унинг энергияси потенциал тўсиқ деб номланувчи энергиядан юқори бўлиши зарур. Металнинг потенциал тўсиқ баландлиги (энергия бирлигида) унинг *чиқиш иши* деб аталади. Хона температурасида кўп эркин электронларнинг иссиқлик ҳаракат энергияси потенциал тўсиқни енгиб чиқиш учун етарли бўлмайди.

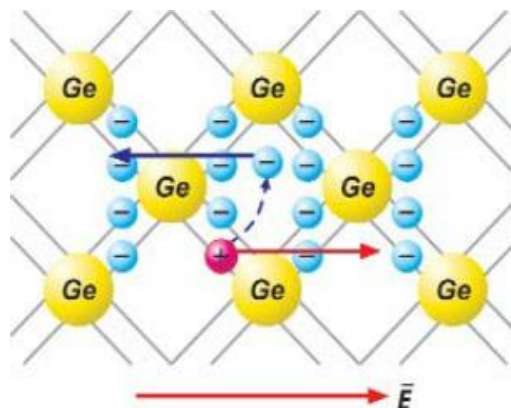
Метал ўтказгич четларига потенциаллар фарқини (кучланишни) қўйсақ,

эркин электронларнинг бетартиб иссиқлик ҳаракатидан ташқари, тартибланган (бир томонга йўналган) ҳаракати пайдо бўлади, яъни электр токи ҳосил бўлади. Айнан эркин электронларнинг металллардаги юқори зичлиги уларнинг юқори электрик ўтказувчанлигини белгилайди.

Яримўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги. Енди яримўтказгич кристалли панжарасини кўриб чиқамиз. Яримўтказгич атомлари *ковалент боғланган* бўлади. Мисол сифатида тўрт валент электронли германий (Ge) кристаллини кўриб чиқамиз. Ковалент боғларнинг мустаҳкамлиги туфайли германий кристаллидаги электронлар металлларга нисбатан анча мустаҳкам жойлашиб олган. Шунинг учун оддий шароитларда эркин яъни яхши жойлаша олмаган боғланмаган, эркин электронлар кам бўлганлиги учун уларнинг ўтказувчанлиги металларникидан кўп марта кичикдир.

Германий кристаллида эркин электронлар ҳосил бўлиши учун қандайдир йўл билан атомлар орасидаги ковалент боғларни узиш керак. Бунга турли йўллар билан эришиш мумкин.

Улардан бири бу кристаллини қиздиришдир. Унда бир қисм валент электронлар қўшимча иссиқлик энергия таъсирида ковалент боғланишдан узилиб чиқиб кетади. Фараз қилайлик, қиздириш натижасида атомлар орасидаги бир боғланиш узилди, уриб чиқарилган электрон эса эркин электронга айланади.



8 – расм. Германий кристаллидаги жуфт электрон боғлари

Натижада “ковак” қўшни атомга силжийди. У атом ўз навбатида бошқа атомдан электрони тортиб олади ва х.к. Натижада битта электрони

етишмайдиган чала боғ кристал бўйлаб тартибсиз эркин кўчиб юриши мумкин. Узилган боғларнинг (ковакларнинг) кўчиб юриши кўшни боғлардаги электронларни тортиб олиш ҳисобига содир бўлади, шунинг учун ҳар сафар бир атом ўзининг узилган боғи учун электрон тортиб олганда, у билан бирга боғнинг компенсацияланмаган мусбат заряди ҳам кўчиб юради. Бу ҳолатни худди яримўтказгичда янги мусбат зарядли заррача пайдо бўлганидек қабул қилиш мумкин. Ушбу зарранинг заряди электрон зарядига тенг бўлиб, ишораси эса мусбатдир. Бундай квази зарралар (“квази” – деярли деган маънони билдиради) “*ковак*”лар деб номланади.

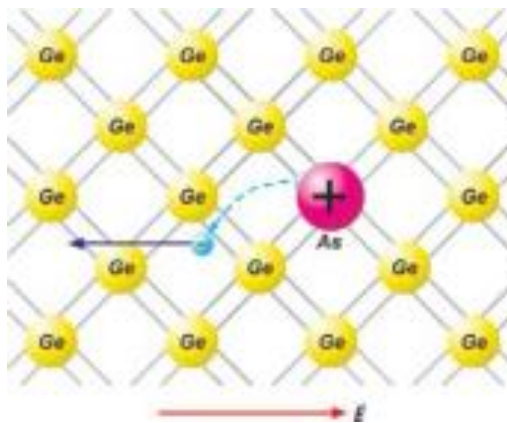
Боғдан узилиб чиққан эркин электрон ва унинг ўрнида ҳосил бўлган ковак чексиз узоқ вақт тураолмайди. Маълум бир вақтдан сўнг (10^{-12} дан 10^{-2} сек гача) улар бир бири билан яна учрашиб қоладилар ва иккаласи ҳам йўқ бўлиб кетади, буни рекомбинатсия деб аталади.

Рекомбинатсия пайтида энергия ажралиб чиқади, унинг қиймати электрон-ковак жуфтлигини ҳосил қилиш учун сарф бўлган энергияга тенгдир. Баъзан бу энергия нурланиш кўринишида ажралиб чиқади, кўп ҳолларда эса бу энергия кристал панжарага берилиб, уни қиздиради. эркин электронлар ва коваклар ҳосил қилган ўтказувчанлик яримўтказгичларнинг *хусусий ўтказувчанлиги* деб аталади.

Коваклар ва эркин электронлар жуфт жуфт бўлиб пайдо бўлади, шунинг учун тоза яримўтказгичларда уларнинг зичлиги тенг бўлади:
 $p = n$.

Яримўтказгичларда эркин заряд ташувчиларни ҳосил қилишнинг яна бир усули, кристалга атайин турли киришмалар киритишдир. Германий кристалига беш валентлик арсений (As) ёки фосфор (P) атомлари киритилган ҳолатни кўриб чиқайлик.

Арсений (As) атомининг бешта валент электрони, у бешта кўшни атомлар билан кимёвий боғ ҳосил қилиш мумкинлигини билдиради.



9 – расм. Германий кристалл паржарасидаги арсений атоми.

н турдаги яримўтказгич Германий кристаллида фақат тўртта кўшни атом билан боғ ҳосил қила олиш мумкин. Шунинг учун арсений атомининг фақат тўртта валент электрони боғ ҳосил қилишда қатнашади.

Микросхемадаги кучсиз сигналлар транзисторлар орқали кучайтирилиб моторларни, роботларни, сунъий мушакларни бошқара олади. Сканерловчи микроскопдаги наноамперли туннел ток ҳам транзисторлар ёрдамида кучайтирилади. Транзисторда кичик ток катта токни бошқаради, бу электрониканинг асосидир.

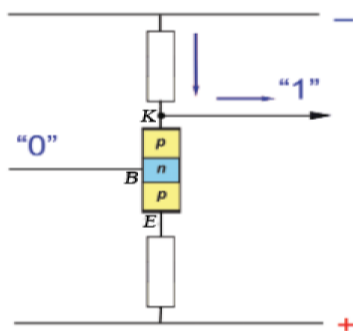
Бошқариш деганда ҳар доим сигналларни кучайтириш назарда тутилмайди. Мантиқий ахборот ташувчи сигналлар ёрдамида ҳам бошқариш мумкин. Демак, олинган информатсияни мақсадга мувофиқ равишда ўзгартириш, яъни *қайта ишлаш* мумкин. Бу ишларни нол ва бирдан иборат иккилик кодида ишловчи микропроцессорлар амалга оширади.

CMOS (комплементар метал-оксид яримўтказгич) мантиқий қурилмаларида мусбат ёки нол кучланиш “0” ни англатади, манфий кучланиш эса “1” ни билдиради. База занжири қўшилмаганда эмиттер занжирдан ток ўтмайди. Бу ҳолат мантиқий “0” га мос келади. Базага манфий кучланиш берилганда занжирда ток ҳосил бўлади, бу мантиқий “1” га мос келади¹.

Чиқишни транзистор коллекторига уласак, жараён аксинча кечади. Бу ҳолда “0” ни “1” га, 1 эса 0 га айлантирувчи. Бу “эмас” (НЕ) номли мантиқий

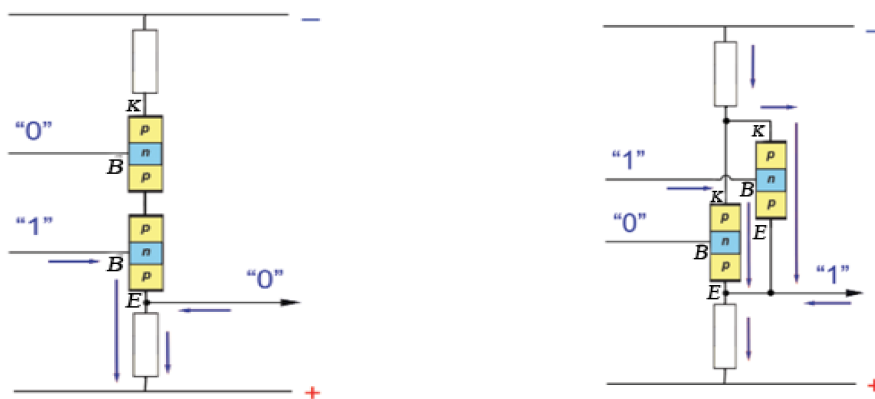
¹ Dieter Vollath Nanoparticles-Nanocomposites-Nanomaterials. An introduction for beginners. – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr. Weinheim, Germany, 2013. – P. 322.

схемага эга бўламиз.



10 – расм. Бир транзисторли “Эмас” мантиқий қурилмаси

Бир неча транзисторлар ёрдамида мантиқий “ВА”, “ЁКИ” ва бошқа мураккаб мантиқий схемаларни ҳосил қилишимиз мумкин. Замонавий технологиялар ёрдамида ўлчамлари бир неча микрон бўлган транзисторлар, фотосенсорлар ишлаб чиқиши мумкин.



11 – расм. “ВА” ва “ЁКИ” транзисторли схемалар

Бироқ, техниканинг кейинги ривожинан нанометр ўлчамли транзисторлар яратишни тақозо эта бошлади.

Бир қанча транзисторларни бириктириб барча “ВА”, “ЁКИ” ва “ЕМАС” мантиқий схемаларни ҳосил қилишимиз мумкин. Компютерларнинг тезкорлиги бирлик юзага жойлашган транзисторлар сонига тўғри боғланган.

Нанометр ўлчамли транзисторлар яратиш учун қилинган биринчи ҳаракатлар яхши натижалар берди. Бу ҳақда кейинги параграфларда батафсил тўхтаб ўтамиз.

Интеграл микросхема. Микросхемаларнинг электроникада қўлланилиши бу соҳада инқилобий ўзгаришларга олиб келади. Бу компютер саноатида ёрқин намоён бўлди. Минглаб электрон лампали, бутун бинони

эгаллаган ҳисоблаш машиналари ўрнига ихчам, стол устида, ҳатто чўнтакда жойлаша оладиган компьютерлар кириб келди.

Интеграл схема (ИС) – бу микроскопик қурилмаларнинг (диод, транзистор ва бошқалар) битта тагликда йиғилган тизимидир. Улар қовурилган картошка бўлакчаларига (инглизча **чип**) ўхшагани учун, баъзан уларни **чиплар** ҳам деб аталади.

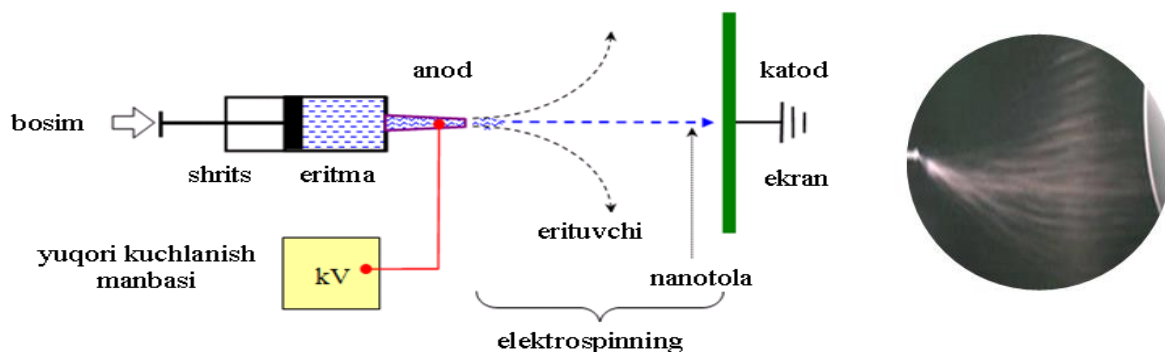
Юзаси 1см^2 бўлган чипда миллионлаб микроскопик қурилмалар жойлашади. Албатта бундай кичик юзада жойлашган миллион транзисторни кўлда бир бирига улаб чиқиб бўлмайди. Бу ҳолатдан чиқиш учун ягона қурилмада - интеграл схемада барча яримўтказгич қисмларни ва улар орасидаги боғланишларни бир технологик жараёнга бириктириб ишлаб чиқариш усуллари пайдо бўлди.

Полимер нанотолалар шакллантиришнинг электроспиннинг усули

Нанотолалар шакллантиришда энг замонавий усуллардан бири электроспиннинг бўлиб, бу усулнинг принципал асоси аслида 1934 йилда тавсия этилган. Унда эритма оқими бўйлаб юқори кучланишли доимий электр майдони таъсир эттирилганда, эритувчини бўғланиши ҳамда полимер молекулалари бир бирига ориентатсиён бирикиб $10 - 30\text{ см}$ масофада толалар шаклланиши кузатилган. Аммо шаклланган толалар бир-бирига чигаллашиб кетган ва нобарқарор тузилишга эга бўлган. Бу камчиликларни бартараф этиш, барқарор толалар, жумладан, наноўлчамли толалар шакллантиришга 1990 йилларга келиб Берклилик АҚШ олимлари жиддий киришишган. Бунинг учун яқин майдонли электроспиннинг (*near-field элестроспиннинг процесс*) қўлланилган ва унинг самарадорлиги ҳозирда жадал ривожланаётган полимер нанотолалар олишнинг янги даври бошлаб берган.

Электроспиннинг жараёни ичгичка ($0,1 \div 2,0\text{ мм}$) капиллярдан (*аноддан*) чиқаётган полимер эритма оқимини ҳавода юқори кучланиш ($0,5 \div 50\text{ кВ}$) таъсири остида экранга ёки барабанга (*катодга*) электростатик тортиш ва оқимдан эритувчини жадал бўғлантириб чиқариб юбориш ҳамда полимер

молекулаларини ориентатсион ҳолатга ўтказиб бир бирига ўралган (*ешилган*) тарзда наноўлчамли тола кўринишида шакллантиришга асослангандир. Одатда анод ва катод ўртасидаги масофанинг ҳар бир см га бир кВ дан доимий кучланиш мўлжаллаб берилади (1-жадвал). Электроспиннинг жараёнининг принципиал чизмаси 12-расмда келтирилган⁵.



12-расм. Электроспиннинг принципиал чизмаси (а) ва электр майдонида филерадан чиқаётган полимер суяқ фазали оқимдан эритувчини чошилиши ва макромолекулаларни ориентатсион эшилган ҳолга нанотолалар бўлиб шаклланиб экранга бориб тушишининг фотосурати (б)

1-жадвал. Электроспиннинг нанотолалари морфологиясига полимер консентрацияси (C) ва юқори электр кучланишининг таъсири² a таъсири² b

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

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

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

Кучланишни ($15 \div 25$ кВ) ва концентратсияни ($0,5 \div 2,0$ %) турли миқдорларида электроспиннинг жароёнини амалга ошириш орқали ҳар хил морфологияга эга бўлган нанотолалар шакллантирилган ва уларнинг оптимал шароитлари аниқланган. Шу билан бирга нанотолалар шакллантириш полимерларнинг турлари, конфигурацияси, конформацияси, молекуляр массавий тавсифлари, полиелектролит хоссаларига ҳам боғлиқдир.

Полимер нанотолаларни махсус хоссаларга эга болишида эритмани таркиби ва аралашмалар табиати ҳам муҳимдир. Ушбу таъкидланган жиҳатларни инобатга олган тарзда нанотолаларни шакллантириш катта амалий аҳамият касб этади.

Назоарт саволлари:

1. Яримўтказгичли нанодиод ва нанотранзистор қандай ишлайди?
2. Интеграл схема деганда нимани тушунаси?
3. Микро- наносхемалар қилинишида қандай асосий босқичлар мавжуд?
4. МЕМС ва НЕМС технологияларини тушунтириб беринг.
5. Наносенсорларнинг қандай турлари мавжуд?
6. “Ақлли чанг” лар қаерларда қўлланилади?
7. Наноэлектроника ривожланишининг уч асосий йўналишлари нима?
8. Нано- ва спинтроника нима?
9. Наномоторларнинг қандай турларини биласиз?
10. Наноструктурали материаллар технологияси нимага асосланади?
11. Нанотолалар шаклланиши қандай амалга оширилади?
12. Доимий кучланиш нанотолалар шаклланишида қандай роль ўйнайди?

IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТЛАРИНИНГ МАЗМУНИ

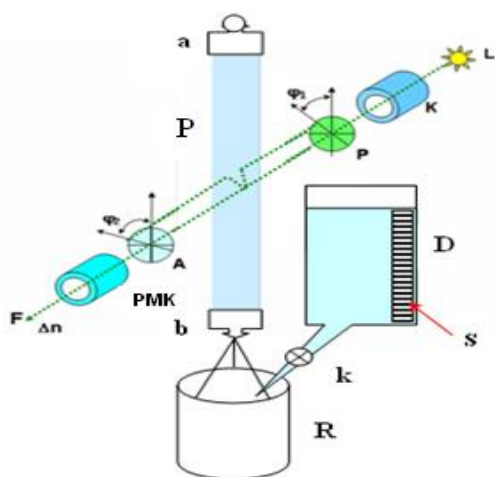
1-амалий машғулот:

Пленкалар анизотропик хоссаларини поляризацион-оптик усулда

тадқиқ этиш

Шаффоф полиэтилен пленканинг деформацион чўзишда руй берадиган механо-анизотропик ўзгаришларини поляризацион-оптик усулда назорат қилишни ўзлаштириш. Қўш нур синиши кўрсаткичини қайд этиш орқали пленканинг деформацион ўзгаришдаги ориентация факторини аниқлаш. Оптик ва механик анизотропиялар ўзаро боғлиқлигини таҳлил қилиш.

Полиетилен пленка. Шаффоф полиэтилен пленкадан эни l см этиб тасма (П) кесилади ва махсус поляризатор-оптик қурилмага қуйидаги схема бўйича поляризатор нур йўналишига перпендикуляр вертикал тарзда ўрнатилади (1-расм). Бунда юқоридан қўзғалмас қисқич (а) билан пленка тутиб турилади ва қуйидан махсус идиш (Р) га қисқич (б) орқали бириктирилади. Ичида дистилланган сув бўлган шиша идиш (Д) дан кран (к) очилиши билан (Р) га сув оқиб туша бошлайди ва унинг ҳажми (В, мл)



махсус шкала (с) ёрдамида ўлчаб борилади. Сувнинг ҳажми (В) ва масса (м) си тенглигидан идиш (Р) да массаси ошиши билан пленкани бирлик юзаси (С) га таъсир этиб деформацион чўзадиган механик куч ($\Phi = m g$) ва кучланиш ($\sigma = \Phi / S$) вужудга келади.

1-расм. Пленка учун махсус поляризацион-оптик қурилма чизмаси.

Ўлчалар. Тажрибалар $\lambda = 0,56 \cdot 10^{-4}$ см тўлқин узунлигида \mathcal{H}_1 , \mathcal{H}_2 ва d нинг миқдорларини σ нинг пленкани узишгача бўлган миқдорлари диапазонида ўлчаш орқали амалга оширилади. Натижалар қуйидаги 1-жадвалга қайд этилади ва ҳисобланади.

1-жадвал. Тадқиқот натижалари ва уларнинг ҳисобланиши

$\sigma, Па$	$d, см$	$\alpha_1, ^\circ$	$\alpha_2, ^\circ$	Δn	Δn_0	b

Ҳисобот. Тадқиқот натижалари асосида макромолекулар ориентация фактори (b) ни кучланиш (σ) га боғланиш графиги тузилади ҳамда кучланиш остида конформатсион ўзгаришлар моҳияти таҳлил қилинади.

2-амалий машғулот:

Материаллар ғоваклигини сорбцион усулда аниқлаш принциплари

Сорбцион усул принципи сув буғларини материал таркибига диффузион кириб боришини назорат қилишга асосланган бўлиб, унинг ёрдамида сорбцион жараён кинетикаси, материалдаги ғовакларнинг ўлчамлари, солиштирма сирти ва ҳажми каби кўрсаткичлар аниқланади. Амалий машғулотда ушбу параметрларни амалий аниқлашнинг асосий принциплари ўзлаштирилади.

Сорбентнинг солиштирма сиртини ҳисоблаш. Сорбция C -симон изотерма билан тавсифланса, сорбентнинг солиштирма сирти (C_{sol}) одатда Брунауер, эммет ва Теллер тавсия этган тенглама (қисқача БЕТ усулиси) ёрдамида ҳисобланади:

$$(p_1/p_1^0)/a(1 - p_1/p_1^0) = (1/Ca_m) + (C - 1)/Ca_m \cdot (n_1/n_1^0) \quad (1)$$

бу ерда p_1 – сорбент атрофидаги бўғ сорбатнинг мувозанатли босими; p_1^0 – тўйинган бўғ сорбатнинг босими; сорбцияланган модданинг концентратсияси, *мол/г*; a_m – яхлит мономолекуляр қатламдаги модданинг концентратсияси, *мол/г*; C – доимий.

Ушбу тенгламага биноан $(p_1/p_1^0)/a(1 - p_1/p_1^0)$ нинг (p_1/p_1^0) га боғланиши

тўғри чизиқли бўлиб, тангенс бурчак бўйича оғиши κ ва ордината ўқини кесиб ўтганда ҳосил болган кесмаси b дан a_m ва C миқдорларини ҳисоблаш мумкин:

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

бунга биноан сорбент солиштирма сирти қуйидагича ҳисобланади:

$$C_{\text{сол}} = a_m \omega N_A * 10^{-7}, \text{ м}^2/\text{г} \quad (3)$$

бу ерда $N_A = 6,02 * 10^{23} \text{ мол}^{-1}$ - Авогадро сони; ω - битта молекула эгаллаган юза бўлиб, у қуйидаги тенглама бойича ҳисобланади:

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

бу ерда M – сорбцияланадиган модда молекуляр массаси; δ – унинг зичлиги.

Сорбент ғовакларининг умумий ҳажмини ҳисоблаш. Бир жинсли – юпкағовакли сорбентлар умимий ғовакларини ҳажмини ҳисоблаш учун Дубинин ва Радушкевич тенгламаси қўлланилади:

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

бу ерда B - сорбатни 1 мол ҳажми; W_o – ғовакларнинг умумий ҳажмига бўғларни суюқликка айланиб тўйинган ҳолатдаги ҳажми; a – сорбат миқдори; B – доимий.

(5) тенгламага биноан $\lg a$ ва $\lg(p_1^o/p_1)^2$ боғланиш тўғри чизиқли бўлиб, ордината ўқини кесиб ўтганда ҳосил болган кесмаси $b = \lg(W_o/B)$ га тенг бўлиб, унда W_o - сорбент ғовакларининг умумий ҳажми ҳисобланади.

Ғоваклар радиусини ҳисоблаш ва дифференциал тақсимот графигини (ДТГ) тузиш. Агар $C_{\text{сол}}$ ва W_o маълум бўлса, ғоваклар ўртача радиусини $p_{\text{ўр}}$ қуйидаги ифода бўйича ҳисоблаш мумкин:

$$p_{\text{ўр}} = (2W_o/C_{\text{сол}})10^4 \quad (6)$$

Шунингдек, ғоваклар радиусини (p) аниқлашда Келвин тенгламаси қўлланилади:

$$p = 2\sigma_c B/PT \lg(n_1/n_1^o) \quad (7)$$

бу ерда σ_c – сорбатнинг сирт таранглиги; P – универсал газ доимийси; T – ҳарорат.

Ғоваклар ҳажмини дифференциал тақсимот графини радиуслар бўйича

тузиш учун десорбсия изотермаси асосида амалга оширилиши мумкин. Бунинг учун десорбсия изотермаси бир нечта интервалларга бўлинади ва ҳар бир интервал учун десорбсияланган модданинг (Δa) миллимоллари сони ҳамда шу интервал четки нуқталарига мос келган радиуслар фарқи ($r_1 - r_2$) бўйича ўртача миқдори ($r_{\text{ўп}}$) топилади, яъни

$$r_{\text{ўп}} = (r_1 - r_2)/2 \quad (8)$$

Десорбсия миқдори эса бўғни суюлтирилган ҳажми ΔV бўйича ҳисобланади:

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

(8) ва (9) асосида $\Delta V/V - r_{\text{ўп}}$ боғланиш графиги, яъни ДТГ тузилади.

Полимер сорбентлар таснифлари бўйича 4 турга бўлинади:

- ғоваксиз сорбентлар: С-симон изотермали, $W_o = 0$ ва $C_{\text{сол}} = 1 - 7 \text{ м}^2/\text{г}$;
- микроғовакли, ёки бир жинсли-юпқа ғовакли сорбентлар: Г-симон изотермали, $r_{\text{ўп}} \leq 15 \text{ \AA}$ ва $W_o \leq 15 \text{ см}^3/\text{г}$;
- ўзгарувчан ғовакли сорбентлар: С-симон изотермали, $15 \leq r_{\text{ўп}} \leq 2000 \text{ \AA}$, $W_o = 0,8 \text{ см}^3/\text{г}$ ва $C_{\text{сол}} = 700 - 900 \text{ м}^2/\text{г}$;
- микроғовакли полимер сорбентлар: С-симон изотермали, $1 \leq r_{\text{ўп}} \leq 10000 \text{ \AA}$.

Шуни таъкидлаш жоизки, полимерларнинг қуйимолекуляр бирикмаларни сорбсиялаш механизми жуда мураккаб бўлиб, у жуда кўп факторларга бўғлиқдир. Бунда сорбат ва полимернинг термодинамик жижатдан ўхшашлиги муҳимдир. Сорбсия жараёни туфайли полимер турли даражада ҳажмини ўзгартириши ва бу жараён турли механизмлар бўйича амалга ошиши мумкин.

Ҳисобот. Сорбцион параметрларни амалий аниқлашнинг асосий принциплари ўзлаштирилади ва тушунтирилади.

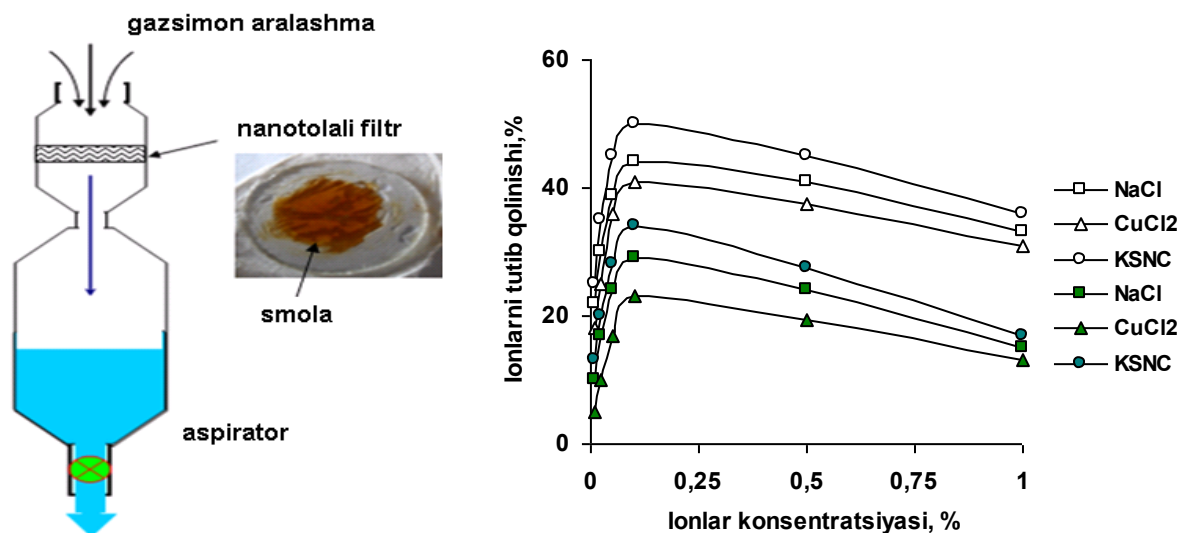
3-амалий машғулот:

Нанофилтр материалларнинг самарадорлигини баҳолаш

Нанотолали нотўқима материаллар ғобакларининг нанодапазонда

бўлиши, улар асосида нанофилтрлар тайёрлаш имкониятини беради. Бундай материаллар муҳим икки жиҳати билан бошқа филтрлардан фарқланади: биринчидан, наноўлчамли заррачаларни филтрлайди, иккинчидан, нанотолаларнинг сиртий фаолиги ҳисобига ғоваклар филтрланаётган моддаларни селектив тарзда ушлаб қолиш имкониятига эга бўлади. Ушбу жараёнлар машғулотда амалий ўзлаштирилади.

Нанотолаларнинг суяқликларни филтрлашдаги самарадорлигини аниқлаш учун микротолалар билан қиёсий таққослаш тажрибалар ўтказилган. Бунда турли концентрацияли туз ионлари ушбу толалар асосида олинган нотўқима материаллар орқали филтрлашда тутиб қолинган ионлар миқдори аниқланган. Натижалар тузлар концентрацияси $0,1\%$ гача ошиб боргунча ионларни тутиб қолиш жадал тарзда амалга ошишини, тузлар концентратсияси $0,1\%$ дан катта бўлган соҳада ионларни тутиб қолиш бироз сусайишини кўрсатган. Бунда нанотолали материал микротолали материалга нисбатан $1,5$ мартадан кўпроқ ионларини тутиб қолган.



1-расм. Нанофилтр ускунаси чизмаси (а), со-АН нанотолали (оқ белгили) ва микротолали (қора белгили) филтрларини ионларни тутиб қолишни қобилятини концентрацияга боғлиқлиги қиёсий таҳлили (б) .

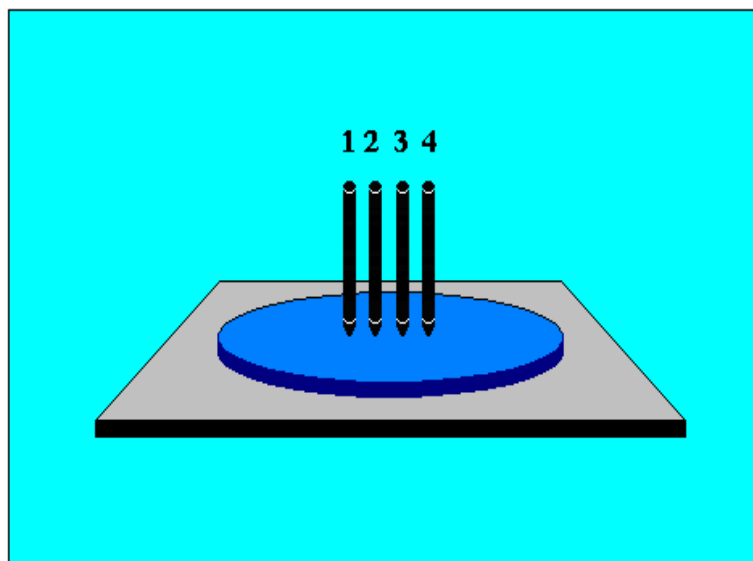
Ҳисобот. Нанофилтрнинг самадорлиги синаш натижалари таҳлил қилинади

4-амалий машғулот:

Наноқатламли материалларнинг электрофизик хоссалари

Яримўтказгичли металл оксидлар асосида шакллантирилган наноқатлам-ли материалларнинг солиштирма электр ўтказувчанлигини тўрт зондли усулда аниқлашнинг принципиал жиҳатлари ўзлаштирилади. Тажрибалар махсус йиғилган қурилмада ўтказилади ва тадқиқот натижалари асосида наноматериалнинг электр ўтказувчанлик қобилияти баҳоланади.

Тажриба усули.



1-расм. Яримўтказгич пластинаси сиртида зондларнинг жойлашиши.

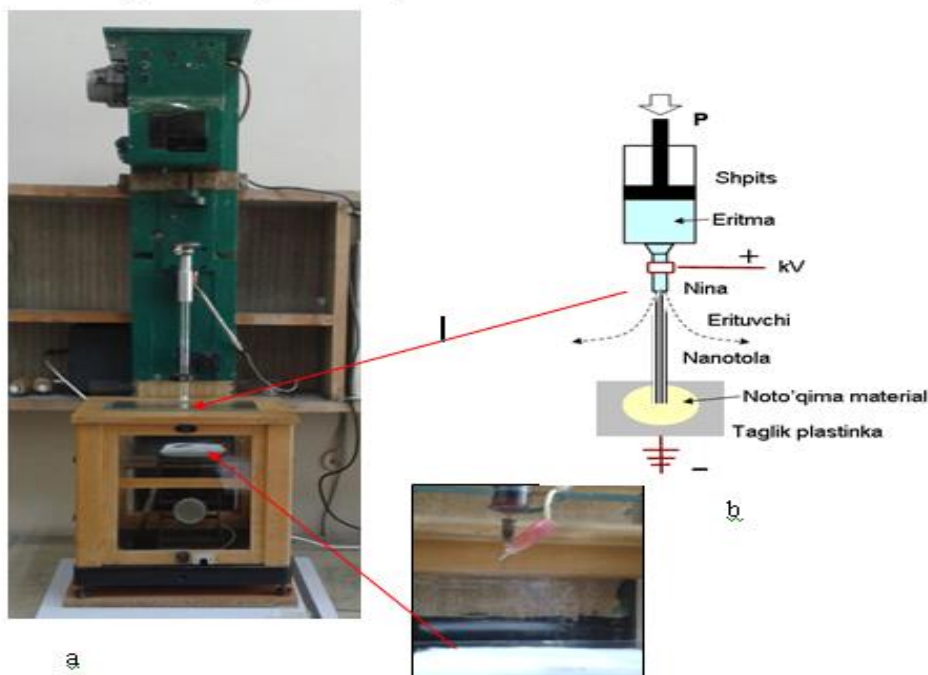
Ҳисобот. Тажриба усулини амалий қўллаш ва натижаларни таҳлил принциплари тушунтилади.

7-амалий машғулот: (кўчма)

Нанотолалар шакллантиришнинг электроспиннинг усули

Юқори кучланиш таъсирида фильерадан (анод) чиқаётган эритмани экранга (катод) тортилиши туфайли эритувчини буғланиб кетиши ва макромолекуляр занжирларни бир бирига ориентацион ўралиб қалинлиги наноўлчамларда бўлган толалар, яъни нанотолалар шакллантирилади. Ушбу амалий машғулотда мазкур жараён амалга оширишнинг принципиал жиҳатлари ўзлаштирилади.

Тадқиқот усуллари.



Хисобот. Электроспиннинг усули ишлаш принципи тушунтирилади.

5-амалий машғулот: (кўчма)

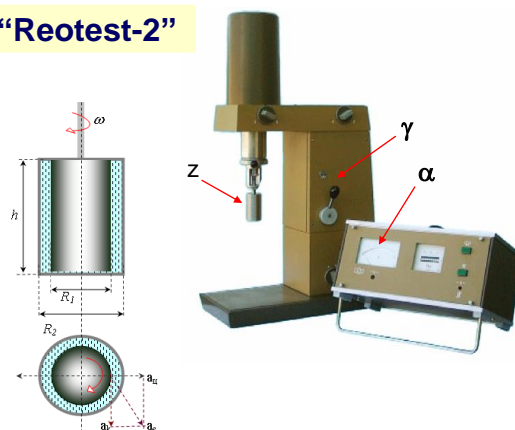
Нанодисперс тизимларнинг реологик хоссалари

Нанодисперс тизимлар, яъни таркибида наноўлчамли заррачалари бўлган концентранган эритма ёки гелнинг оқишида деформационн ўзгаришларини, яъни реологик тавсифлари, жумладан, эффектив қовушоқлиги ва қовушоқ оқувчанлигининг фаоллик энергияларини аниқлашнинг принциплари ўзлаштирилади. Ушбу амалиёт тадқиқоти “Реотест-2” қурилмасида ёки махсус йиғилган “Реометр” қурилмасида ўтказилади.

Тадқиқот қурилмаси. Реотест-2 қурилмаси, S/S_2 - соаксиал цилиндрлар тизими ва уни доимийси $z = 8,06$ (1-расм).

Ўлчашлар. Тажрибалар II б режимда силжиш майдонини γ нинг 12 ҳолатида ўтказилади. Бунда индикатор кўрсаткичи а ни миқдори қайд этилади ва силжиш кучланиши $\sigma = \square * z$ дан аниқланади ҳамда 1-жадвалга киритилади.

"Reotest-2"



1-расм. Реотест-2 қурилмаси.

Эффектив қовушоқлик $\square_{эфф.} = \sigma/\gamma$ ҳисобланади ва натурал логарифм ($\ln \eta_{эфф.}$) миқдори топилади. Тажрибалар 25, 40, 55, 70 °C да ўтказилади ва ҳар ҳарорат учун $\ln \eta_{эфф.}$ ни γ га боғлиқлик графиги тузилади ҳамда $C \rightarrow 0$ шартидан $\square_{эфф} = \square$ миқдори топилади. Натижалар асосида эйринг-Френкел формуласи (1) га биноан \square ни $1/T$ га боғланиш графиги тузилади ва оғиш бурчагидан E_a ни миқдори аниқланади.

Ҳисобот. Натижалар асосида аниқланган E_a ни миқдори адабиёт маълумотлари билан қиёсий таққосланади ва унинг моҳияти таҳлил этилади.

V. ГЛОССАРИЙ

Термин	Ўзбекча мазмуни	Инглизча мазмуни
Адсорбция	Қаттиқ материал сиртида газсимон ва суюқликлар молекулаларини контакт бўлишида боғланиши	Bonding of a thin layer of gaseous or liquid molecules to the surface of a solid or liquid with which they are in contact.
Аллотропия	Қаттиқ фаза сиртига модданинг бирор бир фазада (газ ёки суюқликни) чиқиши	The ability of a substance to exist in more than one phase in the solid (or indeed, liquid and gaseous) state.
Алюминий оксид	Алюминий оксид деб юритилади, Al_2O_3	Common name for aluminium oxide, Al_2O_3 .
Аморф	Норегуляр, тартибсиз кристалланмаган қаттиқ ҳолат	Without the regular, ordered structure of crystalline solids.
Аморф полимер	Молекуляр занжирлари норегуляр конформацияга эга бўлган полимер	A polymer in which the molecular chains exist in the irregular conformation
Анизотропия	Изотроп бўлмаган, яъни турли йўналишларда турли хоссалар намоён қиладиган материал	Not isotropic; i.e. having different properties in different directions.
Ақли материаллар	Ташқи муҳит таъсирида ўзининг муҳим хоссаларини, тузилиши ва функциясини ўзгартириш қобилиятига эга бўлган материаллардир	The ability of a materials to exist in more than one properties, structural and functional change abilities in aspects of using their
Биоматериаллар	Организмга имплатат сифатида қўлланадиган материаллар.	The materials are used so implant in organism
Биопарчаланувчан (биодеградацион) полимер	Табиий жараёнлар ва бактериялар таъсирида маълум вақт давомида парчаланадиган полимер	A polymer which degrades over time through the action of bacteria and natural processes.
Боғ	Атомларни бир бирини тутиб турушни механизми боғдир. Бу механизм ҳамма вақт электронлар таъсирлашиш жараёнига асосланганжир. Боғлар ковалент, ион, металл ва	As applied to atoms, the mechanism by which two (or more) atoms are held together. The mechanism is always reliant on some electron process. Common types include covalent, ionic,

	вандерваальс боғлари турларига бўлинади.	metallic and van der Waals.
Десорбция	Молекулалари бириккан тизимда қаттиқ ва суюқ фазаларни ажралиши.	Breaking of the bond holding molecules to the surface of a solid or liquid.
Замонавий материалшунослик фани	Замонавий ишлаб чиқаришнинг маълум шароитларида ишлайдиган конкрет маҳсулотлар учун материалларни рационал танлаш вазифасини ечиш учун хизмат қилади	The modern direction of material sciences which hold the aspects of production any materials and goods by rational choosing of their tasks and problems desolutions
Иккиламчи деформацияланиш	Материалнинг механик деформациясида материал чўзилишини намоён бўлиши.	Mechanical deformation of a material induces strain in the material.
Карбид	Углерод ва бирон бир металл асосидаги кампоунд материал	A compound of carbon and one or more metals.
Керамика	Одатий ион боғли материал, металл анионлар ва металлмас катионлар асосида бўлади.	A predominantly ionic bonded material made up of metallic anions and non-metallic cations.
Керамик материаллар	Таркибида металл ва нометалл элементлар ўзаро кимёвий бириккан ҳолда шаклланган ноорганик материалдир	The nonorganic materials are formed after chemical bonds metals and nonmetals in the volume of materials
Компонент (концигент)	Индивидуал кимёвий субстанция (элемент ёки қўшимча), қотишмага қўшилади. Углеродли пўлатлар компонентлари Fe ва C. Бронзада Cu ва Sn.	The individual chemical substances (elements or compounds) present in an alloy system. The components in carbon steel are Fe and C. In bronze they are Cu and Sn.
Кристалл	Кристалл тартибли тузилишга эга бир ёки неча хил атомлар тутган бирикма, фазовий асосида йўналишлари регуляр жойлашган	A crystal consists of identical structural units, consisting of one or more atoms, which are regularly arranged with respect to each other in space
Кристалланиш	Кристалланиш эритмалар совутилишида амалга ошади.	Crystallization occurs when a saturated solution is cooled.
Кристаллография	Кристаллар физикаси,	Crystal's physics, study of

	кристалл структурани ўрганиш, кристаллар дефектларини аниқлаш ва ҳ.к.	crystalline structure, defects of crystals and other
Кристалл нуқсони	Кристалл панжара тузилиши номукамал шаклланиши нуқсон ҳисобланади.	A defect can be any imperfection in the lattice structure of a crystal
Матрица	Композит компоненти ва унинг асосидир. Масалан, толалар унда жойлашади	The component of a composite material in which the fibres are embedded.
Материалшунослик ёки материаллар ҳақидаги фан	Қаттиқ материалларнинг хоссалари ва бу хоссалар қандай қилиб композицион материал ва структурасини ўрганади.	The study of the properties of solid materials and how those properties are determined by a material's composition and structure.
Материалшунослик предмети	Материалларнинг тузилиши, янгиларини яратиш принциплари ва технологияларини ишлаб чиқиш ҳамда қўлланиш соҳаларини белгилашдан иборатдир.	The subject is consist about of structure, carried out new principles and technology of materials and fount out the applications fields of materials
Металл силлиқлаш	Металлни шакллантириш операцияси бўлиб, металл заррачалари билан сиртга ишлов берилади.	A metal-forming operation in which a piece of metal is pulled through a die in order to reduce the cross-section.
Металлургия (металлшунослик)	Турли металлларнинг хоссаларини ўрганиш	A study of properties of different materials
Наноматериаллар	Ўлчами нанодиапозонда бўлган ва шу ўлчамга хос ноёб ва махсус хоссаларни намоён қилидаган материаллар туридир	Nanosize materials with are carrying out the original and specifically properties in using the materials in different fields
Полимер материаллар	Макромолекуляр тузилишга эга бирикмалар асосида шакланган материаллардир.	The materials are forming on the base of macromolecular structured compounds
Суюқланиш ҳарорати	Қаттиқ ҳолатдан суюқ ҳолатга ўтиш ҳарорати	The temperature at which a solid starts to transform to the liquid state.
Углерод толалар	Энг яхши углерод толалар полиакрилонитрил (ПАН) асосида олинади. Бу ПАН	The best carbon fibres are prepared from polyacrylonitrile (PAN). PAN

	нинг иссиқлик таъсирида графит ҳолатига ўтишидир.	is converted into graphite through a sequence of carefully controlled heat treatment operations.
Чўян	Таркибида 2-4 % углерод тутган темир.	Iron containing 2-4% carbon.
Шиша тола	Шиша асосидаги тола бўлиб, пластиксимон табиатга эга	By far the most widely used fibre reinforcement for plastics
Эластик деформация	Материалнинг ташқи таъсир остида чўзилиши ва таъсир олиб ташлангач дастлабки ҳолатига қайта тикланиш жараёни	Change in shape of a material subject to an applied stress in which the initial shape is completely recoverable with negligible time delay when the stress is removed.
Электрочерамика	Керамиканинг электроникада қўлланиши. Бу материал кўп ҳолларда диэлектриклар сифатида қўлланилади.	A ceramic that is used for an electronics application. The most common use is for the dielectric of capacitors.
Цемент	Бу атама қотирувчи ёки ёпиштирувчи маъносига эга. Цемент аслида қотирувчи сифатида ишлатилади. У сув таъсирида ўта тез қотади.	A term used to describe any binding agent or adhesive. Cement is used as the binding agent for concrete, and hardens as it slowly reacts with water.
Цементлашган	Темир углерод бирикма, Fe_3C . Ферритдан каттиқроқ ва мустаҳкам, аммо қуйилмайди	Iron carbide, Fe_3C . Harder and stronger than ferrite, but not as malleable.
Қўш нурни синиши	Қўш нурни синиши материалдан ёруғлик нури ўтишида иккига ажралиб синишидир. Бу эффе́кт ўтаётган нурнинг қутбланиш ҳолатини ўзгариши ҳамдир.	A material is birefringent if a ray of light passing through it experiences two refractive indices. The effect of this is to change the polarization state of the transmitted light.

VI. АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

I. Ўзбекистон Республикаси Президентининг асарлари

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

II. Норматив-ҳуқуқий ҳужжатлар

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

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

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

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

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

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

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

III. Махсус адабиётлар

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

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

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

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

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

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

IV. Интернет сайтлар

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