

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

**ОЛИЙ ТАЪЛИМ ТИЗИМИ ПЕДАГОГ ВА РАҲБАР КАДРЛАРИНИ ҚАЙТА  
ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШНИ ТАШКИЛ  
ЭТИШ**

**БОШ ИЛМИЙ - МЕТОДИК МАРКАЗИ**

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ МАЛАКАСИНИ  
ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИ**

## **КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯ**

**йўналиши**

### **“КИМЁ САНОАТИДАГИ НАНОМАТЕРИАЛЛАР”**

**модули бўйича**

## **ЎҚУВ-УСЛУБИЙ МАЖМУА**

**ТОШКЕНТ – 2016**

*Мазкур ўқув-услугий мажмуа Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг  
2016 йил \_\_ - \_\_\_\_\_ даги \_\_\_\_ -сонли буйруғи билан тасдиқланган ўқув  
режа ва дастури асосида тайёрланди.*

**Тузувчилар:** **З.Ч. Қодирова** – Тошкент кимё-технология институти,  
“Силикат материаллар ва нодир, камёб металллар  
технологияси” кафедраси доценти, т.ф.д.;  
**М.Х. Арипова** – Тошкент кимё-технология институти,  
“Силикат материаллар ва нодир, камёб металллар  
технологияси” кафедраси мудири, т.ф.д., профессор;  
**А.А. Абусаломов** – Тошкент кимё-технология институти,  
“Силикат материаллар ва нодир, камёб металллар  
технологияси” кафедраси доценти, т.ф.н.

**Чет эл эксперти:** **Enrico Bernardo** – Падуя Университети, “Индустриал  
инженерия” факультети профессори.

*Ўқув-услугий мажмуа Тошкент кимё-технология институти Кенгашининг  
2016 йил \_\_ - \_\_\_\_\_ даги \_\_\_\_ -сонли қарори билан нашрга тавсия қилинган.*



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

---

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

Prof Enrico Bernardo  
Advanced Ceramics and  
Glasses group  
Via Marzolo, 9  
35131 Padova

tel. +39 049 8275510  
fax +39 049 8275505  
enrico.bernardo@unipd.it

Administrative Office  
via Gradenigo 6/a  
35131 Padova  
www.dii.unipd.it

tel. +39 049 8277500  
fax +39 049 8277599  
segreteria@dii.unipd.it

CF 80006480281  
P.IVA 00742430283

Padova, May 4<sup>th</sup>, 2016

**To whom it may concern**

***Expert Review on the Education Module “Innovative Technology of Composite Materials”,  
prepared for the “Chemical technology” specialization on teachers retraining and educational courses***

Based on the proposed program, the Module “Innovative Technology of Composite Materials” is effectively devoted to the study of modern technologies in the production of composites. The module studies materials for matrices and fillers, with their properties and applications. Also the production technologies for polymer-matrix, ceramic-matrix and metal-matrix composites are included. Interestingly, I note that a special attention is paid to carbon-carbon composites and non-traditional composite materials such as Self-Reinforced composites, Biocomposites and Composites for Structural Design.

Based on the information from colleagues, the Module consists of a theoretical part and practical tasks, includes the case studies for self-study programs, the glossary and the list of references. I agree on the fact that the preparation of a glossary, containing reviews in both Uzbek and English languages, will enhance the assimilation of the program.

I think that the module “Innovative Technology of Composite Materials” can be used for educational purposes on teachers retraining and educational courses.

Yours sincerely,

Enrico Bernardo, PhD  
Associate Professor  
Università degli Studi di Padova  
Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Edificio Ex Fisica Tecnica  
Via Marzolo, 9  
35131 Padova, Italy  
phone +39 049 8275510  
fax +39 049 8275505  
e-mail [enrico.bernardo@unipd.it](mailto:enrico.bernardo@unipd.it)  
web <http://www.dii.unipd.it/bernardo>

## МУНДАРИЖА

<b>I. ИШЧИ ДАСТУР .....</b>	<b>5</b>
<b>II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ .....</b>	<b>12</b>
<b>III. НАЗАРИЙ МАТЕРИАЛЛАР.....</b>	<b>24</b>
<b>IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ .....</b>	<b>83</b>
<b>V. КЕЙСЛАР БАНКИ .....</b>	<b>114</b>
<b>VII. ГЛОССАРИЙ.....</b>	<b>126</b>
<b>VIII. АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ .....</b>	<b>147</b>

## I. ИШЧИ ДАСТУР КИРИШ

Дастур ривожланган мамлакатлардаги хорижий тажрибалар асосида “Кимёвий технология” ўналиши бўйича педагогик кадрларни қайта тайёрлаш ва малака ошириш учун ишлаб чиқилган ўқув режа ва 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 билимини ва касбий компетентлигини мунтазам ошириб боришни мақсад қилади.

Инновацион технологияларга асосланган иқтисодиётга ўтишни янада жадаллаштириш мақсадида ҳам ашёни дастлабки ишлов бериб ярим махсулот кўринишига эмас балки уни якуний тайёр махсулот даражасига етказиб янги турдаги белгиланган хусусиятли материалларни олишга эътиборни қаратиш лозим. Бунинг учун минерал ҳам ашёни чуқур қайта ишлашга йўналтирилган ишлаб чиқаришларни модернизация қилиш, техник янгилаш ва диверсификация қилиш, инновацион технологияларни кенг жорий этиш зарур. Нанотехнология жараёнлари, физик-кимёвий асослари фанининг ўқув дастури янги шаклланиб бораётган нанотехнология ривожланишининг асосий йўналишлари ҳамда махсус масалаларни ҳал қилиш соҳаларидаги билимларни чуқурлаштиришга ва кўникмалар хосил қилишга қаратилган.

### **Модулнинг мақсади ва вазифалари**

“Кимёвий технология” йўналиши бўйича олий таълим муассасалари педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш курси ўқув дастурининг махсус фанлар блокига киритилган “Кимё саноатидаги наноматериаллар” модули ишчи дастурининг **мақсади** – нанотехнологиянинг асосий тушунчалари, нанотехнологиянинг тадқиқот объектлари ва уларнинг синфланиши, нанотехнологиянинг ривожланиш босқичлари, нанообъектларнинг асосий турлари ва улар асосидаги нанотизимлар, углеродли нанотрубкалар, фуллеренлар, супрамолекуляр кимё, ноорганик наноматериаллар; наноструктураланган материалларнинг синтез усуллари, фундаментал асослари тўғрисидаги маълумотларни қамраб олувчи билимлар тўғрисида назарий ва касбий тайёргарликни таъминлаш ва янгилаш, касбий компетентликни ривожлантириш асосида таълим-тарбия жараёнларини самарали ташкил этиш ва бошқариш бўйича билим, кўникма ва малакаларни такомиллаштиришга қаратилган.

“Кимё саноатидаги наноматериаллар” фанининг **вазифаси** – нанотехнологияларга асосланган технологик ишлаб чиқаришларни режалаштириш ва ташкиллаштиришни; нанотехнологик жараёнлар ўтказилиши учун оптимал омиллар танлашни; наноматериалларни ишлаб чиқариш жараёнларидаги мавжуд долзарб амалий масалаларини ечиш учун янги технологияларни кўллаш, махсус фанлар соҳасидаги ўқитишнинг инновацион технологиялари ва илғор хорижий тажрибаларни ўзлаштириш; “Кимёвий технология” йўналишида қайта тайёрлаш ва малака ошириш жараёнларининг фан ва ишлаб чиқариш билан интеграциясини таъминлашдир.

## **Модул бўйича тингловчиларнинг билими, кўникмаси, малакаси ва компетенцияларга қўйиладиган талаблар**

“Кимё саноатидаги наноматериаллар” модули бўйича тингловчилар куйидаги янги билим, кўникма, малака ҳамда компетенцияларга эга бўлишлари талаб этилади:

### **Тингловчи:**

- аноктивизмнинг кристаллофизикаси, наноструктуралар ва уларнинг симметрик ифодаси;
- электронларнинг энергетик спектри квант ушлов структурарида квант нуқталар, толалар, юқори даражали панжаранинг аҳамияти;
- холлнинг квант эффеќти ва квант ўлчов структурари оптик хусусиятларининг моҳияти;
- наноќатламли композицияларни магнит хоссалари, кондесацияланган мухитларда энергия ва зарядлар ўтказиш жараёнлари;
- нанозаррачаларни ўлчов ва функционал хоссалари;
- молекуляр динамика, конформация ва нанотизм симметрик тасвири;
- фазалараро чегараларни термодинамикаси ва кинетикаси, Кластер;
- мицеллалар хосил бўлиши, полимеризациялаш, матрица синтези, ўзаро шаклланиш;
- наноматериаллар: золлар, геллар, суспензиялар, коллоид эритмалар, матрица-ажратилган кластерли юқори даражадаги структуралар, фуллеренлар, углеродли нанотрубкалар, полимерлар, юқори даражали панжаралар, биомембраналар;
- нанотизмларни электр ўтказувчи, иссиќлик ўтказувчи ва механик хоссалари;
- нанокимёвий компоненталар: катализаторлар, сорбентлар, реакторлар;
- наноќатламлар синтези услублари: атом-молекуляр эпикасия, молекуляр ва кимёвий конструкторлаш;
- Ленгмюр-Блоджетт молекуляр ќатламлаш услуби, полианион молекуляр конструкторлаш;
- юқори даражада локалланган ќопланиш, ажратиш ва моддаларни модификациялаш услублари ҳақида **билимларга** эга бўлиши;

### **Тингловчи:**

- наноматериалларни махсус хоссалари, уларни физик-кимёвий табиатлари боғлиќликлари, танловчанлиги, энергия хажмлиги ва электрон хотирасининг моҳиятини билиши ва улардан фойдалана олиш;
- наноструктуралашган материалларни физик кимеси, кичик ансамблли молекулалар, молекулараро ўзаро таъсири ҳақида тасаввурга эга бўлиш;
- корпускуло-фотонли ва электрокимёвий нанотехнологиялар, нанозондли локал синтез ва моддани ажратиш, материал юзасини модификациялаш **кўникма ва малакаларини** эгаллаши.

### **Тингловчи:**

- замонавий инновацион технологияларнинг имкониятларини намоёништириш қилиш тамойилларини ажратиб кўрсата олиш;
- технологик операцияларнинг инновацион технология жараёнларидаги ўрнини ва уларнинг характеристикаларини фарқлаш;
- керакли хусусиятларга эга бўлган наноматериаллар таркибини тузиш ва унинг физик-механик хоссаларини лойиҳалаштириш **компетенцияларни** эгаллаши лозим.

### **Модулнинг ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар**

“Кимё саноатидаги наноматериаллар” курси маъруза ва амалий машғулотлар шаклида олиб борилади.

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

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

– ўтказиладиган амалий машғулотларда техник воситалардан, экспресс-сўровлар, тест сўровлари, ақлий ҳужум, гуруҳли фикрлаш, кичик гуруҳлар билан ишлаш, коллоквиум ўтказиш, ва бошқа интерактив таълим усулларини қўллаш назарда тутилади.

### **Модулнинг ўқув режадаги бошқа модуллар билан боғлиқлиги ва узвийлиги**

“Кимё саноатидаги наноматериаллар” фани умуммутахассислик фанлари мажмуасига тааллуқли бўлиб, олий таълим муассасаларининг профессор-ўқитувчилар ўрганишади. “Кимёвий технология” мутахассислиги бўйича киритилган “Кимё саноатидаги инновацион технологиялар” ва “Композицион материалларнинг инновацион технологиялари” билан узлуксиз боғлиқ бўлиб, ушбу модулларни ўзлаштиришда амалий ёрдам беради. “Кимё саноатидаги наноматериаллар” модулини тўлиқ ўзлаштиришда ва амалий вазифаларни бажаришда “Муҳандислик технологиясида тизимли таҳлил асослари (кимёвий технология)”, “Электрон педагогика асослари ва педагогнинг шахсий, касбий ахборот майдонини лойиҳалаш”, ҳамда “Амалий хорижий тилни ўрганишнинг интенсив усуллари” модуллари ёрдам беради.

### **Модулнинг олий таълимдаги ўрни**

“Кимё саноатидаги наноматериаллар” модули қайта тайёрлаш ва малака ошириш йўналишини “Кимёвий технология” мутахассислиги бўйича махсус модуллардан дарс берувчи профессор ўқитувчилар учун муҳим ўринни эгаллайди. Ушбу модул олий таълим муассасаларида талаба ва педагоглар томонидан ўқув-илмий ишларини олиб бориш учун асосий назарий ва амалий билимларни беради.

## Модул бўйича соатлар тақсимоти

№	Модул мавзулари	Тингловчининг ўқув юкلامаси, соат				
		Хаммаси	Аудитория ўқув юкلامаси			Мустақил таълим
			Жами	назарий	амалий	
1.	Кириш. Нанотехнологиянинг асосий тушунчалари. Фаннинг предмет ва вазифалари. Нанотехнологияларнинг ривожланиш тенденцияси. Нанотехнологиялар тўғрисида умумий маълумот. Нанообъект, наноматериал, нанотехнология тушунчаси.	4	4	2	2	
2.	Нанообъектларнинг асосий турлари ва улар асосидаги наносистемалар. Нанозаррачалар ва наноматериаллар хусусиятларининг физикавий сабаблари. Нанообъектлар таснифи.	6	4	2	2	1
3.	Наноструктураланган материалларни синтез усуллари. Нанозарралар, нанокукунларни синтез қилиш усуллари. 0-D нанообъектлар. 1-D нанообъектлар. Углеродсиз нанотрубкалар.	8	4	2	2	1
4.	2D-Наноструктураланган материаллар ва углеродли наноматериал синтез усуллари. 2-D Нанообъектлар (юпқа пленкалар). Фазали эпитаксия. Углеродли наноматериаллар. Углеводородли наноматериаллар синтези. Углевородли наноматериалларнинг ишлатилиши.	8	4	2	2	1
5.	Наноматериаллар ва унинг физик-кимёвий тахлил усуллари. Сканерловчи тунелли микроскоп (СТМ) ишлаш принциплари. Атом - кучланишли микроскоп (сканерловчи кучланишли микроскоп) АСМ. Нанотехнологик зондли машиналар.	6	4	2	2	1
	<b>Жами:</b>	<b>24</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>4</b>



## НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

### **1-мавзу: Кириш. Нанотехнологиянинг асосий тушунчалари.**

Фаннинг предмет ва вазифалари. Нанотехнологияларнинг ривожланиш тенденцияси. Нанотехнологиялар тўғрисида умумий маълумот. Нанообъект, наноматериал, нанотехнология тушунчаси. Кимё ва материаллар. Белгиланган хоссали наноматериаллар олишда илм-фан ва техника ютуқларини тадбиқ қилиш.

### **2-мавзу: Нанообъектларнинг асосий турлари ва улар асосидаги наносистемалар.**

Нанозаррачалар ва наноматериаллар хусусиятларининг физикавий сабаблари. Нанообъектлар таснифи. Фуллеренлар. Углеродли трубкалар. Супрамолекуляр кимё. Ноорганик наноматериаллар. Вискерлар. Манганитлар. Юқори хароратли ўта ўтказгичлар. Фотон кристаллари. Биокерамика. Наноолмослар. Газли гидридлар. Газлардаги кластерлар.

### **3-мавзу: Наноструктураланган материалларни синтез усуллари.**

Нанозарралар, нанокукунларни синтез қилиш усуллари. Газфазали синтез (буғларнинг конденсацияси). Плазмакимёвий синтез – лазерли абляция. Коллоид эритмалардан чўктириб олиш – зол-гел жараён. Молекуляр-боғламли эпитаксия, газфазали эпитаксия, суноқ фазадан эпитаксия. 0-D нанообъектлар. 1-D нанообъектлар. Углеродсиз нанотрубкалар.

### **4-мавзу: 2D-Наноструктураланган материаллар ва углеродли наноматериал синтез усуллари.**

2-D Нанообъектлар (юпка пленкалар). Фазали эпитаксия. Углеродли наноматериаллар. Углеводородли наноматериаллар синтези. Углеводородли наноматериалларнинг ишлатилиши.

### **5-мавзу: Наноматериаллар ва унинг физик-кимёвий таҳлил усуллари.**

Электрон микроскоп. Сканерловчи тунелли микроскоп (СТМ) ишлаш принциплари. Атом - кучланишли Микроскоп (сканерловчи кучланишли микроскоп) АСМ. Нанотехнологик зондли машиналар.

## АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАЗМУНИ

### **1-амалий машғулот: Кристалл наносистемалар ва уларни ахамияти. Нанотехнология ва электроника.**

Заррачаларнинг чегараси. Заррачалар чегарасининг миграцияси. Мультиплет иккиламчи заррачалар. Дислокация. Жойлашиш дефектлари. Учкаррали тугун. Холл-Петч қонуни. Таъқиқланган чегаранинг кенглиги.

Молекуляр электроника. Ёруғлик диоди (LED). Майдон эффектли транзистор (FET). Юпка пленкали транзисторлар (TFT). Бир электронли транзистор (SET). Заряд боғланишли қурилма (CCD). Комплементар металоксидли ярим ўтказгич (CMOS). Гигантмагнит қаршилиги (GMR).

Оптоэлектроника. Фотолюминесценция. Фотон кристаллар. Фотоника. Юзаплазмон. Пьезорезистив эффект. Спинтроника (спин асосидаги электроника). Кубит. Квант компьютерлар.

**2-амалий машғулот: Полимер наноматериал олиш ва уларни хоссаларни. Наноцеллюлоза. Биомиметика системаларни олиш ва уларни хоссалари.**

Суюқ кристал. Шакл хотирали полимерлар. Наноцеллюлоза. Тўқимали инженерия. Биомослашувчанлик. Биомиметика. Электрон бурун. Электрон тил. Бот. Нанобот. Дориларни мақсадли етказиш. ДНК-чип.

**3-амалий машғулот: Наноматериал олиш ва уларни хоссаларни.**

Тагдан-тепага ва Тепадан пастга. Буғ фазасидан физикавий чўктириш (PVD). Плазма. Буғ фазасидан кимёвий чўктириш (CVD). Иссик изостатик преслаш (HIPing). Пиролиз. Учқунли плазмали пишириш (SPS). Тенг каналли бурчакли преслаш (ECAP). Механик қотишмалаш. Буғ-суюқлик-қаттиқ модда усули (VLS). Эпитаксия. Нанолитография. Fab. Аэрогел. Квант нуқталари. Бакминстер – фуллерен. Углеродли нанотрубка. Нанотолалар. Наноқобиклар. Наносимлар. Наноматериал. Наностержнлар. Вискерлар. Юпқа пленкалар. Мезоғовакли материал. Мультиқаватлар.

**4-амалий машғулот: Нанометрология.**

Атом-кучланишли микроскопия (AFM). Атом манипуляцияси. Нанолитография. Наноиндентификациялаш. Электрон микроскоп. Микрокантилевер. Сканирловчи яқин худудли оптик микроскопия (SNOM). Рентгенфотоэлектронспектроскопия (XPS). Ўта ўқазувчан квантинтерферометр (SQUID).

**5-амалий машғулот: Наноматериалларнинг экологик хоссалари.**

Ёқилғи элементи. Фотокатализ. Нанотехнология ва қурилиш материаллар.

**ЎҚИТИШ ШАКЛЛАРИ**

Ўқитишни кўйидаги усулларини режада тутилган:

- мини-маърузалар ва сухбатлар (тадқиқотни мужассамлаштириш, ўрганишга қизиқишни кучайтириш);
- дидактик ва ролли ўйинлар, баҳс мунозаралар (қоидаларга риоя қилишни ўрганиш, ҳамкорликни таъминлаш, логик хулоса қилишни шакллантириш);
- дискуссия ва диспутлар (орагмент ва далилларни аниқлаш, кўлок солиш ва солиштиришни шакллантириш);
- тренинг элементлари (позитив муносабатни шакллантириш).

Таълим беришда замонавий педагогик ва информацион-коммуникатив технологиялар услубларини қўллаш кўзда тутилган:

- назарий материаллар презентация шаклида ўтқазилганда замонавий компьютер технологияларни қўллаш режалаштирилган;

– амалий материаллар интерактив услублар ёрдамида бажарилиши режалаштирилган (кейс-стади, муаммоли вазиятлар, интервью ва б.).

### **БАҲОЛАШ МЕЗОНИ**

№	Баҳолаш турлари	Максимал балл	Баллар
1	Кейс топшириқлари	2.5	1.5 балл
2	Мустақил иш топшириқлари		1.0 балл

## **II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ**

### **«Ақлий хужум» (брейнсторминг) методи**

**Методнинг мақсади:** амалий ёки илмий муаммоларни ҳал этиш фикрларни жамоали генерация қилиш, ўқиб-ўрганиш фаолиятини фаоллаштириш, муаммони мустақил тушуниш ва ҳал этишга мотивлаштиришни ривожлантириш.

- Ақлий хужум вақтида иштирокчилар мураккаб муаммони биргаликда ҳал этишга интилишади: уларни ҳал этиш бўйича ўз фикрларини билдиради (генерация қилади) ва бу фикрлар танқид қилинмасдан улар орасидан энг мувофиқи, самаралиси, мақбули ва шу каби фикрлар танлаб олиниб, муҳокама қилинади, ривожлантирилади ва ушбу фикрларни асослаш ва рад этиш имкониятлари баҳоланади. Ҳар бир гуруҳ ичида умумий муаммонинг бир жиҳати ҳал этилади.

**Намуна: Ҳар қандай нано бирикмалари композитлар таркибини тузишда фойдаланилиши мумкин-ми?**

**Тўғридан-тўғри жамоали ақлий хужум** – иложи борича кўпроқ фикрлар йиғилишини таъминлайди. Бутун ўқув гуруҳи (20 кишидан ортиқ бўлмаган) битта муаммони ҳал этади. Ўқув гуруҳидаги ҳар бир тингловчи ушбу муаммога жавоб беради, ўз фикрини билдириб, далиллар келтиради.

#### **Масалан:**

1-тингловчи: Ҳар қандай наноматериаллар композитларда қўлланиши мумкин.

2-тингловчи: Йўқ, ҳар қандай наноматериалларда қўлланилиши мақсадга тўғри келмайди.

3-тингловчи: Асосан наноматериаллар таркибида 2 турдаги заррачалар қўлланилади.

### **“Венн диаграммаси” методи**

**Методнинг мақсади:** Бу метод график тасвир орқали ўқитишни ташкил этиш шакли бўлиб, у иккита ўзаро кесишган айлана тасвири орқали ифодаланади. Мазкур метод турли тушунчалар, асослар, тасавурларнинг анализ ва синтезини икки аспект орқали кўриб чиқиш, уларнинг умумий ва фарқловчи жиҳатларини аниқлаш, таққослаш имконини беради.

#### **Методни амалга ошириш тартиби:**

- иштирокчилар икки кишидан иборат жуфтликларга бирлаштириладилар ва уларга кўриб чиқиладиган тушунча ёки асоснинг ўзига хос, фарқли жиҳатларини (ёки акси) доиралар ичига ёзиб чиқиш таклиф этилади;

- навбатдаги босқичда иштирокчилар тўрт кишидан иборат кичик

гурухларга бирлаштирилади ва ҳар бир жуфтлик ўз таҳлили билан гуруҳ аъзоларини таништирадидилар;

- жуфтликларнинг таҳлили эшитилгач, улар биргалашиб, кўриб чиқиладиган муаммо ёхуд тушунчаларнинг умумий жиҳатларини (ёки фарқли) излаб топадилар, умумлаштирадидилар ва доирачаларнинг кесишган қисмига ёзадилар.

### Намуна 1:

“Нол-ўлчамли мустаҳкамлаштириш компонентлари” ва “Бир-ўлчамли мустаҳкамлаштириш компонентлари” мавзуси бўйича “Венн диаграммаси”.

#### Умумий жиҳатлари:

1. Композитларда мустаҳкамлаштирувчи вазифасини бажаради.
2. Композитларнинг термик бардошлигини оширади.
3. Композитларнинг мустаҳкамлигини оширади.
4. Композитларнинг қаттиқлигини оширади.



### Намуна 2:

Углерод наноматериаллардаги таркиби бўйича “Венн диаграммаси”.



### “КЕЙС – СТАДИ” методи

«Кейс-стади» инглизча сўз - (case – аниқ вазият, ҳодиса, study - ўқитиш). Бу метод аниқ вазият, ҳодисага асосланган ўқитиш методи ҳисобланади. Кейс- услуб (Case study) – бу реал иқтисодий ёки ижтимоий вазиятлар таърифини қўллайдиган таълим бериш техникасидир. Бунда вазият деганда бирон аниқ ҳодисанинг таърифи назарда тутилади. Гуруҳга ҳақиқий ахборот такдим этилиб (у ҳақиқий ҳодисага асосланган ёки ўйлаб чиқилган бўлиши мумкин), муаммоларни муҳокама қилиш, вазиятни таҳлил этиш, муаммонинг моҳиятини ўрганиб чиқиш, уларнинг тахминий ечимларини таклиф қилиш ва бу ечимлар орасидан энг яхшисини танлаб олиш таклиф этилади.

«Кейс - стади» методи бўйича ишлаш:

1. Якка тартибда ишлаш (умумий вақтнинг 30% си):

Вазият билан танишиш (матн бўйича ёки сўзлаб бериш орқали).

Муаммоларни аниқлаш. Ахборотни умумлаштириш. Ахборот таҳлили.

2. Гуруҳда ишлаш (умумий вақтнинг 50% си):

Муаммоларни ҳамда уларнинг долзарблиги бўйича кетма-кетлигини (иерархиясини) аниқлаш. Муқобил ечим йўлларини ишлаб чиқиш. Ҳар бир ечимнинг афзал ва заиф жihatларини белгилаш. Муқобил ечимларни баҳолаш.

3. Якка тартибда ва гуруҳда ишлаш (умумий вақтнинг 20% си):

Муқобил вариантларни қўллаш имкониятларини асослаш. Ҳисобот ҳамда натижалар такдимотини тайёрлаш.

Кейс ҳаракатлари ўз ичига қуйидагиларни қамраб олади: Ким (Who), Қачон (When), Қаерда (Where), Нима учун (Why), Қандай/ Қанақа (How), Нима-натижа (What).

## “Кейс методи” ни амалга ошириш босқичлари

Иш босқичлари	Фаолият шакли ва мазмуни
<b>1-босқич:</b> Кейс ва унинг ахборот таъминоти билан таништириш	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ якка тартибдаги аудио-визуал иш;</li> <li>✓ кейс билан танишиш(матнли, аудио ёки медиа шаклда);</li> <li>✓ ахборотни умумлаштириш;</li> <li>✓ ахборот таҳлили;</li> <li>✓ муаммоларни аниқлаш</li> </ul>
<b>2-босқич:</b> Кейсни аниқлаштириш ва ўқув топшириғни белгилаш	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ индивидуал ва гуруҳда ишлаш;</li> <li>✓ муаммоларни долзарблик иерархиясини аниқлаш;</li> <li>✓ асосий муаммоли вазиятни белгилаш</li> </ul>
<b>3-босқич:</b> Кейсдаги асосий муаммони таҳлил этиш орқали ўқув топшириғининг ечимини излаш, ҳал этиш йўллари ишлаб чиқиш	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ индивидуал ва гуруҳда ишлаш;</li> <li>✓ муқобил ечим йўллари ишлаб чиқиш;</li> <li>✓ ҳар бир ечимнинг имкониятлари ва тўсиқларни таҳлил қилиш;</li> <li>✓ муқобил ечимларни танлаш</li> </ul>
<b>4-босқич:</b> Кейс ечимини ечимини шакллантириш ва асослаш, тақдимот.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ якка ва гуруҳда ишлаш;</li> <li>✓ муқобил вариантларни амалда қўллаш имкониятларини асослаш;</li> <li>✓ ижодий-лойиҳа тақдимотини тайёрлаш;</li> <li>✓ якуний хулоса ва вазият ечимининг амалий аспектларини ёритиш</li> </ul>

**Кейс 1.** «Наноуглерод» толалари билан мустаҳкамлаштирилган наноматериаллар юқори эластиклик модулига эга, шунинг учун улар химоялаш воситаларида кенг қўлланилади (бронежилетлар тайёрлашда). Аммо бундай композитларнинг термик бардошлиги паст кўрсаткичларга эга. Наноматериалларнинг термик бардошлигини қандай ошириш мумкин?

### Кейсни бажариш босқичлари ва топшириқлар:

- Кейсдаги муаммони келтириб чиқарган асосий сабабларни белгилаш(индивидуал ва кичик гуруҳда).
- Янги наноматериалларнинг таркибини таклиф этинг (жуфтликлардаги иш).

**Кейс 2.** Наноматериаллари кимё саноатларда ишлаб чиқаришда кенг қўлланилади. Бироқ, улар Ўзбекистонга асосан четдан келтирилади. Ўзбекистонда наноматериаллар ишлаб чиқаришни ташкил қилиш учун имкониятларни изланг.

### Кейсни бажариш босқичлари ва топшириқлар:

- Кейсдаги муаммони келтириб чиқарган асосий сабабларни белгиланг, зарур билимлар рўйхатини тузинг (индивидуал ва кичик гуруҳда).
- Наноматериал хом ашёсини тўплаш бўйича бажариладиган ишлар кетма-кетлигини белгиланг (жуфтликда ишлаш).
- Наноматериаллар бозори истеъмолчиларини изланг.
- Бажарилган ишларни тақдимот қилинг.

### “Тушунчалар таҳлили” методи

**Методнинг мақсади:** мазкур метод тингловчилар ёки қатнашчиларни мавзу бўйича таянч тушунчаларни ўзлаштириш даражасини аниқлаш, ўз билимларини мустақил равишда текшириш, баҳолаш, шунингдек, янги мавзу бўйича дастлабки билимлар даражасини ташхис қилиш мақсадида қўлланилади.

### Методни амалга ошириш тартиби:

- иштирокчилар машғулот қодалари билан таништирилади;
- тингловчиларга мавзуга ёки бобга тегишли бўлган сўзлар, тушунчалар номи туширилган таркатмалар берилади (индивидуал ёки гуруҳли тартибда);
- тингловчилар мазкур тушунчалар қандай маъно англатиши, қачон, қандай ҳолатларда қўлланилиши ҳақида ёзма маълумот берадилар;
- белгиланган вақт якунига етгач ўқитувчи берилган тушунчаларнинг тўғри ва тўлиқ изоҳини ўқиб эшиттиради ёки слайд орқали намоёниш этади;
- ҳар бир иштирокчи берилган тўғри жавоблар билан ўзининг шахсий муносабатини таққослайди, фарқларини аниқлайди ва ўз билим даражасини текшириб баҳолайди.

**Намуна:** “Модулдаги таянч тушунчалар таҳлили”

Тушунчалар	Сизнингча бу тушунча қандай маънони англатади?	Қўшимча маълумот
Композицион материал	Ишлаб чиқарилган, икки ёки кўпроқ физикавий ва/ёки кимёвий ҳар хил бўлган, матрица (интерфейс) ичида тартибли жойлашган фазалардан ташкил топган материал.	
Матрица, интерфейс	Композицион материалнинг бир бутунлигини таъминловчи боғловчи компонент	



**Изоҳ:** Иккинчи устунчага қатнашчилар томонидан фикр билдирилади. Мазкур тушунчалар ҳақида қўшимча маълумот глоссарийда келтирилган.

### “SWOT-таҳлил” методи

**Методнинг мақсади:** мавжуд назарий билимлар ва амалий тажрибаларни таҳлил қилиш, таққослаш орқали муаммони ҳал этиш йўллари топиш, билимларни мустаҳкамлаш, такрорлаш, баҳолаш, мустақил, танқидий фикрлаш, ностандарт тафаккурни шакллантириш.

<b>S – (strength)</b>	• кучли томонлари
<b>W – (weakness)</b>	• заиф, кучсиз томонлари
<b>O – (opportunity)</b>	• имкониятлари
<b>T – (threat)</b>	• тўсиқлар

**Намуна 1:** Толали мустаҳкамлаштириш компонентлари учун SWOT таҳлилини ушбу жадвалга туширинг.

S	Толали мустаҳкамлаштириш компонентларининг кучли томонлари	Мустаҳкамлиги энг юқори кўрсаткичларга эга бўлган композитларни яратиш имкониятлари...
W	Толали мустаҳкамлаштириш компонентларининг кучсиз томонлари	Толали мустаҳкамлаштирилган композитларнинг анизотроплиги...
O	Толали мустаҳкамлаштириш компонентларининг имкониятлари (ички)	Янги турдаги юқори хусусиятли толалар яратилмоқда – бор толалари, углерод толалари...
T	Тўсиқлар (ташқи)	Толали компонентлар матрица материаллари билан ҳўлланилиши ва аралишиши қийинлиги...

**Намуна 2:** Ёғоч-елим адгезияси учун SWOT таҳлилини амалга оширинг.

S	Кучли томонлари	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ёғоч юзасига елим текис тақсимланади;</li> <li>• елим ёғоч юзасига пуркаш, ролик билан суркаш, шпател билан суркаш, куйиш каби турли усуллар билан берилиши мумкин;</li> <li>• очик ва ёпик ҳолатларда қотиши мумкин;</li> <li>• ион боғланишлар энг кучли боғланиш ҳисобланади.</li> </ul>
W	Кучсиз томонлари	<ul style="list-style-type: none"> <li>• очик ҳолатда қотганда эритувчини чиқариб юбориш керак;</li> <li>• елим ва ёғоч ўртасида мослашувчанлик бўлиши лозим;</li> <li>• дисперс боғланишлар энг кучсиз боғланиш ҳисобланади.</li> </ul>
O	Имкониятлари (ички)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ёғоч структурасига боғлиқ;</li> <li>• кимёвий боғлар ҳам, механик боғлар ҳам яхши адгезия</li> </ul>

		бериши мумкин; • дисперсион, икки қутбли ва водород боғлари узилса намлик таъсирида қайта тикланиши мумкин.
Т	Тўсиқлар (ташки)	• ковалент боғлар узилса қайта тикланмайди; • дисперсия кучлар молекулалар орасида бўлганда жуда суст бўлади, атомлар орасида бўлганда эса жуда кучли ҳисобланади.

### “Хулосалаш” (Резюме, Веер) методи

**Методнинг мақсади:** Бу метод мураккаб, кўптармоқли, мумкин қадар муаммоли характеридаги мавзуларни ўрганишга қаратилган. Методнинг моҳияти шундан иборатки, бунда мавзунинг турли тармоқлари бўйича бир хил ахборот берилади ва айни 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 мантиқий 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, таҳлили 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 материалларни



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



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

### Намуна 1:

Композицион материаллар					
Полимер матрицали		Металл матрицали		Керамик матрицали	
афзаллиги	камчилиги	афзаллиги	камчилиги	афзаллиги	камчилиги
<b>Хулоса:</b>					

### Намуна 2:

Алтернатив ёқилги турлари					
Фанера		MDF		OSB	
афзаллиги	камчилиги	афзаллиги	камчилиги	афзаллиги	камчилиги
<b>Хулоса:</b>					

### «ФСМУ» методи

**Технологиянинг мақсади:** Мазкур технология иштирокчилардаги умумий фикрлардан хусусий хулосалар чиқариш, таққослаш, қиёслаш орқали ахборотни ўзлаштириш, хулосалаш, шунингдек, мустақил ижодий фикрлаш кўникмаларини шакллантиришга хизмат қилади. Мазкур технологиядан маъруза машғулотларида, мустаҳкамлашда, ўтилган мавзуни сўрашда, уйга вазифа беришда ҳамда амалий машғулот натижаларини таҳлил этишда фойдаланиш тавсия этилади.

Технологияни амалга ошириш тартиби:

– қатнашчиларга мавзуга оид бўлган якуний хулоса ёки ғоя таклиф этилади;

– ҳар бир иштирокчига ФСМУ технологиясининг босқичлари ёзилган қоғозларни тарқатилади:



– иштирокчиларнинг муносабатлари индивидуал ёки гуруҳий тартибда тақдимот қилинади.

ФСМУ таҳлили қатнашчиларда касбий-назарий билимларни амалий машқлар ва мавжуд тажрибалар асосида тезроқ ва муваффақиятли ўзлаштирилишига асос бўлади.

### **Намуна 1.**

**Фикр:** “Полимер матрицали композитлар энг юқори физик-механик ва кимёвий хоссаларга эгадир”.

**Топшириқ:** Мазкур фикрга нисбатан муносабатингизни ФСМУ орқали таҳлил қилинг.

**Намуна 2:** Қуйидаги фикрни ФСМУ орқали таҳлил қилинг.

**Фикр:** “Елимланган материалда елим ва ёғочнинг бир-бирига мослашувчанлиги катта аҳамиятга эга”.

**Сабаб:** “Елим ва ёғоч бир бирига адгезияси юқори бўлса, елим ёғочга мос бўлади”.

**Мисол:** “Карбамид-формальдегид елимларининг ёғочга адгезияси юқори бўлади, чунки уларда метилол гуруҳлари ва ёғочдаги гидроксил гуруҳлари билан кучли боғлар ҳосил бўлади”.

**Умумлаштириш:** “Карбамид-формальдегид елимлари асосидаги елимланган ёғоч материалларида метилол гуруҳлари ва ёғочдаги гидроксил гуруҳлари билан кучли боғлар ҳосил қилиши сабабли адгезия юқори бўлади”.

### **Синквейн методи**

“Синквейн” – тингловчини ижодий фаоллаштиришга, фаолиятни баҳолашига йўналтирилган таълим машқи ҳисобланади. Синквейн-французча сўздан олинган бўлиб, бешлик деган маънони билдиради. “Синквейн” методини амалга ошириш босқичлари:

1. Ўқитувчи талабаларга мавзуга оид тушунча, жараён ёки ҳодиса номини беради.

2. Талабалардан улар ҳақидаги фикрларини қисқа кўринишда ифодалашлари сўралади. Яъни, шеърга ўхшатиб 5 қатор маълумотлар ёзишлари керак бўлади.

У қуйидаги қоидага асосан тузилиши керак:

1-қаторда мавзу бир сўз билан (одатда от билан) ифодаланади.

2-қаторда мавзуга жуда мос келадиган иккита сифат берилади.

3-қаторда мавзу 3та ҳаракатни билдирувчи феъл билан фойдаланилади.

4-қаторда темага доир муҳокама этувчиларнинг ҳиссиётини ифодаловчи жумла тузилади. У тўрт сўздан иборат бўлади.

5-қаторда мавзунинг синоними битта сўз берилади. У мавзунинг синоними бўлади.

**Намуна:** “Матрица” сўзига синквейн тузинг.

1. Матрица.
2. Боғловчилик хусусияти.
3. Хажм бўйича тенг тақсимланган.
4. Композитнинг бир жинслилигини таъминлайдиган керамик ёки металл материал.
5. Компонент.

### **“Кластер” методи**

Фикрларнинг тармоқланиши “Кластер” - бу педагогик стратегия бўлиб, у тингловчиларни бирон бир мавзуни чуқур ўрганишларига ёрдам бериб, тингловчиларни мавзуга тааллуқли тушунча ёки аниқ фикрни эркин ва очик равишда кетма-кетлик билан узвий боғлаган ҳолда тармоқлашларига ўргатади.

Фикрларни тармоқлаш қуйидагича ташкил этилади:

1. Хаёлга келган ҳар қандай фикр бир сўз билан ифода этиб кетма-кет ёзилади.
2. Фикрлар тугамагунча ёзишда давом этавериш керак.
3. Иложи борича фикрларнинг кетма-кетлиги ва ўзаро боғлиқлигини кўпайтириш.

**Намуна:** “Композицион материаллар” мавзусига “Кластер” график органайзерини тузинг.

### **“Ассесмент” методи**

**Методнинг мақсади:** мазкур метод таълим олувчиларнинг билим даражасини баҳолаш, назорат қилиш, ўзлаштириш кўрсаткичи ва амалий кўникмаларини текширишга йўналтирилган. Мазкур техника орқали таълим олувчиларнинг билиш фаолияти турли йўналишлар (тест, амалий кўникмалар, муаммоли вазиятлар машқи, қиёсий таҳлил, симптомларни аниқлаш) бўйича ташҳис қилинади ва баҳоланади.

#### **Методни амалга ошириш тартиби:**

“Ассесмент” лардан маъруза машғулотларида талабаларнинг ёки қатнашчиларнинг мавжуд билим даражасини ўрганишда, янги маълумотларни баён қилишда, семинар, амалий машғулотларда эса мавзу ёки маълумотларни ўзлаштириш даражасини баҳолаш, шунингдек, ўз-ўзини баҳолаш мақсадида индивидуал шаклда фойдаланиш тавсия этилади. Шунингдек, ўқитувчининг ижодий ёндашуви ҳамда ўқув мақсадларидан келиб чиқиб, ассесментга қўшимча топшириқларни киритиш мумкин.

**Намуна 1.** Ҳар бир катакдаги тўғри жавоб 0,5 балл (тест, қиёсий таҳлил, тушунча таҳлили учун) ёки 1 (амалий кўникма, кейс учун) баллгача баҳоланиши мумкин.



### Тест

**Икки ўлчамли тўлдирувчилар** а) Майда заррачали қўшимчалар  
б) Ленталар, матолар, матлар, тўрсимон элементлар  
в) Бир ўлчамли қўшимчалар  
г) Майда заррачали кум, металллар, фосфатлар



### Қиёсий таҳлил

Дисперс мустаҳкамлаштирилган ва толали мустаҳкамлаштирилоган композитларни таққосланг.



### 2. Тушунча таҳлили

Никель ва алюминий асосида тайёрланган композитлар -



### Амалий кўникма

Дисперс фаза кўрсаткичларини келтиринг ва уларнинг аниқлаш усулларини ифодалаб беринг.

**Намуна 2:** Ҳар бир катакдаги тўғри жавоб 0,5 балл (тест, қиёсий таҳлил, тушунча таҳлили учун) ёки 1 (амалий кўникма, кейс учун) баллгача баҳоланади.



### Тест

1. Карбамид-формальдегид елимларининг ёғочга адгезияси юқорими?

- А. ҳа
- В. йўқ



### Қиёсий таҳлил

Қутбли ва ион боғланишларни ўзаро таққосланг.



### 2. Тушунча таҳлили

Ион боғланиш бу – ...



### Амалий кўникма

Ван-Дер-Вальс кучларини ёғоч-елим композициясида қандай ҳолатларда ҳосил бўлишини асослаб беринг.

### Намуна 3.



#### Тест

##### Матрица, интерфейс

Нол-ўлчамли ва бир-ўлчамли  
қўшимчалар

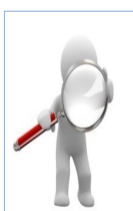
Композицион материалда  
мустваккамлаштириш вазифасини  
базаради

Табиий материаллар: суяк, дарахт  
барги



#### Қиёсий таҳлил

Қутбли ва ион  
боғланишларни ўзаро  
таққосланг.



#### 2. Тушунча таҳлили

Композицион материал бу -  
...



#### Амалий кўникма

Толали мустваккамлаштирувчи  
компонент кўрсаткичларини  
келтиринг ва уларнинг  
аниқлаш усулларини  
ифодалаб беринг.

### III. НАЗАРИЙ МАТЕРИАЛЛАР

#### 1-мавзу: Кириш. Нанотехнологиянинг асосий тушунчалари

##### Режа:

- 1.1. Нанотехнологияларнинг ривожланиш тенденцияси.
- 1.2. Нанотехнологиялар тўғрисида умумий маълумот.
- 1.3. Нанообъект, наноматериал, нанотехнология тушунчаси.

**Таянч иборалар:** нанотехнология жараёнлари, наноматериаллар, углерод нанотрубкалари.

##### Кириш. Фаннинг предмет ва вазифалари.

Ушбу фан математик ва табиий-илмий ҳамда умумқасбий фанларга таянган холда наноматериалларнинг физик-кимёвий муаммоларини ҳал қилиш ва фан сифатида шаклланишини мустахкамлаш мақсадида: нанотехнологиянинг асосий тушунчалари, нанотехнологиянинг тадқиқот объектлари ва уларнинг синфланиши, нанотехнологиянинг ривожланиш босқичлари, нанообъектларнинг асосий турлари ва улар асосидаги нанотизимлар, углеродли нанотрубкалар, фуллеренлар, супрамолекуляр кимё, ноорганик наноматериаллар; наноструктураланган материалларнинг синтез усуллари, фундаментал асослари тўғрисидаги маълумотларни қамраб олади ва бу билимларни талабаларга етказиш фаннинг асосий мақсад ва вазифалари ҳисобланади.

“Наноматериаллар” фанини ўзлаштириш жараёнида:

- анизотизимнинг кристаллофизикаси, наноструктуралар ва уларнинг симметрик ифодаси;
- электронларнинг энергетик спектри квант ушлов структураларида квант нуқталар, толалар, юқори даражали панжаранинг аҳамияти;
- холлнинг квант эффекти ва квант ўлчов структуралари оптик хусусиятларининг моҳияти;
- наноқатламли композицияларни магнит хоссалари, конденсацияланган муҳитларда энергия ва зарядлар ўтқизиш жараёнлари;
- наноструктуралашган материалларни физик кимеси, кичик ансамблли молекулалар, молекуларо ўзаро таъсири ҳақида тасаввурга эга бўлиши;
- нанозаррачаларни ўлчов ва функционал хоссалари;
- молекуляр динамика, конформация ва нанотизм симметрик тасвири;
- фазаларо чегараларни термодинамикаси ва кинетикаси, Кластер;
- мицеллалар ҳосил бўлиши, полимеризациялаш, матрица синтези, ўзарошаклланиш;



- наноматериаллар: золлар, геллар, суспензиялар, коллоид эритмалар, матрица-ажратилган кластерли юқори даражадаги структуралар, фуллеренлар, углеродли нанотрубкалар, полимерлар, юқори даражали панжаралар, биомембраналар;
- нанотизимларни электр ўтказувчи, иссиқлик ўтказувчи ва механик хоссалари.
- наноматериалларни махсус хоссалари, уларни физик-кимевий табиатлари боғлиқликлари, танловчанлиги, энергия хажмлиги ва электрон хотирасининг моҳиятини билиши ва улардан фойдалана олиши;
- нанокимевий компоненталар: катализаторлар, сорбентлар, реакторлар;
- наноқатламлар синтези услублари: атом-молекуляр эпитаксия, молекуляр ва кимёвий конструкторлаш;
- Ленгмюр-Блоджетт молекуляр қатламлаш услуби, полианион молекуляр конструкторлаш;
- юқори даражада локалланган қопланиш, ажратиш ва моддаларни модификациялаш услублари;
- корпускуло-фотонли ва электрокимёвий нанотехнологиялар, нанозондли локал синтез ва моддани ажратиш, материал юзасини модификациялаш кўникмаларига эга бўлиши керак.

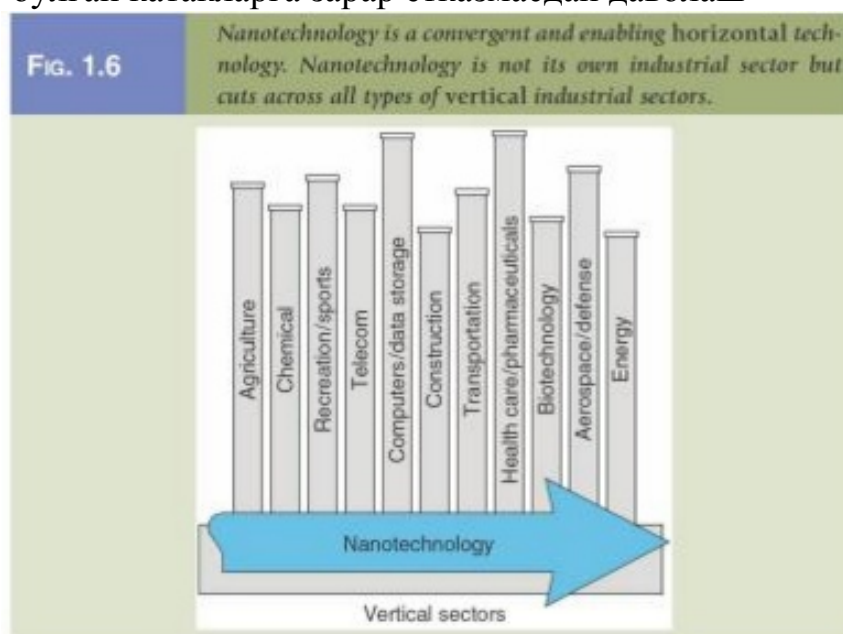
## 1.1. Нанотехнологияларнинг ривожланиш тенденцияси

Нанотехнологияни ривожланиши қуйидагиларга боғлиқ <sup>1</sup>:

- Физика
- Кимё
- Биология
- АКТ
- Электротехника
- Машинасозлик

Нанотехнология генетика фанини ривожланишига катта тасир кўрсатди:

- нанотиббиёт
- нано капсула
- нано гель
- саратон касаллигини даволаш
- соғ бўлган катакларга зарар етказмасдан даволаш



Расм 1. Нанотехнологияларнинг ривожланиш тенденцияси <sup>2</sup>.

Нано роботлар.

- Микроскопик масштабдаги машина ва роботларни яратиш ва улардан унумли фойдаланиш.

Нанотехнология ва коинот:

- коинот аппаратларни яхшилаш
- астронавтларга муҳитни такомиллаштириш
- коинот саёхатларни арзонлаштириш
- нано ер йўлдошларини яратиш.

<sup>1</sup> Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011. 35.

<sup>2</sup>G.L.Horniyak, J.J. Moore, H.F.Tibbals, J. Dutta. Fundamentals of Nanotechnology.-CRC Press, Taylor and Francis, 2009, 24

Нано озикланиш:

- озикаларни музсиз сақлаш
- озик- овқатларни бактерия ва паразитлардан химоя қилиш
- енгил хазм бўладиган моддаларни яратиш

Нано ва мудофаа:

- кичик ўлчамли ва тезюарар электрон қурилмалар
- енгил, қувватли ускуналар
- сенсорларнинг янги авлодларини яратиш
- такомиллаштирилган қуроллар

Нано ва электроника (Расм 1-2):

- электрон қурилмалар экранларини замонавийлаштириш
- хотира микросхемаларини бир квадрат дюймдаги хажминги терабайтларга етказиш
- интеграл схемаларда ишлатиладиган ярим ўтказгичли асбобларнинг хажмини камайтириш

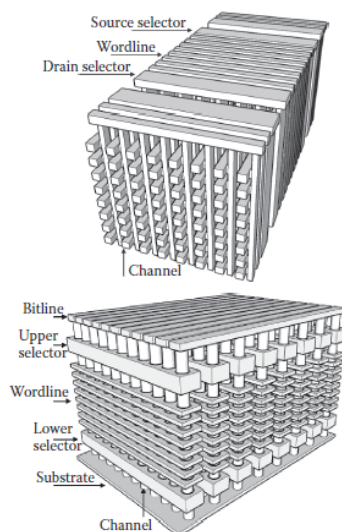


FIGURE 2.3 Proposed structures for three-dimensional NAND Flash Memory. (Data from International Technology Roadmap for Semiconductor [ITRS] <http://www.itrs.net>)

Расм 2. Учўлчамли NAND Flash хотираси учун тахминий тузилиши<sup>1</sup>.

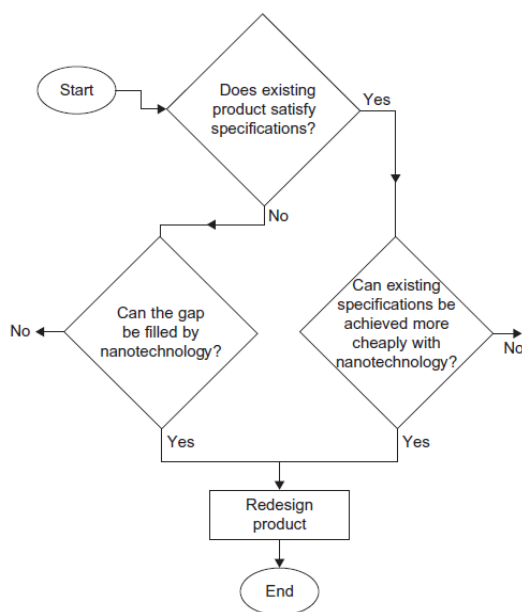
Нано ва АКТ:

- катодли нур трубкасини углерод нанотрубкаларига алмаштириш
- нанотехнологиялардан таъминотда унумли фойдаланиш

Нано ва энергетика:

- қуёш ва иссиқлик батареяларидан фойдаланиш;
- юқори ҳароратли ўтказгичларни ишлатиш
- гальваник элементлар ва аккумуляторларни, янги наноавлодини яратиш

<sup>1</sup> David Rickerby Nanotechnology for Sustainable Manufacturing, Taylor and Fransis, 2014, 21.



**FIGURE 1.3**  
Flow chart to determine whether nanotechnology should be introduced into a product.

Расм 3. Нанотехнология махсулотга қўлланилиши мумкинлигини аниқлаш диаграммаси<sup>1</sup>.

1) Р.Фейнман Нобель мукофоти лауреати. “Менинг фикримча, физика принциплари алоҳида атомлардан ўзининг шахсий манфаатлари йўлида фойдаланишни ман қилмайди”.1995 й.



Richard Phillips Feynman

2) 1996 й. Р.Янг пьезодвигателлар ғоясини таклиф қилди, ҳозирги кунда улар нанотехнология асбобларининг прецизион харакатланишини  $0.01 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$  аниқлик билан таъминлайди.

3) Норио Томигути биринчи марта “нанотехнология” атамасини 1974 йилда қўллади.

4) 1982-1985-йилларда немис профессори Г.Гляйтер қаттиқ жисмлар нанотузилмаси концепциясини таклиф этди.

5) 1985 йилда Роберт Керл, Харелд Крето, Ричард Смоллилардан иборат олимлар жамоаси фуллеренларни кашф қилди ва CNT (carbon nanotubes) назариясини яратди, улар 1991 йилда тажриба йўли билан олинди.

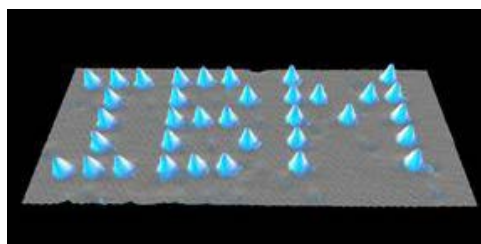
6) 1982-йилда Г.Бининг ва Т Рорер биринчи сканер қилувчи тунелли микроскоп (СТМ) яратдилар.

<sup>1</sup> Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 12

- 7) 1986-йилда сканер қилувчи атом –кучли микроскоп пайдо бўлди.
- 8) 1987-1988-йилларда алоҳида атомлардан ўзининг шахсий манфаатлари йўлида фойдаланиш имконини берувчи биринчи нанотехнология қурилмаларининг ишлаш принциплари намойиш қилинди.

Э.Дрекслер-нанотехнологиялар ҳақидаги барча билимларни умумлаштирди, ўз-ўзини намоён қилувчи молекуляр роботлар концепциясини аниқлади, улар йиғиш ва ёйиш (декомпозиция)нинг амалга ошириши, маълумотни атомар даражада хотирага ёзиш ўз-ўзини намоён қилиш ва улардан фойдаланиш дастурларини сақлаши керак эди.

- 9) 1990-йилда СТМ ёрдамида IBM фирмаси билан биргаликда 3та харф чизилди. Улар Хе(35 атом) билан никел кристаллининг ясси грамида чизилди. (Расм 4)



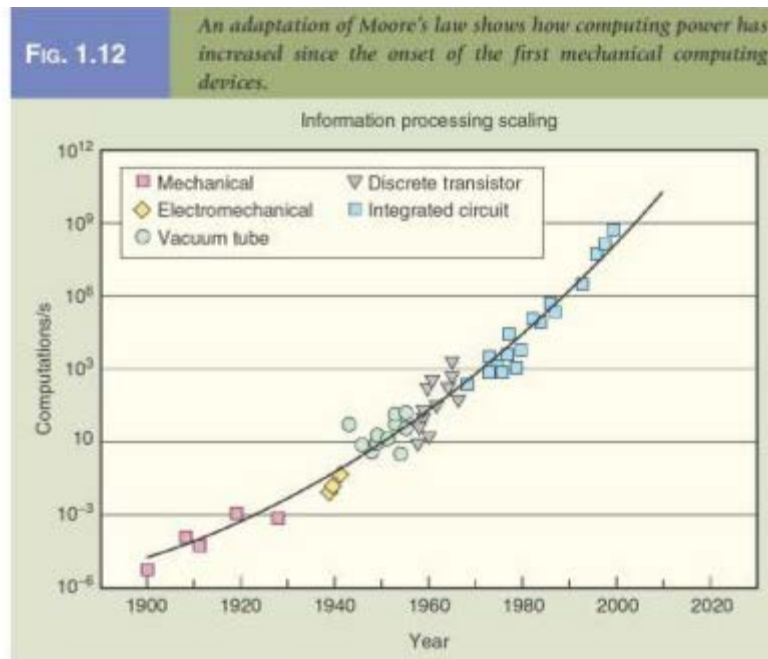
Расм 4. IBM фирмасининг литографияси <sup>1</sup>

**Мур қонуни:** қурилманинг юза бирлигига ўрнаштирилган транзисторларнинг сони тахминан хар 18 ойда икки баробар кўпайишини назарда тутувчи ҳисоблаш қурилмаларидаги ўзоқмуддатли тренд.

**Кридер қонуни:** қаттиқ дисklarнинг хотира ҳажми деярли хар йили икки баробар кўпаяди.



<sup>1</sup> Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 302



Source: Image courtesy of the IBM Corporation. With permission.

## Расм 5. Мур ва Кридер қонуни <sup>1</sup> 23

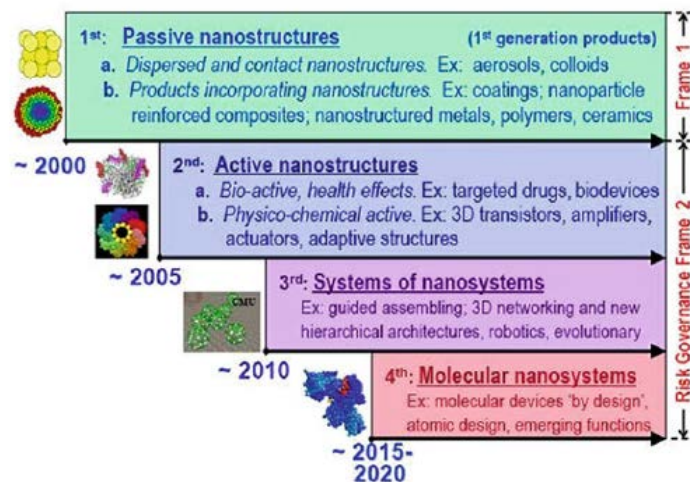


Fig. 2.1 Generations of nanotechnology development (Roco 2011)

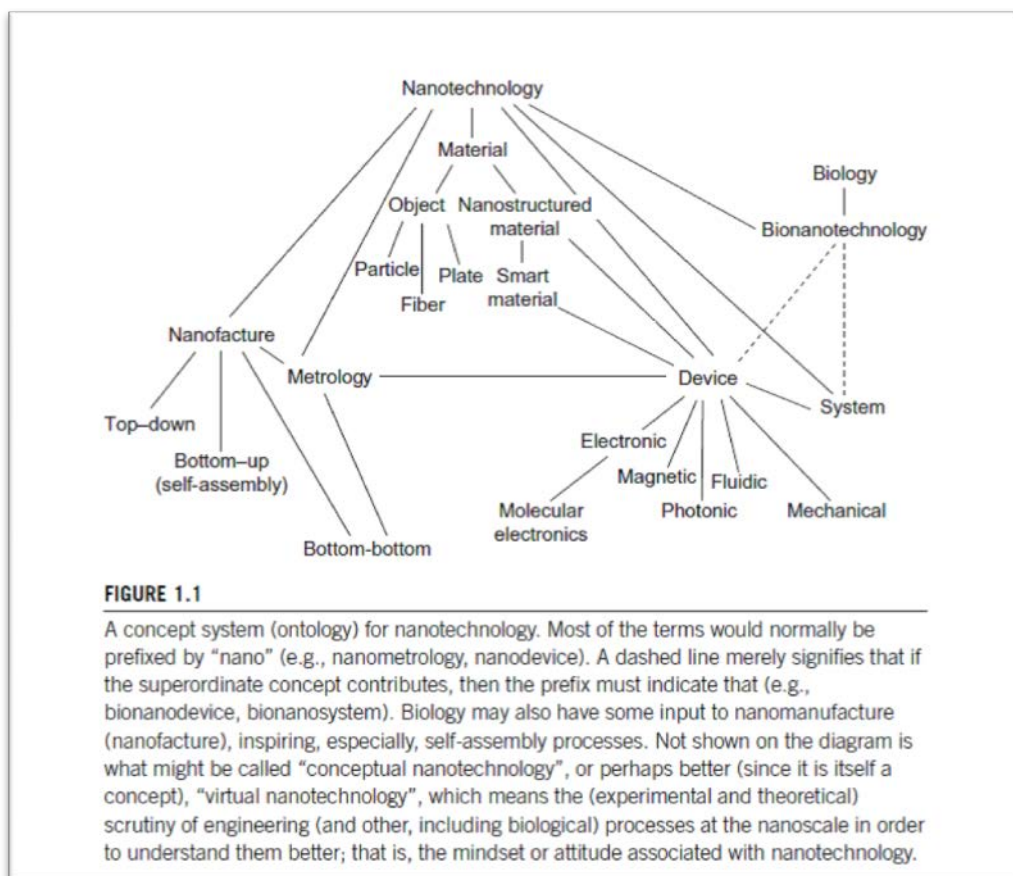
## Расм 6. Нанотехнологиянинг ривожланиш тенденцияси <sup>2</sup>

### 1.2. Нанотехнологиялар тўғрисида умумий маълумот

Белгиланган хоссали наноматериаллар олишда илм-фан ва техника ютуқларини тадбиқ қилиш. Бир қатор нанообъектлар маълум ва улар анчадан бери қўлланади. Коллоидлар, майда дисперс кукунлар ингичка плёнкалар шулар жумласидан (Расм 7).

<sup>1</sup> G.L.Hornyak, J.J. Moore, H.F.Tibbals, J. Dutta. Fundamentals of Nanotechnology.-CRC Press, Taylor and Fransis, 2009, 12

<sup>2</sup> Said Salaheldeen Elnashaie, Firoozeh Danafar, Hassan Hashemipour Rafsanjani Nanotechnology for Chemical Engineers, Springer, 2015, 95.



Расм 7. Нанотехнологияларда онтология. Нано префикси (нанометрология, наноасбоб)<sup>1</sup>

Ҳозирги кунга келиб хона ҳарорати шароитида юзада атомларнинг бирикиши ва ҳажмда атомларнинг турли комбинациялари ҳосил бўлишининг технологик усуллари ишлаб чиқилмоқда.

Углерод “nanotube”лар (наноайча, нанотрубкалари) CNT (carbon nanotubes):

- бу трубкалар молекуляр масштабдаги материалларга киради;
- таркибида графит углероди бўлиб ажойиб хоссаларга эга.

Нанотехнологияларининг энг реал чиқиши атомар тузилмаларининг ўз-ўзини йиғиши дейилади. Замонавий нанотехнологиянинг вазифаси, атомар тузилмаларини йиғишни таъминловчи табиий қонуниятларини топиш.

### 1.3. Нанообъект, наноматериал, нанотехнология тушунчаси

Нано - “10<sup>-9</sup>”. Шундай қилиб нанотехнологияларнинг фаолият соҳасига, ҳоҳ битта ўлчамда бўлсин *нм* билан ўлчанадиган объектлар киради. Кўриб чиқилаётган объектлар кўлами алоҳида атом ўлчамидан анча кенг, конгломератларгача (таркибида 1,2 ёки 3 ўлчамда 1 мкм ўлчамга эга 10<sup>9</sup>дан ортиқ атом органик молекулалар). Ушбу объектлар б.б сон атомлардан иборат эмаслиги жуда муҳим, бу эса модданинг дискрет атом-молекуляр тузилмасининг пайдо бўлиши ёки унинг квант қонуниятларини белгилаб

<sup>1</sup> Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 4

беради (расм 8).

<b>Intension</b>	<b>Concept</b>	<b>Extension</b>
One or more external dimensions in the nanoscale	Nano-object	Graphene, fullerene
One or more geometrical features in the nanoscale	Nanomaterial	A nanocomposite
Automaton with information storage and/or processing embodiments in the nanoscale	Nanodevice	Single electron transistor

Жадвал 1. Наноконцепция ва уларнинг таркибий қисми ва қўлланилиши <sup>1</sup>

**1)** Нанообъектни аниқлаш. Нанометр ўлчамли ҳар қандай физикавий объект 1x2x3x координатали майдонда (тез кунда вақт ўлчамида бўлиши мумкин).

**2)** Ҳар қандай амтериал объект нанообъект дейилади, уларда юза атомларнинг сони ҳажмдаги атомларнинг сони билан солиштирма ёки юқори.

**3)** Нанообъектни аниқлаш. Нанообъект - 1 ёки кўпроқ координата ўлчамли, де Бройлнинг электрон учун тўлқини узунлиги билан таққосланадиган объект. (1924 йилда физик олим де Бройль “Фотонлар учун корпускуляр тўлқинли дуализм табиатнинг исталган зарраси учун мос” деган.

$$\lambda_{\phi} = \frac{h}{p},$$

бу ерда:  $h$  – Планк доимиси;  $p$  – электрон импульси;  $\lambda_{\phi}$  – де Бройлнинг тўлқини.

**4)** Нанообъектни аниқлаш. Ўзининг ўлчовларида ҳодисанинг энг сўнгги ўлчовидан ҳам кичик объектларни айтишади (у ёки бу ҳодисанинг поляризацион радиуси билан бир хил ўлчам, электронларнинг эркин ҳаракатланиш узунлиги, магнит домен ўлчами, қаттиқ жисмнинг пайдо бўлиш ўлчами).

**5)** Нанообъектни аниқлаш. Нанообъект – бу уч майдон ўлчамининг ҳеч бўлмаса биттасида 100 нм дан кам бўлмаган ўлчамли объект. 100 нм – де Бройлнинг электрони учун тўлқин узунлиги.

<sup>1</sup> Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 5



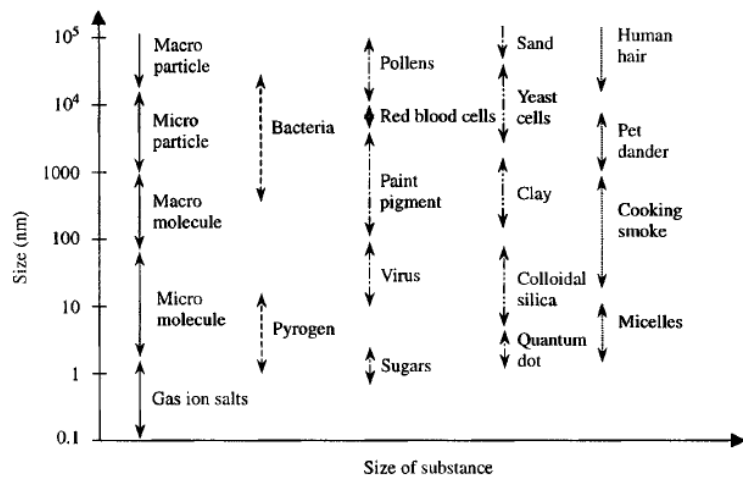


Fig. 1.1. Examples of zero-dimensional nanostructures or nanomaterials with their typical ranges of dimension.

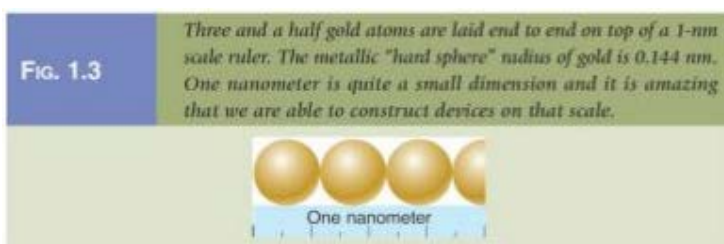
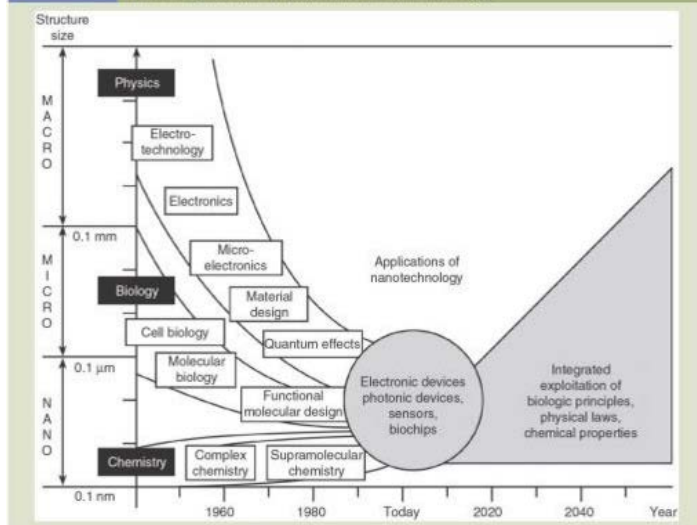


Fig. 1.5: Size scale of nanoscience divisions of physics, chemistry, and biology are expanded to include associated technologies. The graph clearly places the juxtaposition in today's time. From now on, manufacture of very small to very large integrated devices will be made possible by advances in nanoscience and nanotechnology.



Source: Graph redrawn with permission from VDI-Technology Center, Future Technologies Division—APEC Center for Technology Foresight, Thailand.

## Расм. 8. Типик ўлчамли 0-ўлчамли нанотизимлар ва наноматериалларнинг намуналари<sup>1-2</sup>

Наноматериаллар бу нанообъектларнинг ўзи (агар улар турли техникавий мослама ва ускуналар тайёрлашга хизмат қилса, худди нанообъектлар ушбу материалларда маълум бир хусусият шакллантириши учун фойдаланилади ёки наноконструкторланган материаллар каби).

<sup>1</sup> G.L.Hornyak, J.J. Moore, H.F.Tibbals, J. Dutta. Fundamentals of Nanotechnology.-CRC Press, Taylor and Fransis, 2009, 8-11.

<sup>2</sup> Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 2.

“Нанотехнология” тушунчаси “наноматериал” тушунчаси билан чамбарчас боғлиқ.

**“Технология” атамаси уч тушунчани англатади:**

- 1) технологик жараён;
- 2) технологик ҳужжатлар тўплами;
- 3) қайта ишлаш жараёнларининг қонуниятлари ва маҳсулотни ўрганувчи илмий фан.

**Нанотехнология** – наноматериалларни олиш, қайта ишлаш ва қўллаш қонуниятларини ўрганувчи фан.

### **Назорат саволлари**

1. “Наноматериаллар” тушунчасига таъриф беринг.
2. Наноматериалларнинг кандай турларини биласиз?
3. Нанометрология ва наноасбоб деб нимага айтилади?
4. Наноматериалларнинг алоҳида хусусиятларнинг сабаби нимада?
5. Мур қонуни нима?
6. Кридер қонуни тушунтиринг?

### **Фойдаланилган адабиётлар**

1. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011. 35.
2. G.L.Hornyak, J.J. Moore, H.F.Tibbals, J. Dutta. Fundamentals of Nanotechnology.-CRC Press, Taylor and Fransis, 2009, 24.
3. David Rickerby Nanotechnology for Sustainable Manufacturing, Taylor and Fransis, 2014, 21.
4. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 12.
5. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 302.
6. G.L.Hornyak, J.J. Moore, H.F.Tibbals, J. Dutta. Fundamentals of Nanotechnology.-CRC Press, Taylor and Fransis, 2009, 12.
7. Said Salaheldeen Elnashaie, Firoozeh Danafar, Hassan Hashemipour Rafsanjani Nanotechnology for Chemical Engineers, Springer, 2015, 95.
8. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 4.
9. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 5.
10. G.L.Hornyak, J.J. Moore, H.F.Tibbals, J. Dutta. Fundamentals of Nanotechnology.-CRC Press, Taylor and Fransis, 2009, 8-11.
11. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 2.

## 2-мавзу: Нанообъектларнинг асосий турлари ва улар асосидаги наносистемалар.

### Режа:

2.1. Нанозаррачалар ва наноматериаллар хусусиятларининг физикавий сабаблари.

2.2. Нанообъектлар таснифи.

**Таянч иборалар:** фуллеренлар, углеродли трубкалар, супрамолекуляр моддалар, вискерлар, манганитлар, фотон кристаллари, биокерамика, наноолмослар, газли гидратлар ва кластерлар.

### 2.1. Нанозаррачалар ва наноматериаллар хусусиятларининг физикавий сабаблари

1) Нанообъектларда юза ёки дон чегара атомларининг сони ҳажмдаги атомлар сони билан таққосланади [1] (расм 1-2).

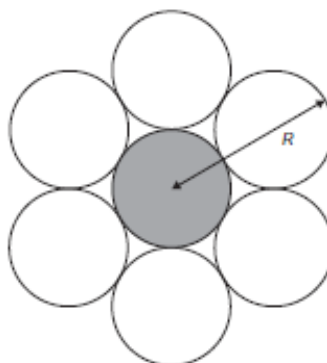


FIGURE 2.1

Cross-section of a spherical nanoparticle consisting of 19 atoms.

Расм 1. Кесимдаги 19 атомдан ташкил топган нанозаррача<sup>1</sup>.

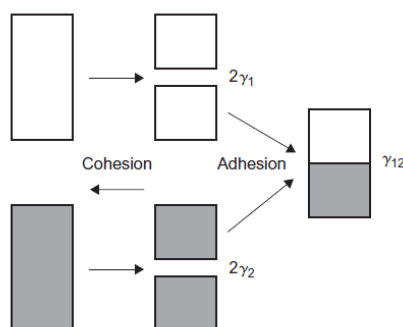


FIGURE 3.2

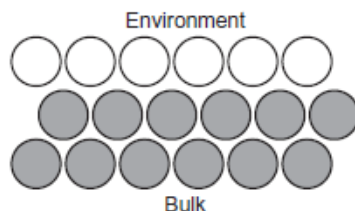
Cohesion and adhesion of substances 1 (white) and 2 (gray) (see text).

Расм 2. Когезия ва адгезия<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 19

<sup>2</sup> Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 38

2) Юзада жойлашган атомлар ҳам қаттиқ жисм ҳажмидаги атомлардан фарқли ўлароқ, ўйиқ жойлар ва босқичларнинг узелларида камсонли тугалланган алоқаларга эга бўлади. Бу ҳол нанообъектлар ва монотаркибланишган материалларнинг кимёвий, каталитик фаолияти турлича ортишига олиб келади. Бундан ташқари углерод атомлардан миграция, яъни диффузион миграция, рекристаллизация, шунингдек сорбцион ҳажм ва бошқалар тезлигининг ортиши юзалик бўйлаб анча тез юз беради (расм 3).

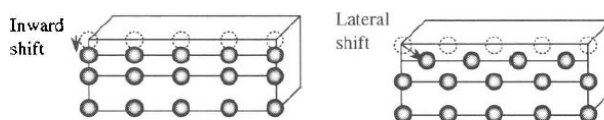


**FIGURE 2.3**

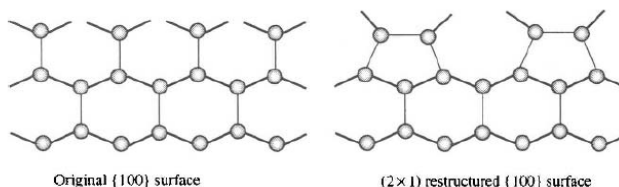
The boundary of an object shown as a cross-section in two dimensions. The surface atoms (white) are qualitatively different from the bulk atoms (gray), since the latter have six nearest neighbors (in two-dimensional cross-section) of their own kind, whereas the former only have four.

Расм 3. Иккита ўлчамда объектни боғланиши. Юза атомлари (оқ) ички атомларидан сифат жиҳатдан фарқ қилади (кулранг)<sup>1</sup>.

3) Нанообъектлар учун чизиқли ва юзаки таранглашувнинг тасвирлаш кучи нанообъектлар учун бўлганига қараганда анча кучли намоён бўлади, чунки қаттиқ жисм ҳажмида юзадан узоклашганда бу кучлар анча заифлашади. Бу кучларнинг катталиги нанообъект ҳажмининг кристаллик таркиби камчиликларининг кучларидан тозаланишига олиб келади. Нанообъект нанообъектга қараганда анча мукамал кристаллик таркибига эга. Тасвир кучлари ўз номини электр майдонларни ҳисоблаш усули бўйича олган (расм 4-6).



**Fig. 2.4.** Schematic showing surface atoms shifting either inwardly or laterally so as to reduce the surface energy.

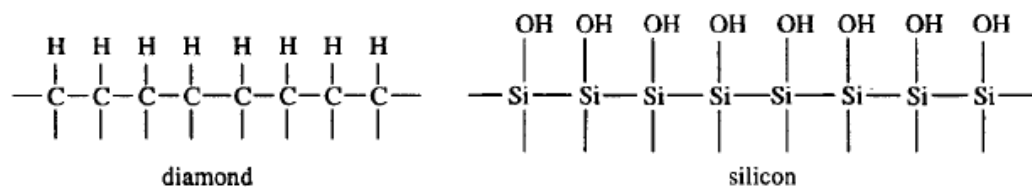


**Fig. 2.5.** Schematic illustrating the  $(2 \times 1)$  restructure of silicon  $\{100\}$  surface.

Расм 4. Юза атомлари силжиши схемаси ва юза энергиясининг камайиши. Кремний юзасининг реструктуризацияси<sup>2</sup>.

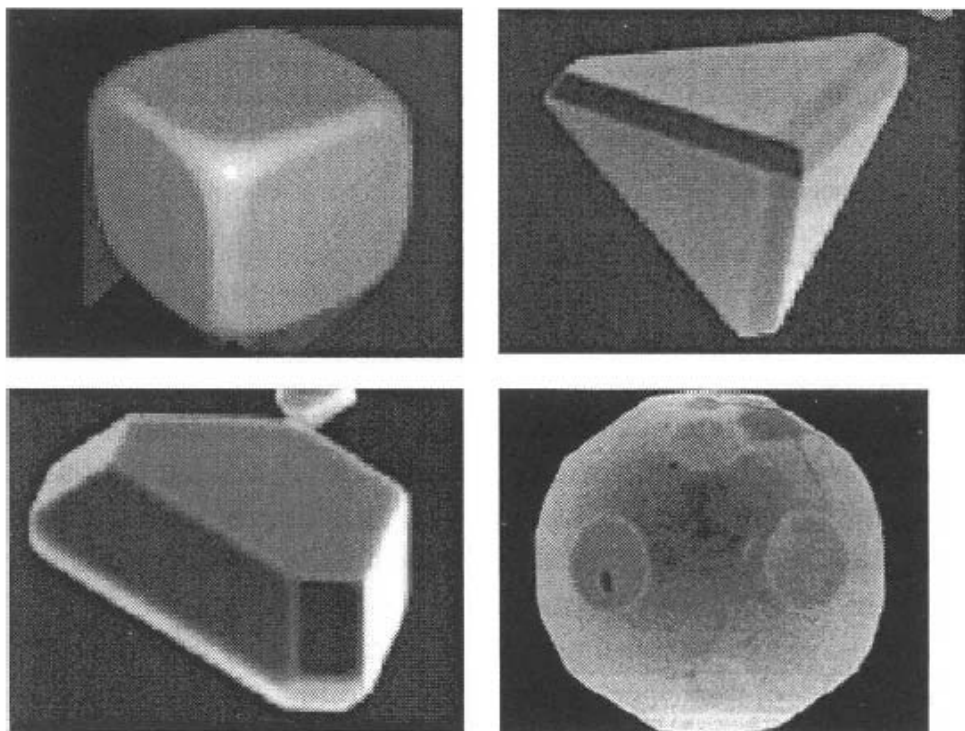
<sup>1</sup> Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 22

<sup>2</sup> Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 20



**Fig. 2.6.** Schematic showing the surface of diamond is covered with hydrogen and that of silicon is covered with hydroxyl groups through chemisorption before restructuring.

Расм 5. Хемосорбция натижасида юзаларида водород ва гидроксид группали олмос ва кремнийнинг юзаси<sup>1</sup>



**Fig. 2.7.** Examples of single crystals with thermodynamic equilibrium shape. (Top-left) Sodium chloride, (top-right) silver, (bottom-left) silver, and (bottom-right) gold. Gold particles are formed at 1000°C and some facets have gone through roughening transition.

Расм 6. Монкрсталларнинг намуналари – натрий хлориди, кумуш, олтин (харорат 1000°C)<sup>2</sup>.

4) Нанообъектларда тарқалиш, рекомбинация ҳамда объектларнинг чегараларида акс этиш билан боғлиқ бўлган катталик эффектлари катта аҳамиятга эга бўлади (гап микрозаррачаларнинг ҳаракати устида бормокда).

Ҳар қандай кўчириш ҳодисасида (эл. токи, иссиқликни ўтказувчанлик, пластик, деформация ва ҳоказолар) воситаларга қандайдир эркин югуришнинг самарали узунлигига нисбат бериш мумкин, бунда объектнинг

<sup>1</sup> Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 20

<sup>2</sup> Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 22

катталиги воситанинг эркин югуриш узунлиги, воситаларнинг тарқалиш ва ҳалок бўлиши жараёни объектнинг геометриясига унчалик боғлиқ бўлмайди. Агарда объект катталигини воситанинг эркин югуриш узунлиги билан таққослаш мумкин бўлса, у ҳолда бу жараёнлар анча интенсив кечади ва улар намунанинг геометриясига кучли даражада боғлиқ бўлади (расм 7).

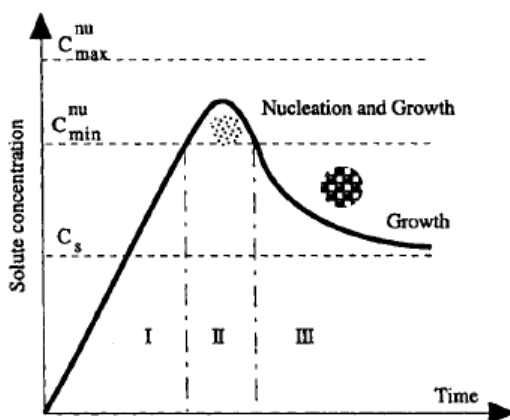


Fig. 3.4. Schematic illustrating the processes of nucleation and subsequent growth. [M. Haruta and B. Delmon, *J. Chim. Phys.* **83**, 859 (1986).]

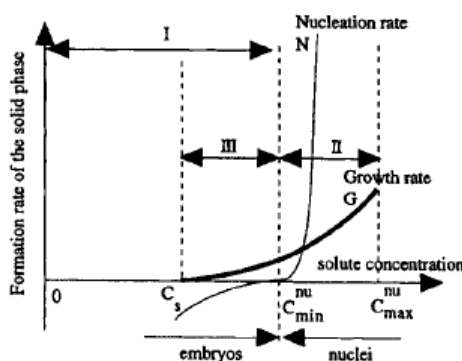


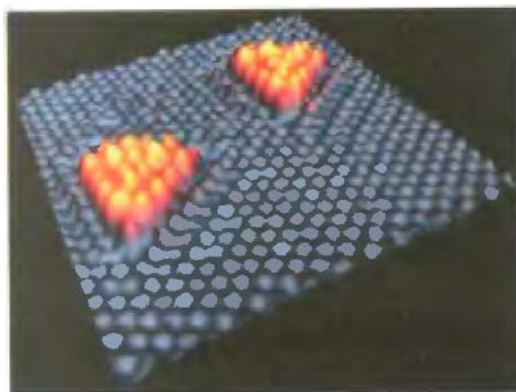
Fig. 3.5. Schematic showing, from a slightly different point of view, the relations between the nucleation and growth rates and the concentration of growth species. [M. Haruta and B. Delmon, *J. Chim. Phys.* **83**, 859 (1986).]

Расм 7. Нуклеация ва ўсиш жараёнлари схемалари<sup>1</sup>.

5) Нанозарраларнинг катталиги янги фаза, домен, дислокацион ҳалқа ва шу кабилар муртагининг катталиги билан тенг ёки ундан кичик бўлади. Бу нанообъектлар ва наноматериалларнинг магнит хоссалари (Fe нанозарра магнит хоссасига эга эмас), диэлектрик хоссалари, пишиқ-пухталиқ хоссалари макрообъектларникига нисбатан тубдан камайишига олиб келади.

6) Модданинг камсонли атомлари учун юзани реконструкция қилиш, ўзини ўзи ташкил этиш ва ўзини ўзи йиғиш хосдир, яъни атом кластерга бирлашганида геометрик тузилмаларнинг ҳосил бўлиши юз беради, улардан кейинчалик техник вазифаларни ҳал қилиш учун фойдаланиш мумкин (расм 8).

<sup>1</sup> Guozhong Cao, Ying Wang *Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications* 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 57



Расм 8. Атомлар ўртасидаги ўзаро таъсир кучи.

7) Нанообъектларда турли элементар зарралар (электронлар) ҳаракатининг квант қонуниятлари намоён бўлади. Квант механикаси нуқтаи назаридан олганда, электронни тегишли тўлқин функцияларини вужудга келтирадиган тўлқин деб тасаввур қилиш мумкин. Бу тўлқиннинг қаттиқ жисмдаги тарқалиши квант чегараловчи билан боғлиқ бўлган (тўлқин интерференцияси, потенциал тўсиқлар орқали туннёрланиш мумкинлиги) ҳодисалар билан назорат қилинади. Металл материаллар учун элементар заррарчаларнинг тўлқинли табиати томонидан қўйиладиган чекловлар ҳозирча долзарб эмас, чунки, улар учун (электронлар учун) де Бройл тўлқини  $\lambda_e < 1$  нм, сони бир неча атомли микдорларни ташкил этади. П/п да эса электроннинг самарали массаси ва унинг ҳаракат тезлиги шундайки, де Бройл тўлқинининг узунлиги электрони учун 10 нмдан 100 нмгачани ташкил этиши мумкин. Шу билан бирга, шаклланаётган а п/п тузилмаларининг катталиги ушбу ўлчамлар билан баравардир. Замонавий микропроцессорлар (флэш хотира) контактлар ўртасидаги масофа 0.03 мкмдан 30 мкмгача.

8) Нанообъектнинг ўлчами кичрайиб борган сари электронлар энергетик спектрининг дискретизациялашув даражаси ортиб боради. Квант нуқта учун (айнан бир неча атомдан иборат бўлган объект учун) электронлар амалда айрим атом билан бир хил бўлган рухсат этилган энергиялар спектрига эга бўла боради.

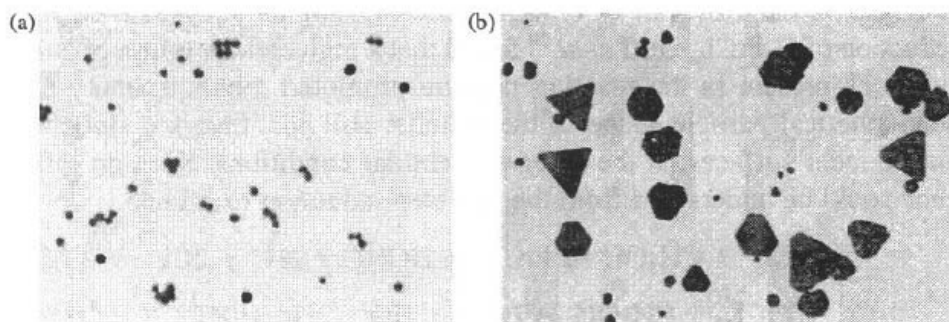
## 2.2. Нанообъектлар таснифи.

Нанообъектнинг катта-кичиклиги – нанообъектларни таснифлашнинг асосидир.

Катта-кичикликка мувофиқ қуйидагилар фарқланади:

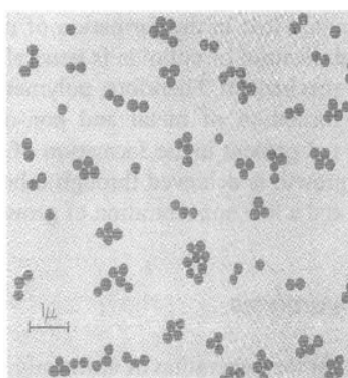
1) 0-D нанообъектлар – уларнинг 3 та макон ўлчамининг ҳаммаси нанометр диапазонида ётади (қўпол қилиб айтганда: 3 ўлчамнинг ҳаммаси  $< 100$  нм).

Бундай объект макроскопик маънода нульмерли бўлади ва шу сабабли, электрон хоссалари нуқтаи назаридан, бундай объектлар квант нуқталар деб аталади. Улардаги де Бройль тўлқини ҳар қандай макон микдордан катта бўлади. Квант нуқталардан лазер қурилишида, оптоэлектроникада, фотоникада, сенсорикада ва бошқаларда фойдаланилади (расм 9-11).



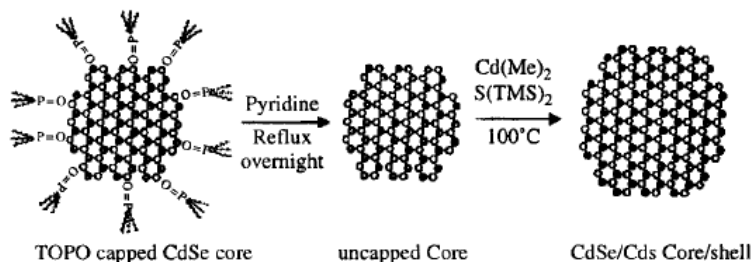
**Fig. 3.10.** SEM micrographs of gold nanoparticles prepared with sodium citrate (a) and citric acid (b) as reduction reagents, respectively, under otherwise similar synthesis conditions. [W.O. Miligan and R.H. Morriss, *J. Am. Chem. Soc.* **86**, 3461 (1964).]

Расм 9. Қайтарувчи сифатида қўлланиладиган натрий цитрати ва лимон кислотасидаги олтин нанозаррачалари<sup>1</sup>.



**Fig. 3.19.** SEM micrograph of silica spheres prepared in the ethanol-ethyl ester system. [W. Stober, A. Fink, and E. Bohn, *J. Colloid Interf. Sci.* **26**, 62 (1968).]

Расм 10. Этанол-эфир мухитидаги кремнезем нанозаррачалари<sup>2</sup>.



**Fig. 3.27.** Schematic synthesis of CdSe/CdS core/shell nanocrystals [X. Peng, M.C. Schlamp, A.V. Kadavanich, and A.P. Alivisatos, *J. Am. Chem. Soc.* **119**, 7019 (1997).]

Расм 11. Ядро-қобик нанокристалларнинг синтези CdSe/CdS<sup>3</sup>

2) 1-D нанообъектлар – икки ўлчамда нанометрик катталиқка, учинчи ўлчамда эса – макроскопик катталиқка эга бўлади. Булар жумласига наносимлар, нанотолалар, бир деворли ва кўп деворли нанокувурлар, органик

<sup>1</sup> Guozhong Cao, Ying Wang *Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition*, Imperial College Press, 2010, 69

<sup>2</sup> Guozhong Cao, Ying Wang *Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition*, Imperial College Press, 2010, 86

<sup>3</sup> Guozhong Cao, Ying Wang *Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition*, Imperial College Press, 2010, 104



макромолекулар, шу жумладан ДНКнинг икки қаватли спираллари киритилади (расм 12-15).

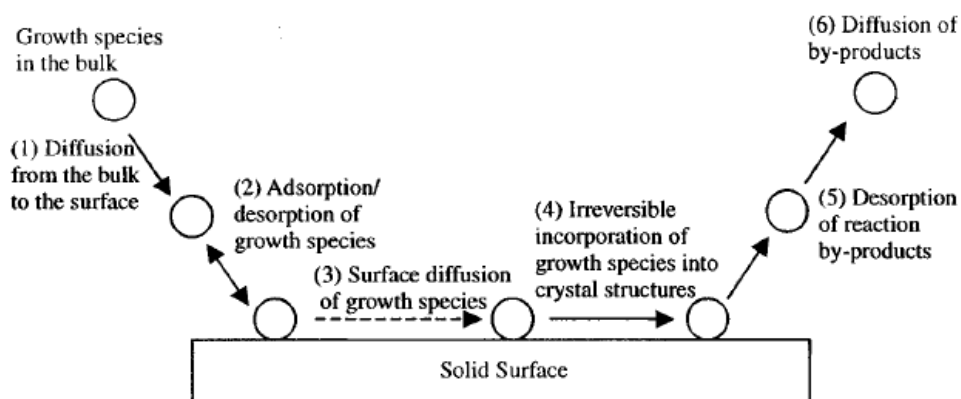


Fig. 4.1. Schematic illustrating six steps in crystal growth, which can be generally considered as a heterogeneous reaction, and a typical crystal growth proceeds following the sequences.

Расм 12. Гетероген реакция бўйича 6-қаррали кристалларнинг ўсиш тизими<sup>1</sup>.

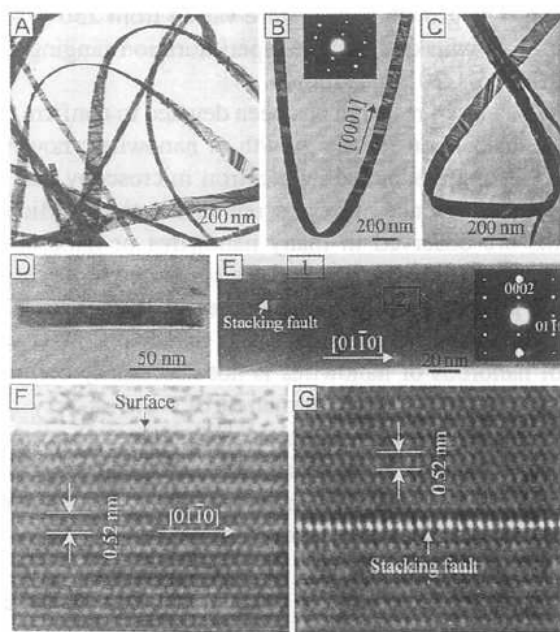
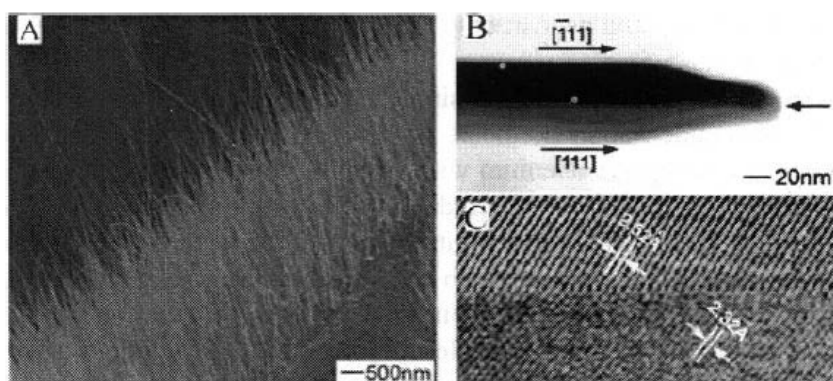


Fig. 4.6. SEM and TEM pictures of ZnO nanobelts [Z.W. Pan, Z.R. Dai, and Z.L. Wang, *Science* 291, 1947 (2001).]

Расм 13. Рух оксиди нанонайчалари учун SEM ва TEM электрон микротасвирлари<sup>2</sup>.

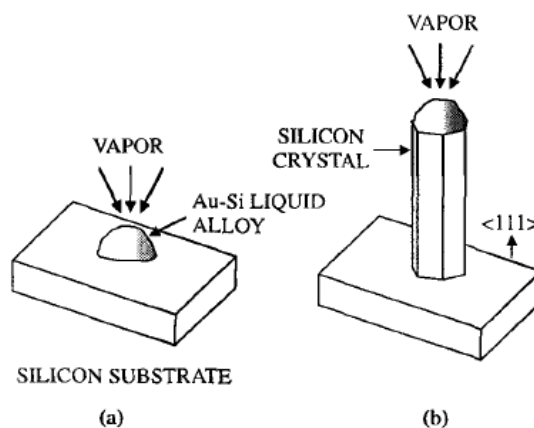
<sup>1</sup> Guozhong Cao, Ying Wang *Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition*, Imperial College Press, 2010, 113

<sup>2</sup> Guozhong Cao, Ying Wang *Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition*, Imperial College Press, 2010, 120



**Fig. 4.8.** (A) SEM and (B) TEM micrographs of CuO nanowires synthesized by heating a copper wire (0.1 mm in diameter) in air to a temperature of 500°C for 4 hr. Each CuO nanowire was a bicrystal as shown by its electron diffraction pattern and high-resolution TEM characterization (C). [X. Jiang, T. Herricks, and Y. Xia, *Nano Lett.* 2, 1333 (2002).]

Расм 14. Мис оксиди наносимлари учун SEM ва TEM электрон микротасвирлари <sup>1</sup>.



**Fig. 4.11.** Schematic showing the principal steps of the vapor-liquid-solid growth technique: (a) initial nucleation and (b) continued growth.

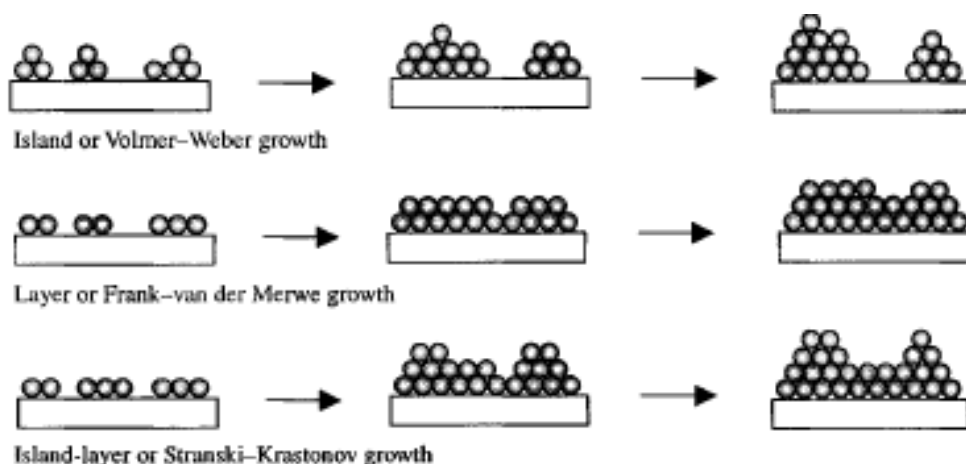
Расм 15. Газ-суюқлик-қаттиқ жисм усулининг схемаси: а- бошланғич заррача ҳосил бўлиши, б- ўсиш<sup>2</sup>.

3) 2-D нанообъектлар – фақат битта ўлчамда нанометрик катталиқка эга бўлади, қолган иккита ўлчамда эса бу катталиқ макроскопик бўлади. Бундай объектлар жумласига бир таркибли материалнинг юзага яқин ингичка қатламлари: пленкалар, қопламалар, мембраналар, кўп қатламли гетеротузилмалар киритилади. Уларнинг квази икки ўлчамлилиги электрон газнинг хоссаларини, электрон ўтишларнинг (р-п ўтишларнинг) хусусиятларини ва шу кабиларни ўзгартириш имконини беради. Айнан 2-D нанообъектлар радиолэктрониканинг тамомила янги элемент базасини ишлаб

<sup>1</sup>Guozhong Cao, Ying Wang *Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications* 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 123

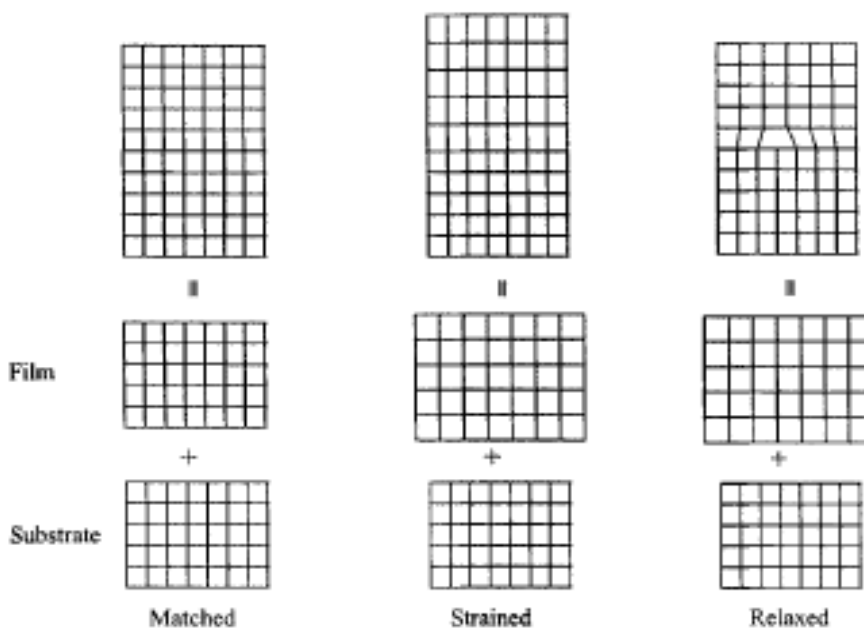
<sup>2</sup>Guozhong Cao, Ying Wang *Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications* 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 129

чиқиш учун асос ўйлаб топиш имконини беради. Бу энди наноэлектроника, нанооптика ва шу кабилар бўлади (расм 16-19).



**Fig. 5.1.** Schematic illustrating three basic modes of initial nucleation in the film growth. Island growth occurs when the growth species are more strongly bonded to each other than to the substrate.

Расм 16. Юпқа пленкаларнинг ўсиш схемаси. Оролчали ўсиш субстрат билан мустаҳкам боғланган заррачалар учун боради <sup>1</sup>



**Fig. 5.3.** Schematic illustrating the lattice matched homoepitaxial film and substrate, strained and relaxed heteroepitaxial structures.

Расм 17. Гетероэпитаксиал пленкаларнинг стресдаги ва релаксациядаги гомоэпитаксиал пленка ва субстратнинг кристалл панжараси схемаси, Рух оксиди нанонайчалари учун SEM ва ТЕМ электрон микротасвирлари<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 175

<sup>2</sup> Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 179

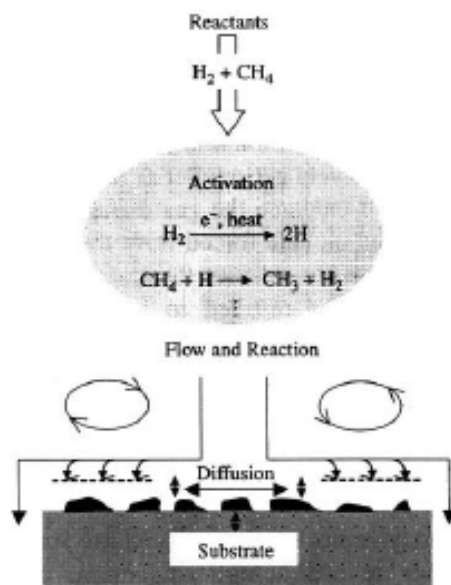


Fig. 5.14. Schematic showing the principal elements in the complex diamond CVD process: flow of reactants into the reactor, activation of the reactants by the thermal and plasma processes, reaction and transport of the species to the growing surface, and surface chemical processes depositing diamond and other forms of carbon. [J.E. Butler and D.G. Goodwin, in *Properties, Growth and Applications of Diamond*, eds. M.H. Nazare and A.J. Neves, INSPEC, London, p. 262, 2001.]

Расм 18. CVD жараёни бўйича наноолмосларни олишнинг принципиал тизими: реагентларнинг реакторга оқими, реагентларни термик жараён еки плазма билан фаолланиши, ўсувчи юзаларга заррачаларнинг ташиб ўтилиши ва реакцияси, олмосларнинг ва углероднинг бошқа шакллари чўктиришнинг юзадаги кимёвий жараёнлари<sup>1</sup>.

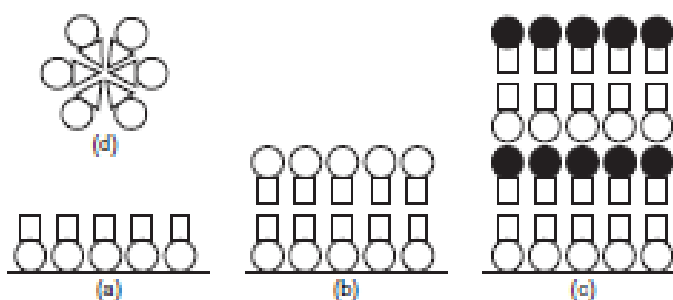


FIGURE 8.8 Langmuir-Blodgett films. (a) A monolayer; (b) a bilayer; (c) a Y-type multilayer. The circles represent the polar heads and the squares the apolar tails of the amphiphilic molecule. (d) A micelle, which can form spontaneously upon dispersal in water if the amphiphilic molecules have a smaller tail than the head (see Section 8.2.9).

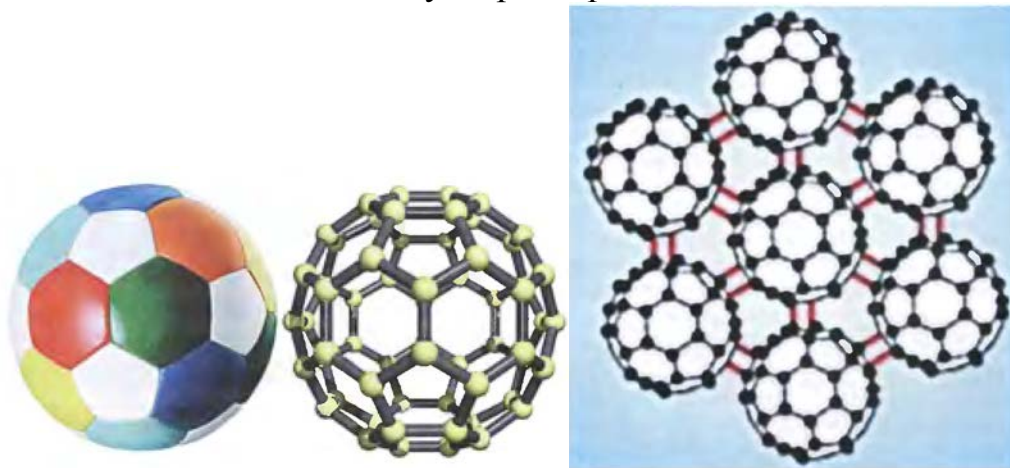
Расм 19. Ленгмюр-Блоджет пленкаларини олиш. Моноқават, бикават, у-мултикават. Агарда «tail» «head»дан кичик бўлса поляр амфибил молекулалар ўз-ўзидан мицеллар ҳосил қилади<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Guozhong Cao, Ying Wang *Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications* 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 198

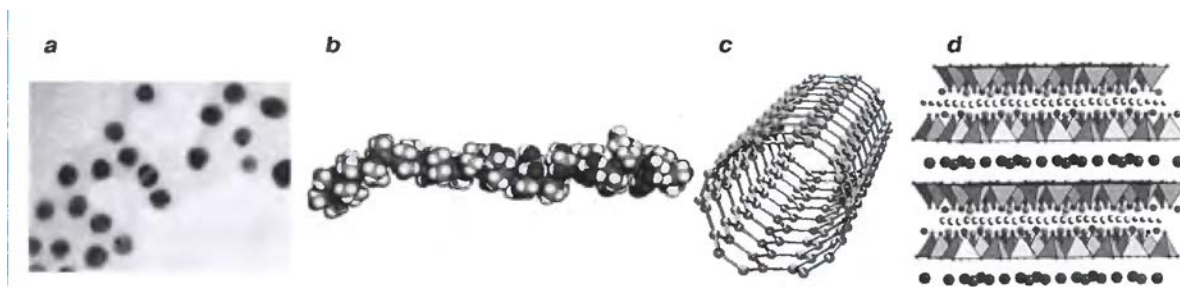
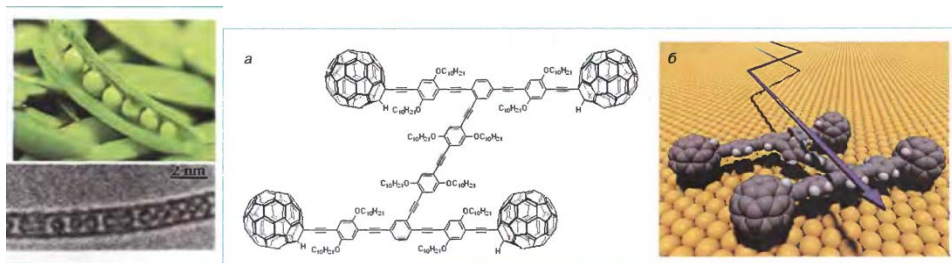
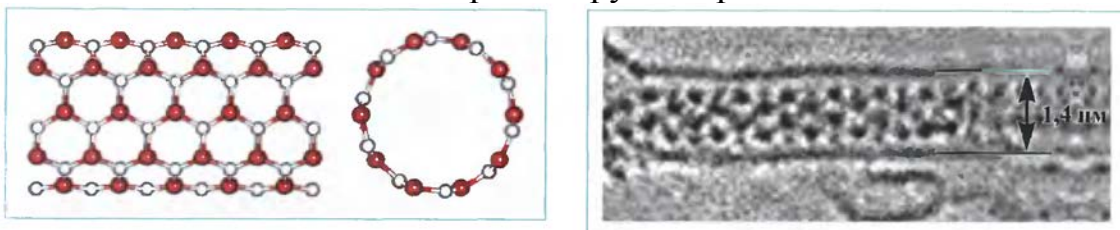
<sup>2</sup> Jeremy Ramsden *Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies)* 2nd Edition, Elsevier, 2011, 110

Ҳозирги вақтда 2-D нанообъектлар ҳаммадан кўпроқ хилма-хил антифразион, антикоррозион ва ҳоказо қопламалар сифатида хизмат қилмоқда. Улар молекуляр филтрлар, сорбентлар ва шу қабиларда турли хил мембраналар яратиш учун ҳам катта аҳамиятга эга.

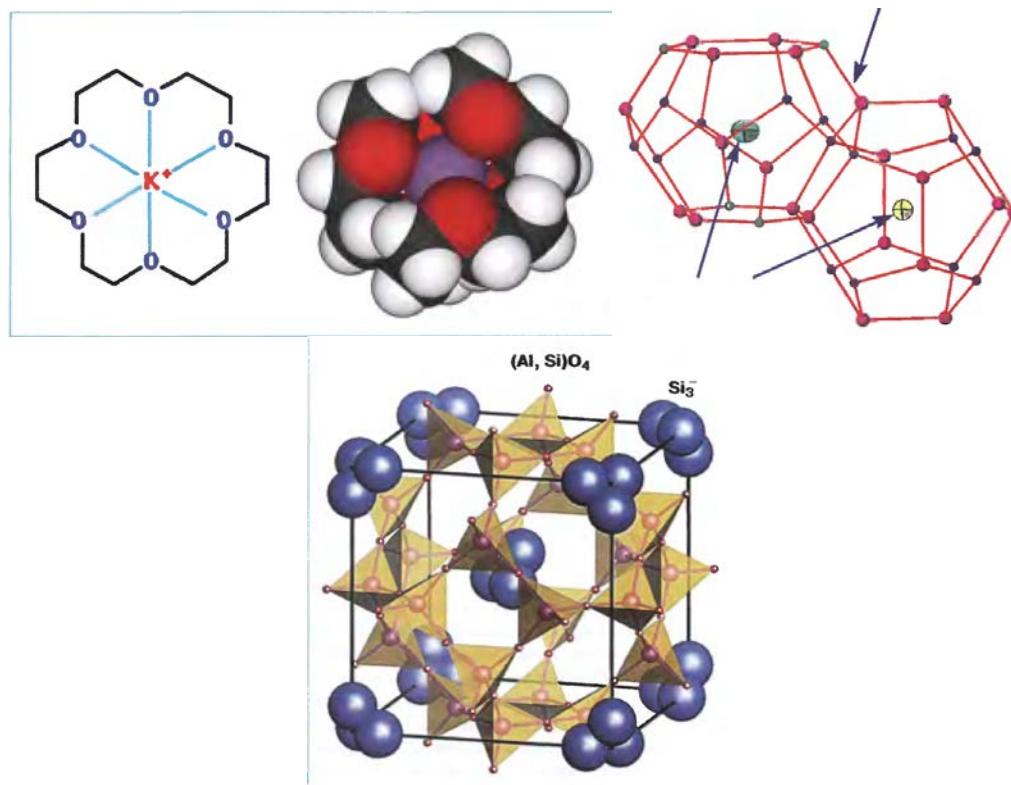
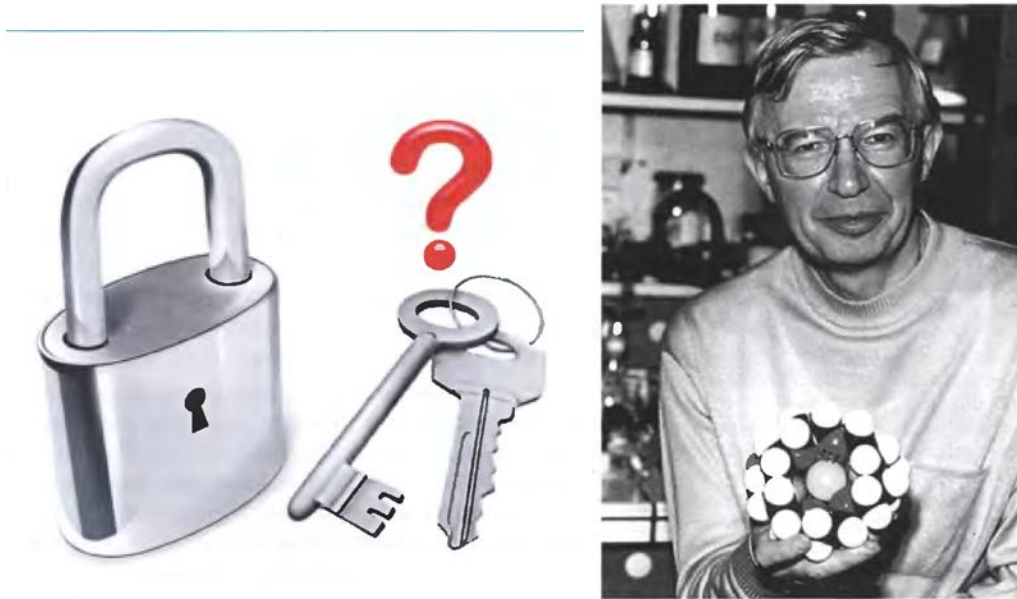
### Фуллеренлар.



### Углеродли трубкалар.

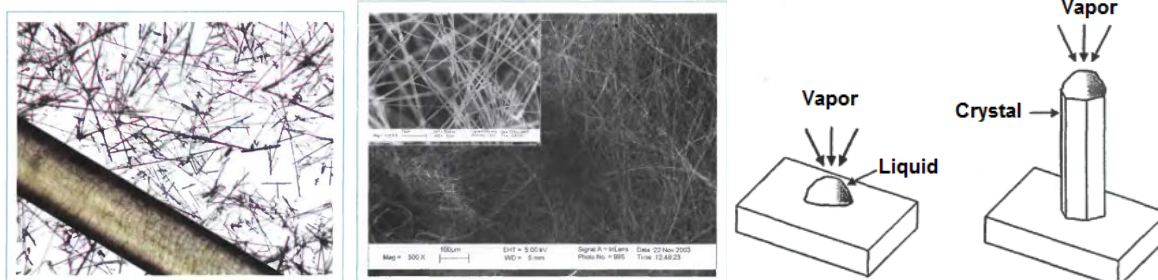


## Супрамолекуляр кимё.



## Ноорганик наноматериаллар.

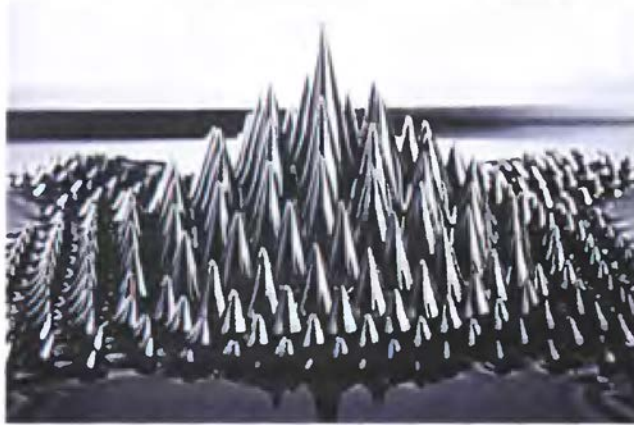
### Вискерлар.



# Манганитлар<sup>1</sup>.

ore ready  
ecomes a

*Magnetite nanoparticles  
in oil. The fluid can be  
controlled and shaped  
magnetically.*



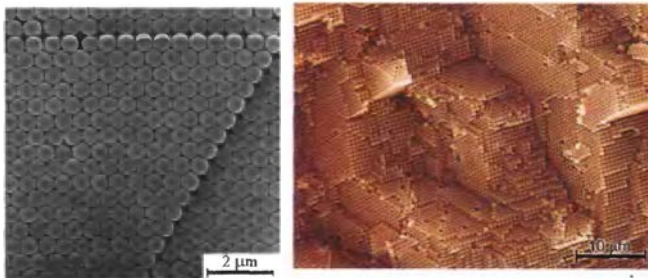
in  
d



he  
in apple is  
which has  
his fruit.

*Magnetotacticum  
bavaricum. Magnetic  
bacteria can synthesise  
chains of nano-magne-  
tites and be used as a  
compass needle.*

## Юқорихароратли ўтаўтказгичлар. Фотон кристаллари (3D структура)

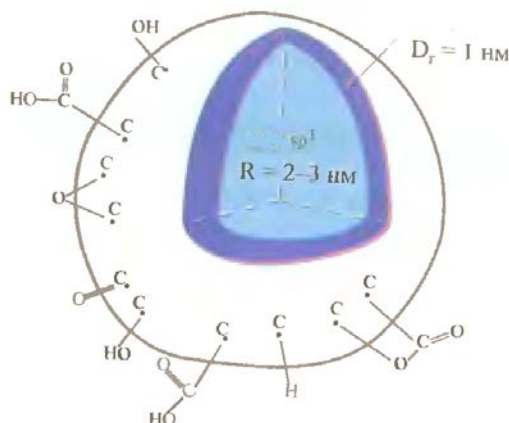


## Биокерамика.

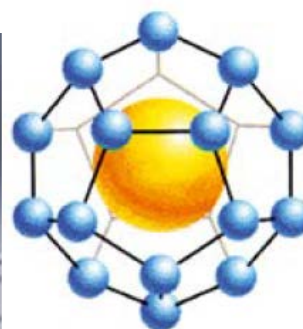


<sup>1</sup> European Commission **EUR 21151, Nanotechnology : Innovation for tomorrow world**, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2004, 56.

Наноолмослар.



Газли гидратлар. Газлардаги кластерлар.



### Назорат саволлари

1. Нанозаррачалар ва нанокластерлар деб нимага айтилади?
2. 0-D нанообъектларга мисол келтиринг.
3. 1-D нанообъектларга мисол келтиринг.
4. 2-D нанообъектларга мисол келтиринг.
5. Фуллеренлар ва углеродли трубкаларнинг қандай турларини биласиз.
6. Супрамолекуляр моддаларга мисол келтиринг.
7. Ноорганик наноматериалларнинг қандай турларини биласиз?

### Фойдаланилган адабиётлар

1. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 19.
2. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 38.
3. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 22.
4. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 20.
5. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 20.



6. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 22.
7. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 57.
8. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 69.
9. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 86.
10. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 104.
11. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 113.
12. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 120.
13. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 123.
14. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 129.
15. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 175.
16. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 179.
17. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 198.
18. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 110.
19. European Commission EUR 21151, Nanotechnology: Innovation for tomorrow world, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2004, 56.

### **3-мавзу: Наноструктураланган материалларни синтез усуллари**

#### **Режа:**

- 3.1. Нанозарралар, нанокукунлар ни синтез қилиш усуллари
- 3.2. 0-D нанообъектлар
- 3.3. 1-D нанообъектлар
- 3.4. Углеродсиз нанотрубкалар

**Таянч иборалар:** CVD, PVD, нанокукунлари, газфазали синтез, буғларнинг конденсацияси, . плазмакимёвий синтез, лазерли абляция.

#### **3.1. Нанозарралар, нанокукунларни синтез қилиш усуллари**

Ҳозирги пайтда маълум бўлган наноматериаллар замонавий технологияларга фан ва техниканинг турли соҳаларидан кириб келганлигини ҳисобга олганда, бирон-бир асосда мақбул бўлган ягона таснифнинг ўзи йўқ (расм 1-2).

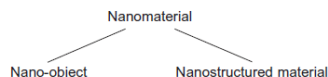


FIGURE 6.1  
Fragment of a concept system for nanotechnology (cf. Figure 1.1).

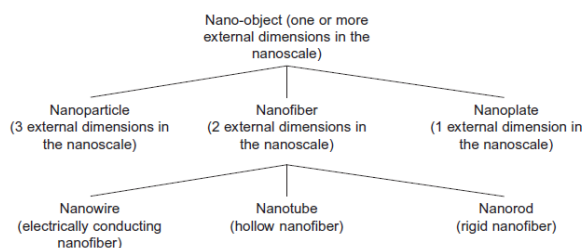


FIGURE 6.2  
Concept system for nano-objects (cf. Figures 1.1 and 6.1). See text for further explanation.

## Расм 1. Нанообъектларнинг концептуал тизими <sup>1</sup>

Matrix	State of the nano-objects		
	Solid	Liquid	Gaseous
Solid	Nanocomposite <sup>a</sup>	–	Nanofoam <sup>b</sup>
Liquid	Nanosuspension <sup>c</sup>	Nanoemulsion	Nanofoam <sup>b</sup>
Gaseous	Aerosol	Aerosol	–

<sup>a</sup>Other materials falling into this category are nano-alloys, meta-matrix composites, etc.  
<sup>b</sup>These materials may be described with the adjective "nanoporous" (or, in French, using the noun "nanoporeux").  
<sup>c</sup>Nanofluids are included here (Section 6.5.4).

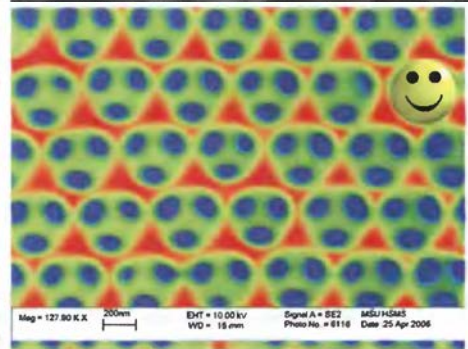
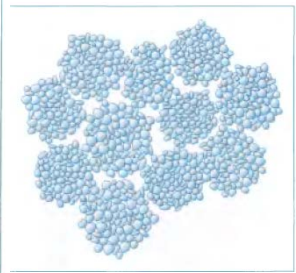
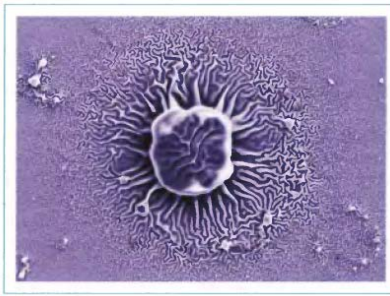
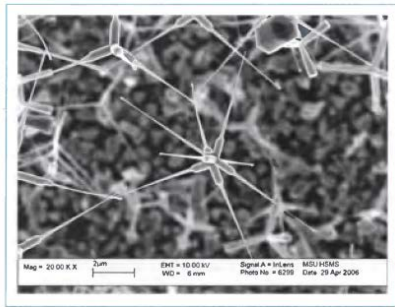
## Расм 2. Нанодисперсияларнинг онтологияси <sup>2</sup>

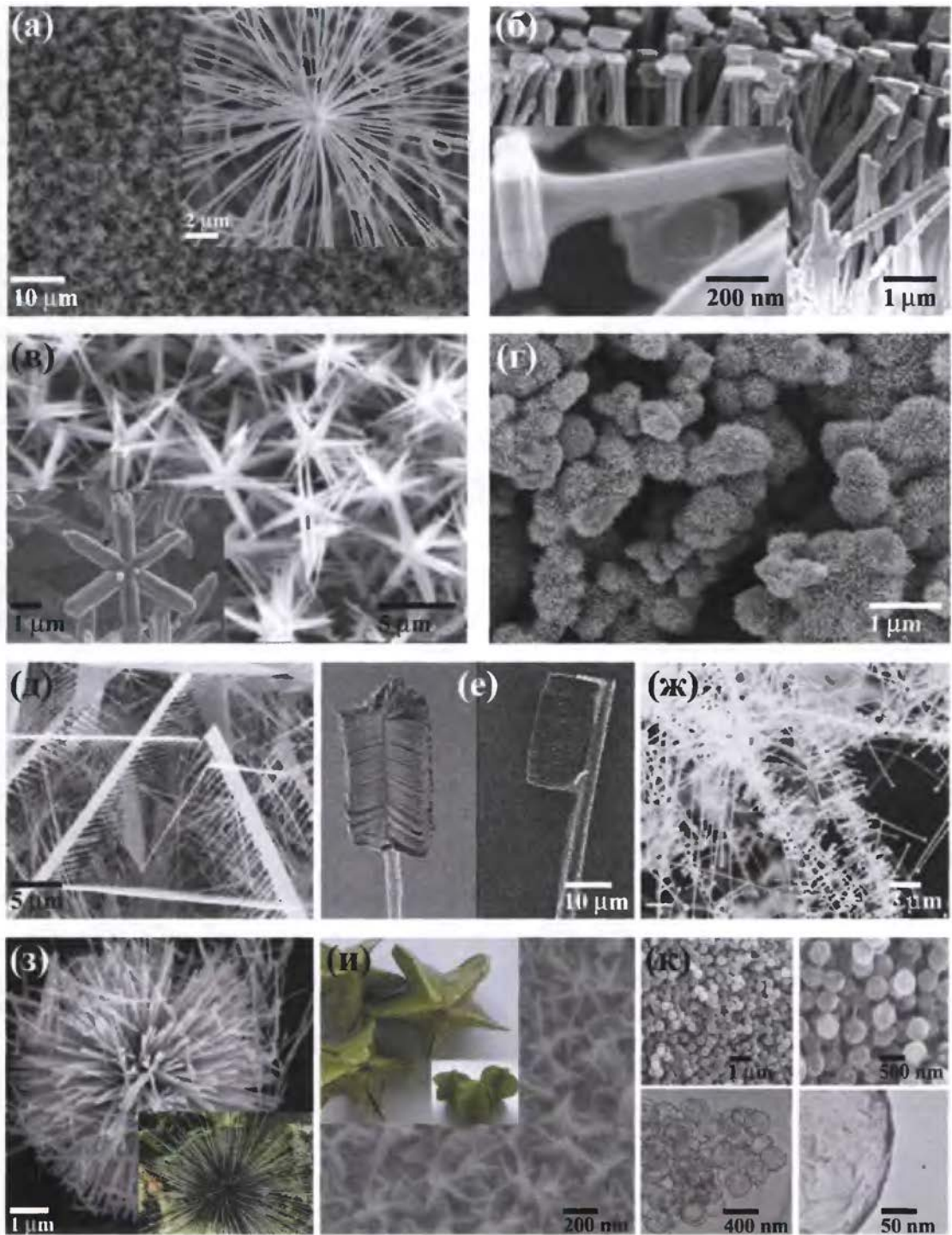
### Наноматериаллар:

- Катта ҳажмли нанотаркиблашган материаллар;
- Нанокластерлар, нанозарралар, нанокукунлар;
- Кўп қатламли нано пленкалар, кўп қатламли нанотузилмалар, кўп қатламли наноқопламалар;
- Функционал (ақлли) наноматериаллар;
- Наноғовакли материаллар;
- Фуллеренлар ва уларнинг ҳосилалари бўлган нанокувурлар;
- Биологик ва биобирлашган материаллар;
- Нанотаркибли суюқликлар: коллоидлар, геллар, суспензиялар, полимер композитлар;
- Нанокомпозитлар.

<sup>1</sup> Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 102

<sup>2</sup> Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 103





Расм 3. Наноструктурасининг хар хил шакллари

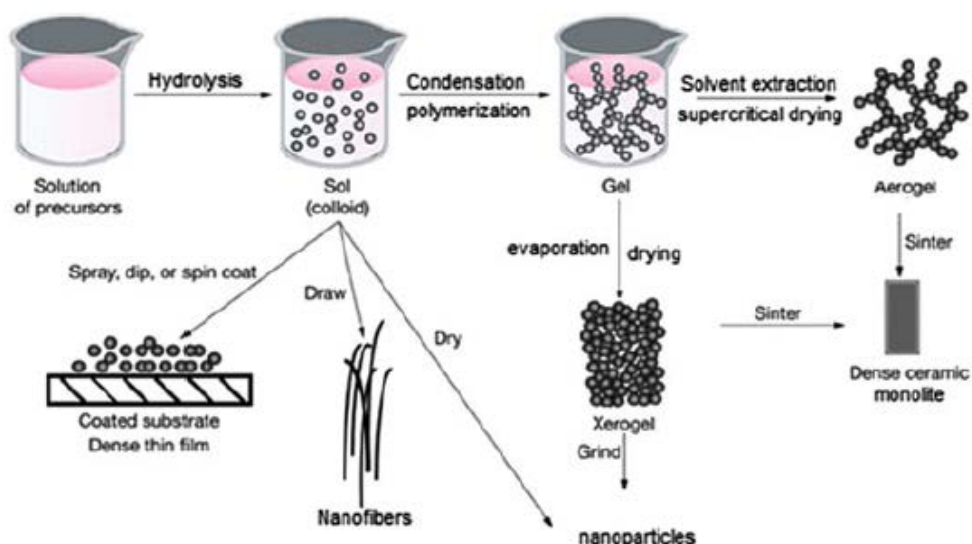


Fig. 2.10 Schematic diagram of sol-gel method and its nanomaterials products

#### Расм 4. “Зол-гел” жараён<sup>1</sup>

Дастлабки нанозарралар одам томонидан атайлаб эмаси, тасодифан, турли технологик жараёнларда яратилган. Ҳозирги вақтда улар яратиладиган ва махсус ишлаб чиқариладиган бўлди, бу эса нанотехнологияларга асос солди. Нанотехнологияларнинг ривожланиши айрим фундаментал принципларнинг тубдан қайта кўриб чиқилишига олиб келди. (Расм 3-4).

“Юқоридан-пастга” йўли – нанотехнологияларнинг умумий парадигмаси (ярим маҳсулотдан (танавордан) ортиқча қисмлар кесиб ташланади)

Нанотехнологиялар “пастдан- юқорига” – кичикдан каттага (атомдан объектга) йўлини таклиф қилади. Бу нанотехнологиялар парадигмасидир.

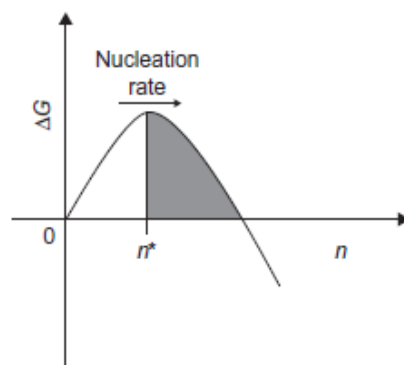
Fig. 2.8 Schematic illustrations of the synthesis methods of nanomaterials (Qiao et al. 2011)



#### Расм 5. “Юқоридан-пастга” ва “Пастдан-юқорига” методлар<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Said Salaheldeen Elnashaie, Firoozeh Danafar, Hassan Hashemipour Rafsanjani Nanotechnology for Chemical Engineers, Springer, 2015, 99

<sup>2</sup> Said Salaheldeen Elnashaie, Firoozeh Danafar, Hassan Hashemipour Rafsanjani Nanotechnology for Chemical Engineers, Springer, 2015, 95



**FIGURE 6.3**

Sketch of the variation of free energy of a cluster containing  $n$  atoms (cf. Figure 2.2). The maximum corresponds to the critical nucleus size. Clusters that have managed through fluctuations to climb up the free energy slope to reach the critical nucleus size have an equal probability to shrink back and vanish, or to grow up to microscopic size.

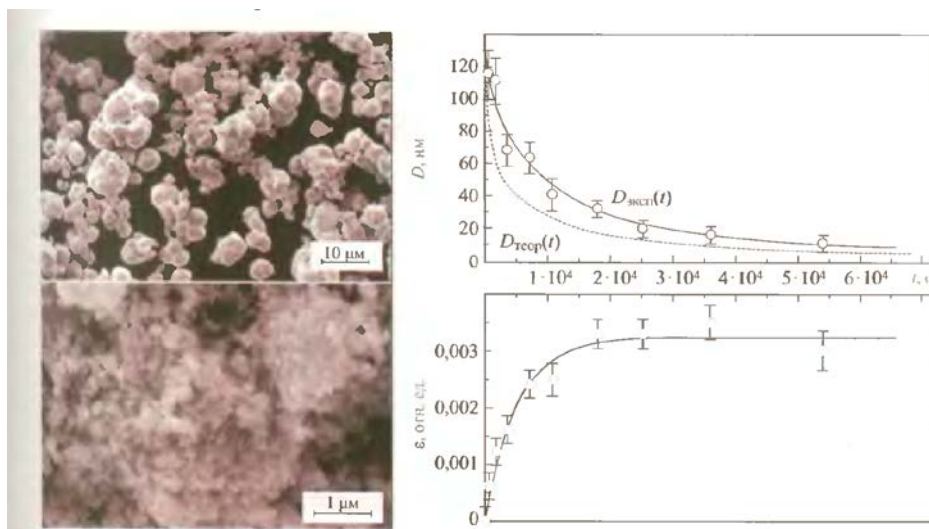
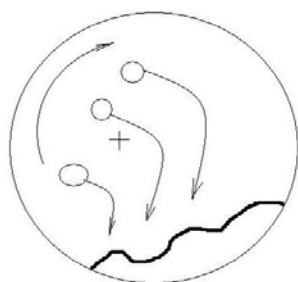
Расм 6. Расм.  $n$ -атомлардан ташкил этувчи кластернинг эркин энергиясини ўзгариши. Ядронинг критик ўлчамига максимал равишда мос келади<sup>1</sup>.

### 3.2. 0-D нанообъектлар

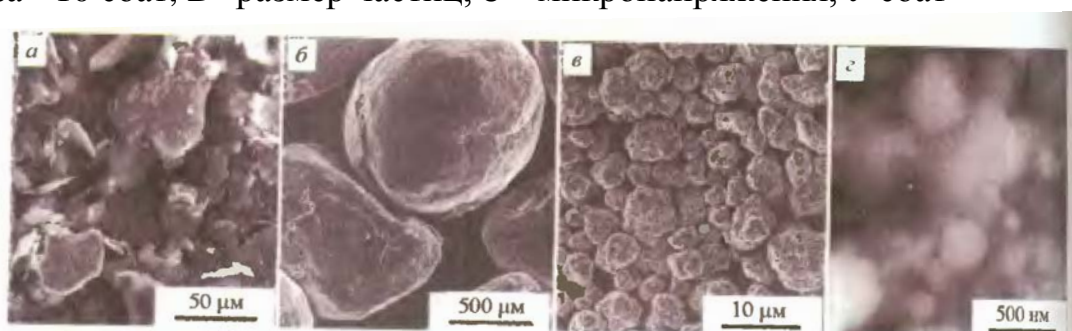
Ҳозирги вақтда асосан нанотехнологияларда бизга макротехнологиялардан ўтган технологик усуллар устунлик қилмоқда. 0-D тоифасига мансуб нанозарраларни яратиш учун ҳозирги нанотехнологиялар дисперсиялаш, яъни майдалаш усулини қўлламоқда. Ҳар қандай микроскопик объектни наноўлчамларгача майдалаш (дисперсиялаш) учун оддий дисперсиялаш тўғри келмайди. Зарралар қанча майда бўлса, улар юзасининг фаоллиги шунча юқори бўлади, натижада алоҳида зарралар катта ҳажмли конгломератларга бирлашади. Шу сабабли ўта ингичка дисперсиялаш учун юзадаги таранглик кучларини камайтирадиган юзаки фаол моддалар, шунингдек стабилизаторлар тарзидаги муайян турдаги муҳитни, тақроран қўшилишга тўсқинлик қиладиган совен тарзидаги композицияларни қўлланиш талаб қилинади. Қаттиқ жисм чегарасида юзаки энергия жуда ҳам пасайган муайян шароитларда дисперсланиш жараёни ўз-ўзидан, масалан, зарраларнинг иссиқлик ҳаракати ҳисобидан юз бериши мумкин. Ана шу усул билан зарралар катталиги ўнлаб нм бўлган Ме кукунларини, ушбу металлларнинг зарралар катталиги 1 нм бўлган Оксидларини олиш, шунингдек полимерлар, керамика компонентлари в шу кабиларнинг дисперсияланишини амалга ошириш мумкин.

1) Майдалаш усуллари: шарли тегирмон, тебранма тегирмон, аттрикторлар, пуркама тегирмонлар (расм 5-6)

<sup>1</sup> Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 105

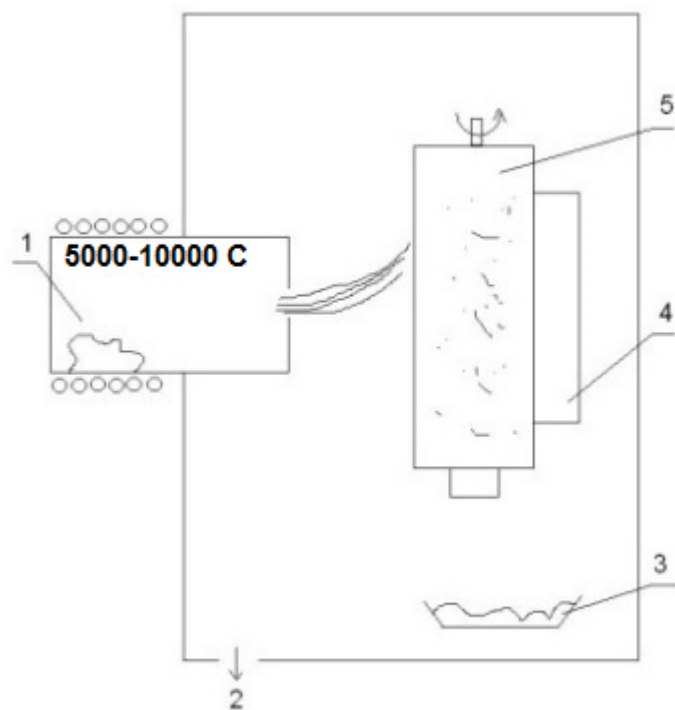


Расм 7. Вольфрам кадбиднинг нанокукунлари (50 нм). Механохимёвий синтез - 10 соат, D- размер частиц,  $\epsilon$  – микронапряжения, t- соат



Расм 8. Титан кадбиднинг нанокукунлари (2-100 нм). Механохимёвий синтез.

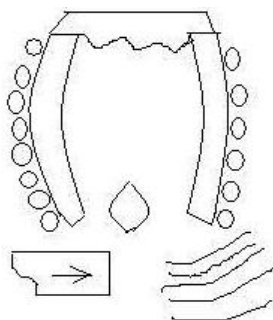
2) Дисперсиялашдан ташқари иккита чекланган парадигманинг қўшилишидан иборат бўлган жараён кенг фойдаланилади. Бу жараён қаттиқ модданинг буғланиб, шундай кейин турли шароитларда конденсациялашувчидан иборат. Масалан, совутилган инерт газ муҳитида 5000 – 10000 С даражасигача қиздирилган модда буғини конденсациялаб, ҳосил бўлган кукунни конденсация зонасидан тезда чиқариб ташлаш. Шу йўл билан зарралар катталиги 3 – 5 нм бўлган кукунларни олиш мумкин.



Расм 9. Наноматериалларни олиш қурилмаси  
 1 – Буғланаётган модда манбаи; 2 – чиқариб ташлаш; 3– Кукун;  
 4 – Куракча; 5 – Конденсация барабани

3) Учинчи усул ҳам анъанавий дисперсиялашга алоқадор бўлиб, эритилган моддани совутилган газ ёки суюқлик оқимида пуркаш деб аталади.

Томчини майдалайдиган оқимнинг газ муҳити сифатида, суюқлик сифатида эса спиртлар, сув, ацетон хизмат қилиши мумкин. Шундай усул билан катталиги 100 нмга яқин бўлган зарраларни олиш мумкин.



Таърифланган усулларнинг ҳаммаси жуда унумли, бироқ қоида тариқасида улар кукуннинг ультрадисперлигини, зарраларнинг каттилиги бир бўлишини таъминламайди, ҳамда жараённинг тозалигини таъминламайди. Булар нанозарраларни шакллантиришнинг маълум бўлган бирдан-бир усуллари эмас. 0-D нанообъектлар жумласига ультрадисперс кукунлардан ташқари фуллеренларни, углеродли 0-D нанообъектларни ҳам киритадилар.



### 3.3. 1-D нанообъектлар

Айтиб ўтилган нанообъектларнинг ҳар бири техниканинг турли соҳаларида қўлланилади. Масалан, наносимлардан субмикрон ва наноэлектрон узелларда ўтказувчилар сифатида фойдаланишни таклиф қиладилар. Нанотолалар нанотаркиблаштирилган нанокомпозицион п/пда элемент сифатида қўлланилади. Органик наномолекулалар ҳам тиббиётда, кимё саноатида нанотаркиблаштирилган материаллар яратишда қўлланилади.

Электроника учун нанотрубкалар каби 1-D нанообъектлар жуда муҳим аҳамият касб этди. Умуман олганда ҳамма нанотрубкалар 2 та катта тоифага бўлинади:

- 1) Углеродли нанотрубкалар (УНТ)
- 2) Углеродсиз нанотрубкалар.

Бундан ташқари ҳамма нанотрубкалар қатламларнинг сони бўйича ажралиб туради: бир қатламли, икки қатламли, кўп қатламли.

### 3.4. Углеродсиз нанотрубкалар

Ҳамма углеродсиз нанотрубкалар икки туркумга бўлинади:

- 1) Таркибига углерод кирадиган ўткинчи нанотузилмалар
- 2) Дихалькогенид нанотрубкалар. Ҳозирги вақтда дихалькогенид трубклардан  $\text{MoS}_2$ ,  $\text{WS}_2$ ,  $\text{WSe}_2$ ,  $\text{MoTe}_2$  ва бошқалар маълум. Бундай нанотрубкалар ўта юпқа, идеал ҳолатда – мноатомли қатламлар, ўрам қилиб ўралган материаллардир.



Баъзи қатламли материаллар кимёвий алоқалар ассиметрик бўлганлиги туфайли бундай ўрамларга мустақил равишда анча осон ўралади, шу билан бирга бундай тузилмаларни шакллантиришдаги бирдан-бир муаммо - эркин, ҳеч нарса билан боғланмаган атом катталигидаги модда қатламини олишдан иборат. Бошқа материаллар ўз-ўзидан ўралиб қолишга мойил бўлмайди ва шу сабабли ҳозирги вақтда нанотрубкаларни мажбуран шакллантириш имконини берадиган технология усуллари ишлаб чиқилмоқда. Бундай жараёнларнинг 3 та варианты бор:

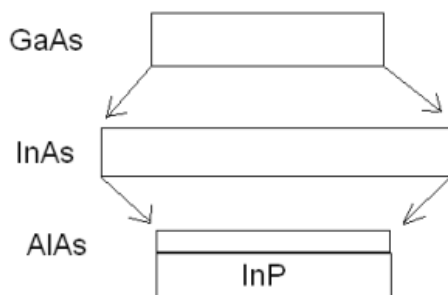
- 1) Мавжуд бўлган нанотрубка асосида нанотрубка яратмоқчи бўлаётганимиз материалнинг юпқа қатламларини гетероэпитаксиал ошириб бориш. Мисол  $\text{GaN} - \text{ZnO}$ .

Бу усулнинг асосий камчилиги шундаки, гетероэпитаксиал ошириб бориш учун иккита материални танлаш қийин.

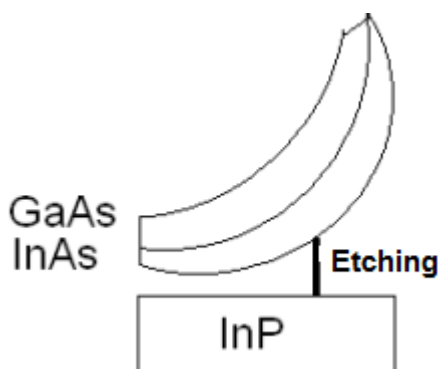
2) Бошланғич наносимни электрон нур билан изчил равишда камайтириб бориш йўли билан олинган бир деворли нанотрубкалар. Мисол: Олтин ва платина нанотрубкалар. D Pt нанотрубкалар - 0,48 нм.

3) Қалинлиги бир неча моноқатлам бўлган юпка, тиғиз гетероэпитаксиал тузилмани ясси тагликда етиштириб, шундан кейин бу гетеротузилмани таглик билан алоқадан бўшатишга ва ўрам, тугун қилиб ўрашга асосланган. 1ML – битта моноқатлам.

Ўраш жараёни атомлар ўртасидаги кучларнинг тиғиз гетеропленкада харакатланиши ҳисобига юз беради.



Инда гетероэпитаксия усулида у билан яхши мослашадиган AlAs етиштирилади, сўнгра бу тузилмага ГЭ усулида AsIn ўстирилади. У AlAsга караганда кўпроқ кристалл панжара параметрларига эга ва шу сабабли бу қатлам ўстирилганда у гўё сиқилади. Шундан кейин ушбу қатламга яна ГЭ усули билан GaAs қатлами ўстирилади. Лекин, AsInдан фарқли ўлароқ бу қатлам кристалл панжара параметрига камроқ эга (элементар катак катталиги камроқ) ва уни, аксинча, чўзади. Натижада, AsAl қатламини бўшата бошлаганимизда бўшаган InAs тузилмаси AsGa билан бирга InAs кенгайтирадиган, GaAs қатлами эса тортадиган кучлар ҳисобига ўрам қилиб ўрай бошлайди.



### Усулнинг яхши жиҳатлари:

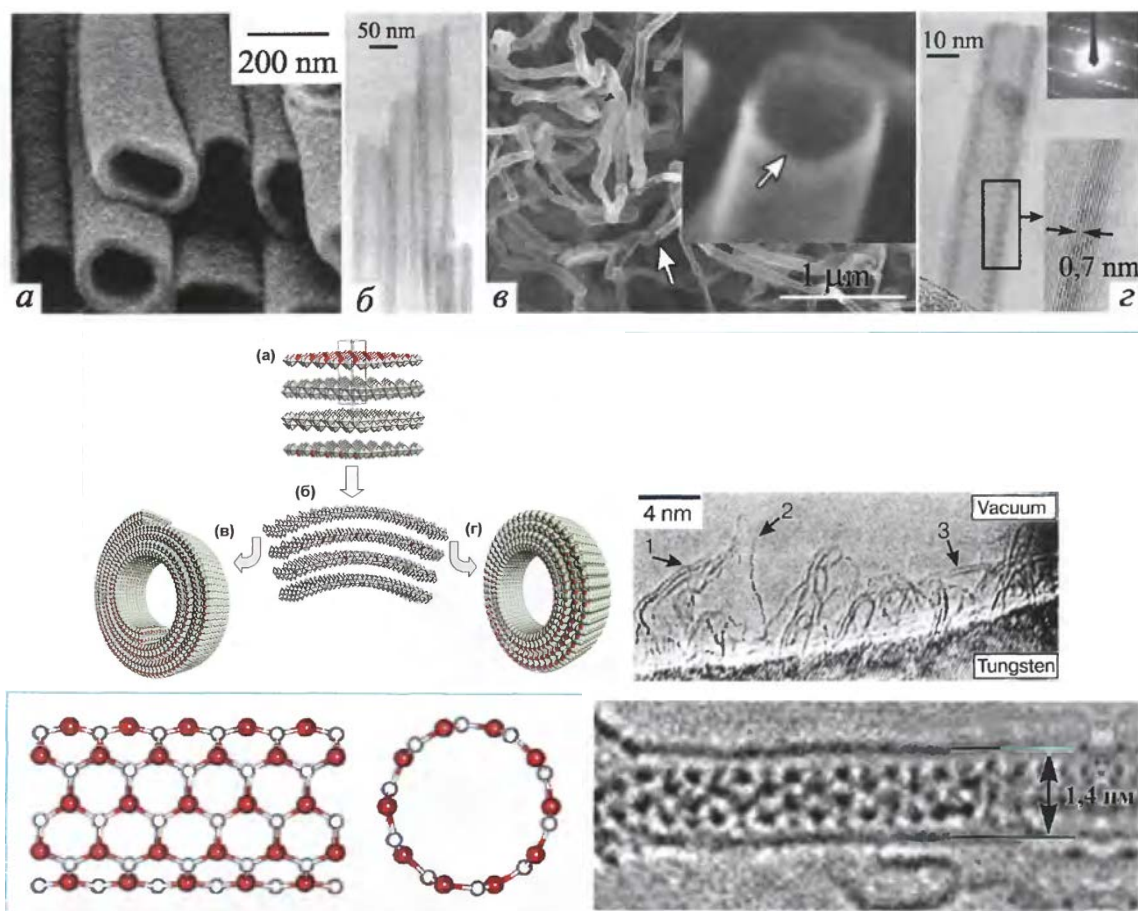
1) Трубкалар диаметри ҳар хил бўлиб, гетеротузилма учун тегишли материалларни тўплаш йўли билан осонгина белгиланиши мумкин.

2) Бу усул деярли ҳар қандай материаллардан (п/п, Ме, диэлектриклар) фойдаланиш ҳамда уларнинг ҳаммасини нанотрубкалар қилиб ўраш имконини беради.

3) Деворларининг қалинлиги бир хил бўлган трубкалар сифати яхшилиги ва нисбатан катта узунликка эгаллиги.

4) Бу усул ИМС интеграл микросхемалар технологиялари билан яхши мослашади.

5) Бундай нанотрубкаларнинг физикавий хоссалари бошланғич гетеротузилма материаллари билан белгиланади (расм 7).



Расм 10. Нанонайчалари

### Назорат саволлари

1. “Юқори-пастга” технологиясига мисол келтиринг.
2. “Пастдан-юқорига” технологиясига мисол келтиринг.
3. “Зол-гел” жараёнини тушунтиринг
4. Нанозарралар, нанокунлар, нанодисперсия ни синтез қилиш усуллари
5. 0-D нанообъектлар ва 1-D нанообъектлар деб нимага айтилади
6. Углеродсиз нанотрубкаларнинг қандай турларни биласиз?

## Фойдаланилган адабитлар

1. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 102.
2. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 103.
3. Said Salaheldeen Elnashaie, Firoozeh Danafar, Hassan Hashemipour Rafsanjani Nanotechnology for Chemical Engineers, Springer, 2015, 99.
4. Said Salaheldeen Elnashaie, Firoozeh Danafar, Hassan Hashemipour Rafsanjani Nanotechnology for Chemical Engineers, Springer, 2015, 95.
5. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 105.

### 4-мавзу. 2D-Наноструктураланган материаллар ва углеродли наноматериал синтез усуллари

#### Режа:

- 4.1. 2-D Нанообъектлар (юпқа пленкалар)
- 4.2. Фазали эпитаксия.
- 4.3. Углеродли наноматериаллар
- 4.4. Углеродли наноматериаллар синтези.
- 4.5. Углеродли наноматериалларнинг ишлатилиши.

**Таянч иборалари:** юпқа пленкалар, фазали эпитаксия, фуллерен, графен.

#### 4.1. 2-D Нанообъектлар (юпқа пленкалар).

Техникада қоплама сифатида фойдаланилади. Юпқа пленкали қопламаларнинг яратилиши дастлабки материалнинг хоссаларини ўзгартириш, бунда ҳажмига тегмаслик ва геометрик ўлчамларни оширмаслик имконини беради. Қалинлиги 1 мкмдан ортиқ эмас. Қопламани ишлатишнинг энг кўп тарқалган мақсадлари:

- 1) Турли деталлар материалларининг емирилишга чидфенамлилигини, иссиқликка ва коррозияга барқарорлигини ошириш;
- 2) Микро, наноэлектроника, оптоэлектроника, сенсорика ва бошқаларнинг элементлари учун планар, бир қаватли, кўп қаватли гетеротузилмалар яратиш;
- 3) Юзанинг оптик кўрсаткичларини ўзгартириш (хамелеон кўзойнақлар);
- 4) Ахборотни ёзиб олиш ва сақлаш элементларида магнит муҳитлар яратиш учун;
- 5) Ахборотни ёзиб олиш ва сақлаш оптик воситаларини яратиш CD, DVD дисклар;
- 6) Юткичлар, газ аралашмаларининг сепараторларини, катализаторлар, кимёвий модификацияланган мембраналар ва шу кабиларни яратиш;

Юзанинг хизмат кўрсаткичларини яхшилашга (яъни уларга пленкалар яратишга) бир-биридан мутлақо фарқланувчи иккита ёндошув мавжуд:

1) Юзага яқин қатламларни ҳар хил (кимёвий, иссиқлик, механик, радиацион ёки уларнинг комбинациялари) ишлов бериш ёрдамида модификациялаш;

2) Бошқа атомларнинг қўшимча қатламларини бериш.

Қопламалар суртишнинг ҳамма усулларини иккита гуруҳга бирлаштириш мумкин:

1) Буғ фазасидан физик чўктириш PVD;

2) Буғ фазасидан кимёвий чўктириш CVD.

Иккала ҳолатда ҳам жараён вакуум камерада амалга оширилади, унда баъзан технологик газнинг унча катта бўлмаган босими ҳосил қилинади (нисбатан кимёвий нейтрал газлар – Ar, N<sub>2</sub>, этилен).

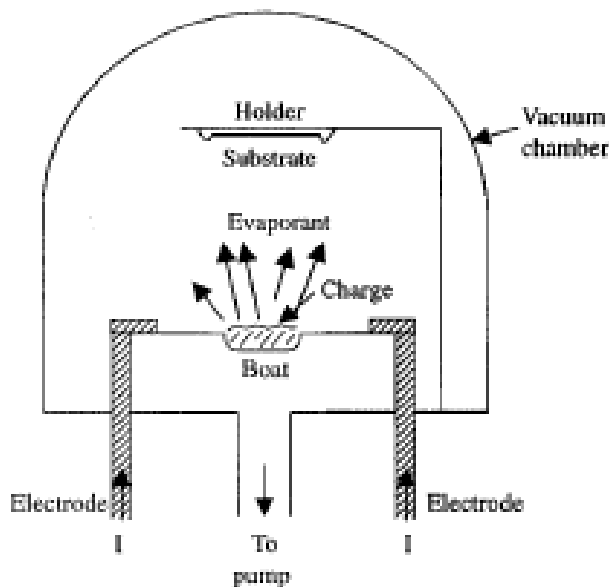
Буғ фазасидан физик чўктириш усуларида (PVD) янги материални тагликка етказиб беришнинг асосан иккита усулидан фойдаланилади (расм 1-2):

1) Термик қиздириш ҳисобига пуркаш (қиздириш жуда хилма-хил усуллар билан: резистив, электрон-нурли, индукцион, лазерли ва бошқа усуллар билан);

2) Нейтрал газлар тезлашган ионларининг, масалан:

Ar ионларнинг Ек кинетик энергияси ҳисобига пуркаш. Мусбат ион Ar катодни бомбардимон қилади, катодда пуркаладиган материалнинг нишони ва т.о. ушбу материалнинг физик пуркалиши юз беради.

Фарқи – фақат материални пуркаш усуларида холос.



**Fig. 5.6.** A typical evaporation system consisting of an evaporation source to vaporize the desired material and a substrate located at an appropriate distance facing the evaporation source. Both the source and the substrate are located in a vacuum chamber.

Расм 1. Типик буғлатувчи тизими вакуум камерасидаги манба ва субстратдан ташкил топган<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 183

Буғ фазасидан чўктиришнинг физик усуллари билан ғоят хилма-хил қопламалар қопланади, чунки бу усуллар кенг кўламдаги фазилатларга эга:

- 1) Бундай йўл билан қопланиши мумкин бўлган материалларнинг ғоят хилма-хиллиги (Ме. Қотишмалар, полимерлар, баъзи кимёвий бирикмалар);
- 2) Тағликнинг ғоят кенг иссиқлик диапазонида сифатли қопламалар олиш мумкинлиги;
- 3) Бу жараённинг жуда ҳам юқори даражада тозалиги, бу эса яхши сифатли ёпишишни таъминлайди;
- 4) Деталлар катталиги жиддий ўзгармаслиги.

Буғ фазасидан кимёвий чўктириш усулларида қаттиқ маҳсулотлар (пленка) тағликда камеранинг ишчи атмосфераси атомлари иштирокидаги кимёвий реакция натижасида ўсади. Бундай реакция кечиши учун энергия манбалари сифатида у ёки бу электр зарядидан, баъзида эса лазер нуридан фойдаланадилар. Технологик жараёнларнинг бу тури аввалгисига қараганда хилма-хиллиг билан ажралиб туради. У нафақат қоплама яратишда, балки нанокукунлар яраишда ҳам ишлатилади (расм 3).

Бу усул билан углеродли кимёвий бирикмалар-карбидлар, CN-нитридлар, оксидлар ва бошаларни олиш мумкин.

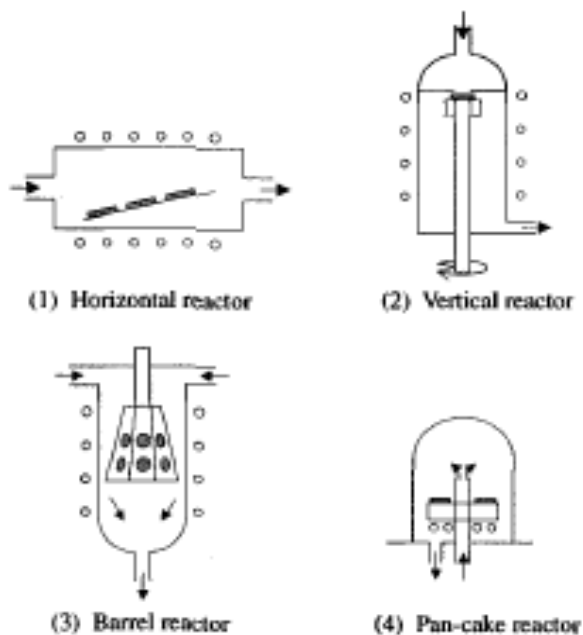


Fig. 5.12. A few common setups of CVD reactors.

Расм 2. CVD реакторларнинг қурилмалари <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 194

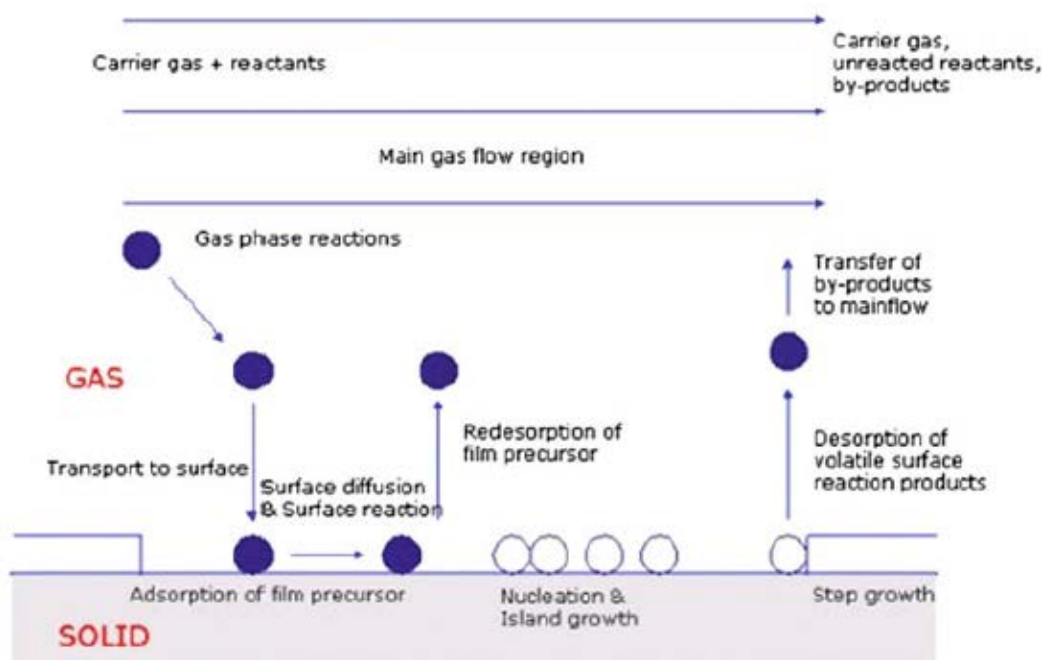


Fig. 2.11 Events take place in the CVD process (<http://postechlocal.k2web.co.kr/user>)

Расм 3. CVD гетероген реакция бўйича кристалларнинг ўсиш тизими<sup>1</sup>.

1. Эгилувчанлик ва ҳилма-ҳиллик, булар қопламани табиати ва шакли турлича бўлган (толали, кукунли ва бошқа) подложкалар сиртида яхши туриб қолиш имконини беради;

2. Зарурий технологик ускуналарнинг нисбатан соддалиги. Автоматлаштирилиши осонлиги;

3. Фойдаланишга яроқли кимёвий реакциялар ва моддаларнинг танлови катталиги;

4. Қопламанинг тузилиши, унинг қалинлиги ва дон ҳажмининг мониторинг қилишини ва бошқарилиши;

5. Донлари-яъни яримкристалл тузилмалари элемеантлари.

Юпқа плёнкали тузилмалар ишлаб чиқаришда эпитаксил жараёнлар катта рол ўйнайди. Эпитаксия – бу худду шу ёкибошқа материал, яъни подложка сиртига материал қатламини ўстиришга қаратилган технологик жараёндир. Агар подложка нинг ва плёнканинг материали бир-бирига мос тушса, нда бу жараён автоэпитаксия дейилади, агар подложка ва плёнканинг материаллари бир-бирига мос келмаса, унда бу жараённи гетероэпитаксия дейилади. Барча эпитаксиал жараёнлар икки синфга бўлинади:

1. Элтувчи муҳитли жараёнлар: (суюқ фазали ва буғ фазали эпитаксиялар);

2. Элтувчи муҳитсиз: (вакуумли эпитаксиялар). Молекуляр боғли ёки молекуляр нурли эпитаксиялар.

<sup>1</sup> Said Salaheldeen Elnashaie, Firoozeh Danafar, Hassan Hashemipour Rafsanjani Nanotechnology for Chemical Engineers, Springer, 2015, 100

## 4.2. Фазали эпитаксия

### Суюқ фазали эпитаксия.

Афзалликлари ва камчиликлари.

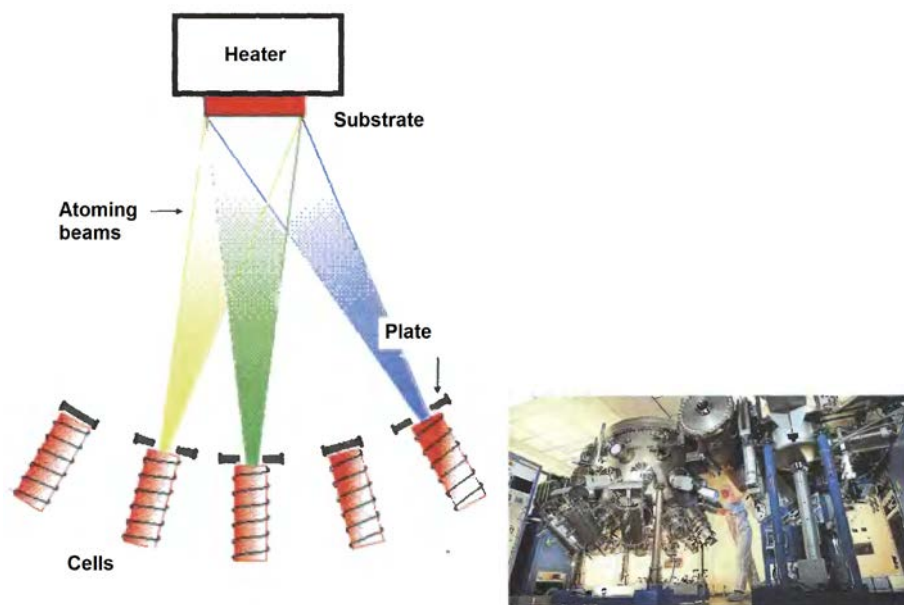
Суюқ фазали эпитаксия асосан GaAs, GdP2 каби қатламли ярмўтказгичли бирикмалар олиш учун қўлланилади; шунингдек, монокристалл кремний олишнинг асосий усулихисобланади. Жараён азот ва водород атмосферасида (қоришма ёки подложка сиртидаги оксид плёнчаларини тиклаш учун) ёки вакуумда (дастлаб оксид плёнчаларини тиклаб олгач) ўтказилади. Қоришма подложка сиртига суртилади, бунда уни қисман эритади ва унинг камчиликлари, ифлосликлари йўқотилади.

**Газ фазали эпитаксия** – бу яримўтказгичларининг эпитаксиял қатламларини буғ ва газ фазаларидан чўкма ҳосил қилиш йўли билан олинишидир. Энг кўп кремнийли, германйли, арсенид-галлилей яримўтказгичли ускуналарда атмосфера босимива ис да қўлланилади. Жараён вертикал ёки горизонтал типдаги махсус реакторларда атмосфера босими остида ёки паст босимда ўтказилади. Реакция 750-1200 градусгача қиздирилган яримўтказгичли пластинкалар сиртига боради.

### Молекуляр нурли эпитаксия.

Афзалликлари ва камчиликлари.

Молекуляр нурли эпитаксия (МНЭ) ёки молекуляр боғли эпитаксия ўта юқори вакуум шароитидаги эпитаксиал ўсишдир. Бу гетерочегаралари моноатомли силлиқ бўлган олдиндан берилган қалинликдаги гетеро тқзилманиёки лигерланиш профили олдиндан белгилангангетеро тузилмани ўстириш имконини беради. Эпитаксия жараёни учун сирти атомлар силлиқ бўлган яхши тозаланган махсус подложкалар зурур (расм 4).

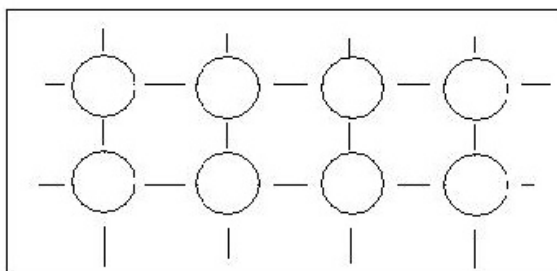


Расм 4. Молекуляр нурли эпитаксиянинг схемаси

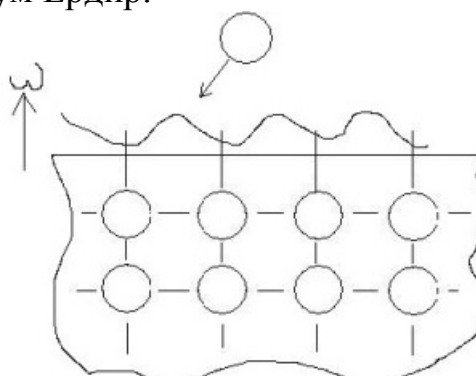
**Йўналтирилгн ўстириш.** оддий кўз билан қараганда ҳам япалоқ, каттиқ сирт-кристалл жисмни кўриш мумкин.



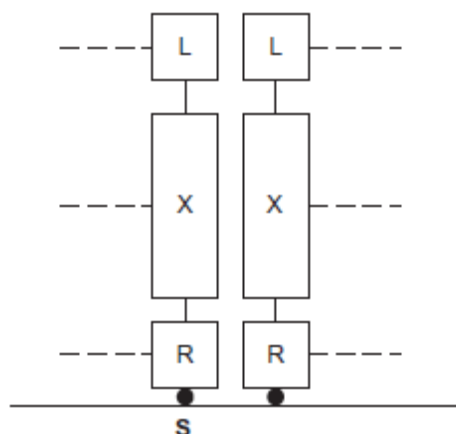
Микроскопда: атом ва кимёвий боғланишни кўриш мумкин.



Бу боғланиш минимум Ер дир.



Подложка атомларинг сиртга жойлашишида эркин атомларини жойлашишига йўналтирилган таъсири (расм 5-8).

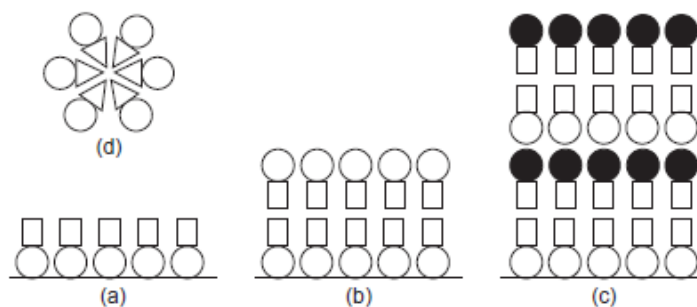


**FIGURE 6.9**

A (fragment of a) self-assembled monolayer. The component molecules have the general formula LXR, where X is an apolar chain (e.g., alkyl), and R is a reactive group capable of binding to the substratum S. X can be functionalized at the end opposite from R with a group L to form molecules L–XR; the nature of L can profoundly change the wetting properties of the SAM.

Расм 5. Ўз-ўзидан хосил бўлувчи моноқаватнинг фрагменти. LXR. S- субстрат билан боғлайдиган LX- нополяр занжирнинг R-реакцион гурухи. L га боғлиқ равишда материалнинг шимдирилиш хоссалари ўзгариши мумкин<sup>1</sup>.

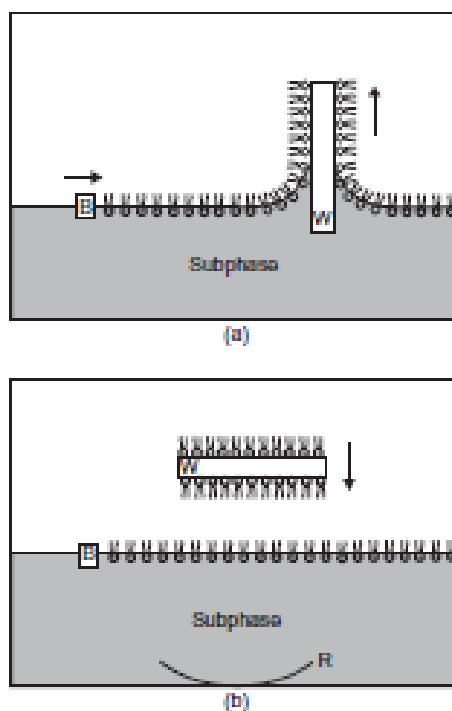
<sup>1</sup> Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 110



**FIGURE 6.6**

Langmuir–Blodgett films. (a) A monolayer; (b) a bilayer; (c) a Y-type multilayer. The circles represent the polar heads and the squares the apolar tails of the amphiphilic molecule. (d) A micelle, which can form spontaneously upon dispersal in water if the amphiphilic molecules have a smaller tail than the head (see Section 8.2.9).

Расм 6. Лэнгмюр-Блоджетт пленкалари. А) моноқават, б) биқават, в) У-мультиқават<sup>1</sup>



**FIGURE 6.7**

The Langmuir–Schaefer (LS) technique. (a) The polar substrate is slowly drawn upwards through the Langmuir film to deposit a monolayer. (b) The coated substrate, now apolar, is pushed horizontally through the Langmuir film to deposit a second monolayer (and is caught by the receptacle R). This operation is equivalent to a very rapid vertical descent. The rapidity is needed to ensure that the meniscus curves downwards during deposition.

Расм 7. Лэнгмюр-Шёфер усули. а) Лэнгмюр моноқаватини ҳосил қилиб поляр субстрат аста секин кўтарилади. б) иккинчи моноқават чўктирилади, қопланган нополяр субстрат Лэнгмюр пленкасига горизонтал йўналтирилади<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 110

<sup>2</sup> Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd

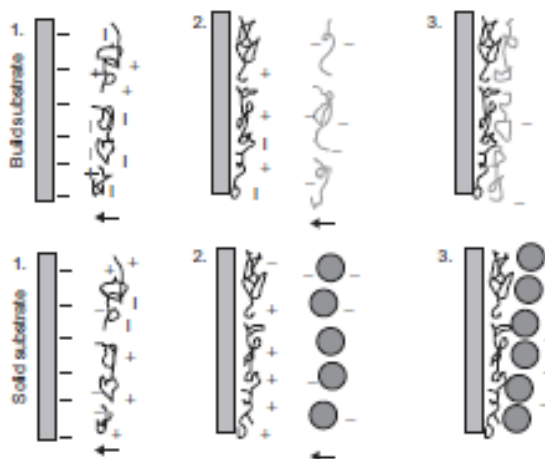


FIGURE 6.10

Upper panel: deposition of a polyanion onto a negatively charged substrate followed by a polyanion. Lower panel: deposition of a polyanion followed by a negatively charged nanoparticle onto a negatively charged substrate [112].

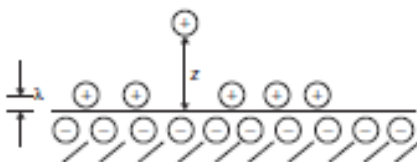


FIGURE 6.11

A polyanion approaching a surface already covered with its congeners (see text).

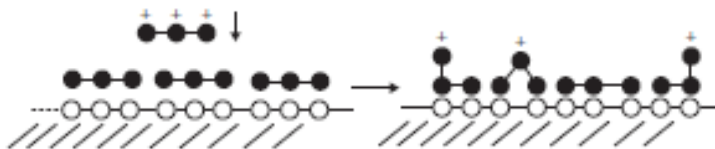


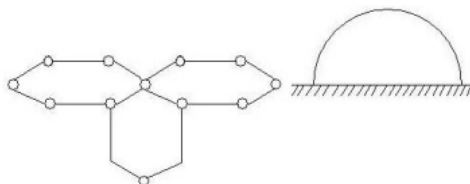
FIGURE 6.12

Overcharging resulting from adsorbed polyanion tails (see text).

Расм 8. Поликатионлар ва заррачаларни субстратга чўктириш. Полиионларни адсорбция вақтидаги ортиқча заряди<sup>1</sup>.

### 4.3. Углеродли наноматериаллар

Америкалик архитектор Фуллер архитектура конструкциясига янги элементни киритди.



1985 йилда худди шундай конструкцияга бириккан углерод заррачалари топилди. Бу моддалар фуллеренлар деб аталди. Фуллерен C-60

Edition, Elsevier, 2011, 111

<sup>1</sup> Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 103-123

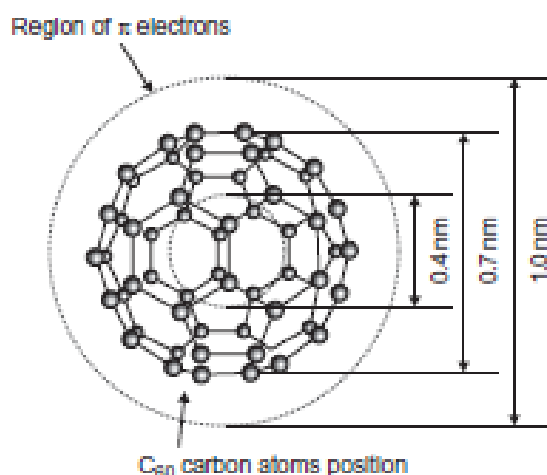
(60 та C атомли), фуллерен C-70 (70 та C атомли), фуллерен C-1000000 кам бўлиши мумкин.

Углерод атомлари 60 та атомлардан ташкил топган ва сферада 1 нм диаметрда жойлашаган юқори симметрик молекула C-60 ни ҳосил қилиши мумкин. Бунда Леонард Эйлер назариясига мувофиқ углерод атомлари 12 та тўғри буншурчак ва 20 та тўғри олтибурчакни ҳосил қилади.

Ўз навбатида C-60 молекулалари фуллерит деб номланадиган кристалл ҳосил қилиши мумкин. Бу кристалл границентрирован кубли панжара бўлиб, уларнинг молекуляр боғлари заиф. Фуллеренлар атомларга нисбатан анча йирик бўлишини ҳисобга олсак, панжара унча зич жойлашган бўлади. Яъни ҳажмда октаэдрик, бўшлиққа эга. Тетроэдрик бўшлиққа эса ёд жисмлар бўлиши мумкин. Октоэдрик бўшлиқларини Me (K, Rb, Cs) ишқор ионлар билан тўлдирилса, у ҳолда хона ҳароратидан паст бўлган ҳароратда фуллерен янги материалга айланади. Бу эса полимер заготовкасидан шакл ясашга жуда қулай. Тетроэдрик бўшлиқлар бошқа ионлар билан тўлдирилса, унда  $t = 40 - 20$  K га бўлган янги янги материала ҳосил бўлади. Турли моддаларнинг адсорбциялаш хусусиятлари туфайли фуллеритлар янги ноёб материалларни яратиш учун асос бўлиб хисмат қилади. Масалан C<sub>60</sub>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> кучли ферромагнитик хоссаларига эга. Ҳозирда уларнинг 10000 дан ортиқ тури маълум. Углеродлардан атомлар сони жудда катта бўлган молекулалар олиш мумкин. Масалан C 1000000 кўпинча бу бир деворли ёки кўп деворли (чўзилган нанопайчалар) УНТ. Бундай нанопайчанинг диаметри ~1 нм, узунлиги эса бир неча ўн мм га тенг. Бундай найчаларнинг учлари 6 тўғри бешбурчак ёрдамида ёпилган. Ҳозирда бу энг мустаҳкам материалдир. Графен – тўғри олтибурчак бўлиб, ясси текис тузилмага эга, бироқ графен тўғри олтибурчакларни бирин-кетин алмашувидан эмас 5-7 бурчакли комбинациядан ҳосил этилган бўлса, унда тўлқинсимон тузилмага эга бўлиши ҳам мумкин.

#### 4.4. Углеводородли наноматериаллар синтези

Биринчи фуллеренлар қаттиқ графит наъмуналарни лазер нури остида буғлантиришдан олинган конденсатланган графит буғларидан ажратиб олинган. 1990 йилда бир қатор олимлар (Крепчир, Хофман) бир неча грамм ўлчамда фуллеренлар олиш усулини ишлаб чиқишди. Усул графит стерженлари – электродларни атмосфераларда электр ёйида куйдиришдан иборат. Ндан паст атмосферада эмас. Жараёнининг оптимал параметрларини танлаш яроқли фуллеренлар чиқишини оптималлаштирди. Фуллеренларнинг оптимал чиқиши стерженнинг дастлабки массасидан 3-5% анод массасидан. Бу фуллерен қийматининг баланд бўлишини белгилайди. Бу билан Японлар қизиқиб қолдилар. Mitsubishi фирмаси углеводларни куйдириш йўли билан яроқли фуллеренларни олишни саъноат миқёсига олиб чиқдилар. Бироқ бундай фуллеренлар улар соф эмас. Уларнинг таркибида O<sub>2</sub> мавжуд. Шу сабабли соф фуллерен олинишининг ягона усули бу атмосферада He ёқишдир (куйдириш) (расм 9).



**FIGURE 9.6**

The structure of buckminsterfullerene,  $C_{60}$ . Note the presence of both hexagons and pentagons. Reproduced with permission from [9].

Расм 9.  $C_{60}$  фуллерен структураси (гексагонлар ва пентагонлар)<sup>1</sup>

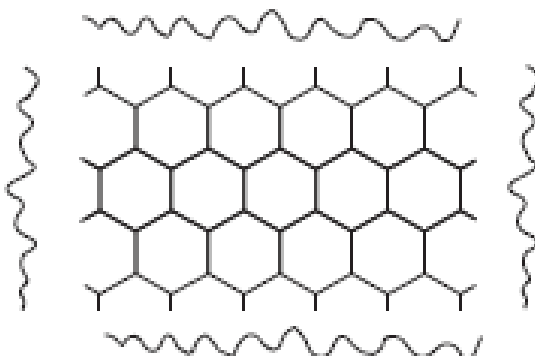
Фуллерен олувчи ва тозаловчи қурилмаларнинг умумий сони ортгани туфайли унинг тан нархи пасайди. (Аввалига-10000\$ бўлса, ҳозирда 10/158). Фуллерен нархининг қимматлигига сабаб унинг чиқиш фоизи камлиги эмас, балки тозалаш тизимининг мураккаблигидир.

Тозалашнинг стандарт схемаси: куйдирганда қурумга ўхшаган нарса ҳосил бўлади, уни эритувчи билан аралаштирадилар (томзол), сўнг бу қоришма филтрланади. Қолган тўқ рангдаги чўкма турли фуллеренларнинг майда дисперсияли қоришмасидир. Бу аралашмани таркибига кўра турларга бўлиш зарур. Бу жараён ўта юқори микроскопиядаги суюқ хроматография ёрдамида ҳамда сканерловчи зондли микроскопия ёрдамида ўтказилади.

Авваллари худди шундай графитни электр ёйли ёки лазерли буғлантириш, сўнгра инерт газ муҳитида конденсатлаш усули билан УНТ олишарди. Бироқ бу усул унча самарали бўлиб чиқмади. Шу сабабли ҳозирда энг мақбул усул бу - буғдан кимёвий чўкма ҳосил қилишдир. Бунинг учун углерод таркибли бирикма олинади. Масалан ацетилен, уни қаттиқ қиздирилган,  $Me$  катализатор юзасида паржалайдилар. Шундан сўнг каттализатор юзасида зич бўлиб УНТ ўса бошлайди. Ушбу реакция газсимон углеродларнинг каталитик пиролиз деб аталади. Кўп ҳолларда трубасимон печларда амалга оширилади. Бунда катализатор сифатида  $Fe$ ,  $Co$ ,  $Ni$ , дан фойдаланадилар. Уларнинг заррачалари билан теолит бўлакчаларини туйинтирадилар. Цеолит – табиий материал. Электр ёйли, лазерли, ёки юқори ҳароратдаги синтезнинг бошқа турларидан фарқли ўлароқ катталик пиролиз углеводородли нанотузилмаларни лаборатория масштабида эмас, балки саъноат масштабида ишлаб чиқариш имконини беради. Улар унча тоза эмас ва таркиби ҳам бир-хил бўлмаслиги мумкин. Шунга қарамай улардан фойдаланиш мумкин.

<sup>1</sup> Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 195

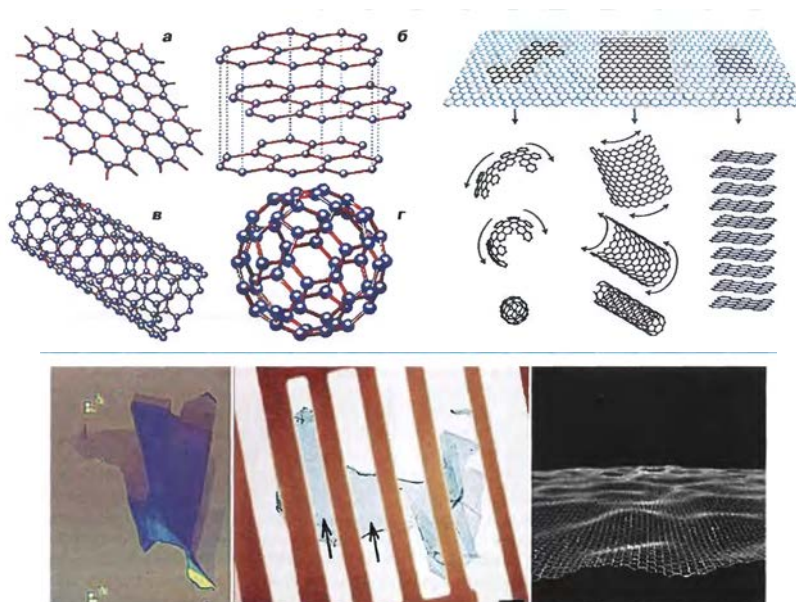
Графен – графит заррачалари. Графен тангачаларини оксидланган Si юзасига қўядилар. Бу графенни электро физикавий ўлчовлар учун тадқиқот қилиш имконини беради. Масалан графен олишининг кимёвий усули: кристаллсимон графитга HCl ва H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ни таъсир этиррадилар. Бунинг натижасида графен тангачаларида оксидланиш рўй беради. Графеннинг карбоксил гурухи тионихлоридга ишлов бериш йўли билан хлоридларга айлантирилади. Шундан сўнг эса тетрогидрофурунлар, тетрахлорметан ва зихлороэтан эритмаларида октадециламик таъсирида қалинлиги 0.5 нм бўлган графинли қатлам ҳосил бўлади (расм 10-12).



**FIGURE 9.1**

Part of a graphene sheet, showing the  $sp^2$  chemical bonds. There is a carbon atom at each intersection. The length of each bond is about 0.3 nm.

Расм 10. Графен. Углероднинг  $sp^2$  кимёвий боғлари ( $d(C-C) = 0.3 \text{ nm}$ )<sup>1</sup>



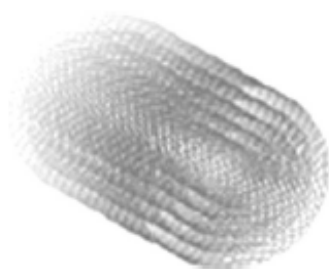
Расм 11. Графен ва углероднинг наноматериаллари

<sup>1</sup> Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 190



**FIGURE 9.2**

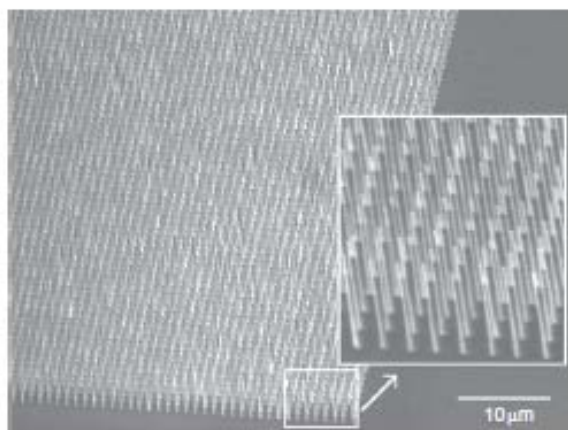
A single walled carbon nanotube (SWCNT): a single graphene layer rolled into a seamless tube. Reproduced with permission from [24].



**FIGURE 9.3**

A multiwalled carbon nanotube (MWCNT): concentric single wall nanotubes of different diameters nested within each other. Reproduced with permission from [24].

Расм 12. Бирқаватли ва кўпқаватли углеродли наноайчалар, графен моно қавати<sup>1</sup>



**FIGURE 9.5**

A forest of carbon nanotubes produced by plasma-enhanced chemical vapor deposition (PECVD). The substratum must first be covered with metal (e.g., Fe or Ni) catalyst islands. Hydrocarbon feedstock (acetylene) is then passed over the substratum heated to several hundred °C. The acetylene decomposes at the surface of the catalyst and the carbon nanotubes grow up from the catalyst particle, or grow up beneath it (pushing it up). Illustration courtesy of Dr Ken Teo, AIXTRON.

Расм 13. PECVD ёрдамида олинган наноайчаларнинг ўрмони<sup>2</sup>

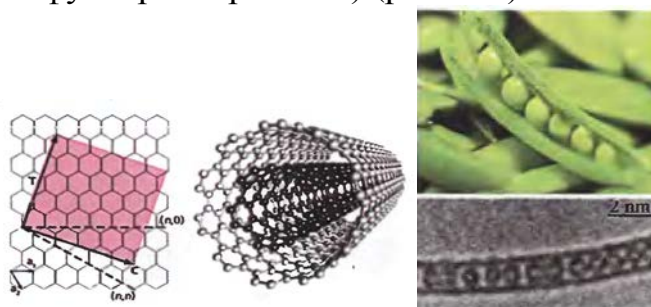
<sup>1</sup> Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 192

<sup>2</sup> Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 194

Кремний карбиди юзасида графен олиш усули. Бунда графен кремний карбиди юзасида пирлик парчаланиш йўли билан ҳосил бўлади. Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, бу ҳолда ажралиб чиққан графит қатлами бир атомли қатламга нисбатан калинроқ бўлади. Бўлиниши чегарасида компенсацияланган заряд ҳосил бўлади. Электронлар чиқиши орасида фарк сабали ўтказувчанликда графитнинг бир атомарли қатламигина иштирок этади. Яъни бу қатлам графендир.

#### 4.5. Углевородли наноматериалларнинг ишлатилиши

1. Оптик муҳитни модификациялаш учун фуллеренлар ишлатилади;
2. Мутлақо янги композицион материаллар тайерлаш учун (наноайчалар аралашмалари ва фуллеренлар билан) (расм 13).

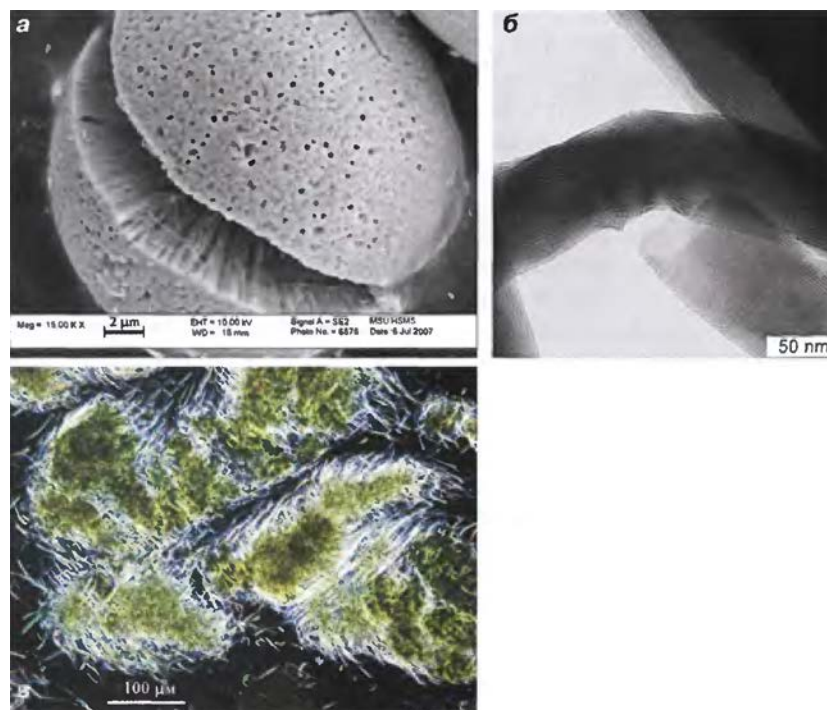


Расм 14. Наноайчаларни микротасвирлари<sup>1</sup>

3. Ўта қаттиқ қопламалар учун. Асбоб-ускуналар сиртлари, ишқаланувчи деталлар ва бошқалар. Қаттиқлигига кўра олмосга тенг келади;
4. Мойловчи таркиблар ва присадкалар учун;
5. Келгусида кимёвий энергия манбаи сифатида фойдаланадиган водород ёқилғиси контейнерлари учун (расм 14);

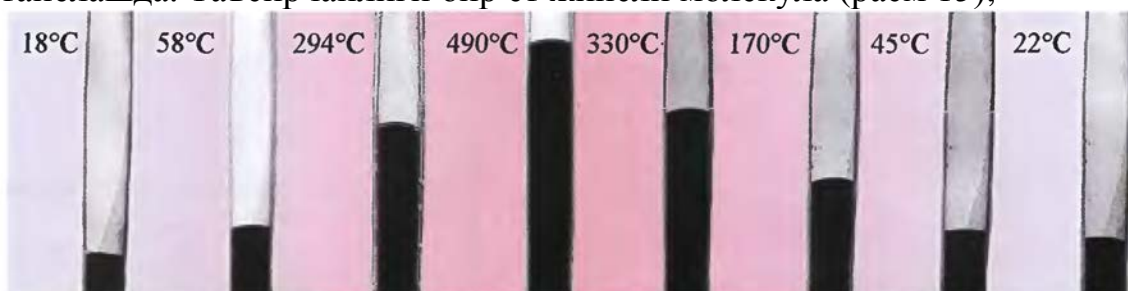
<sup>1</sup>Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 194





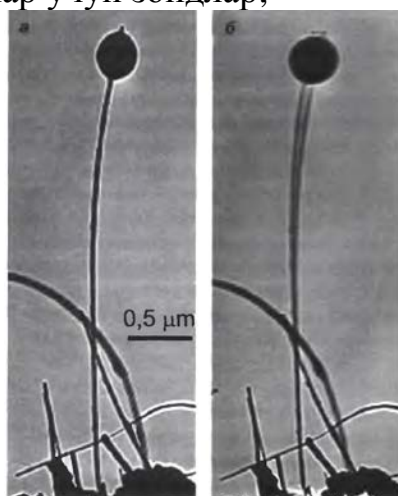
Расм 15.Ноорганик наноайчалар<sup>1</sup>

6) Физикавий ва кимёвий таъсир турларини қайд этувчи наносенсорлар тайёлашда. Таъсирчанлиги бир ёт жинсли молекула (расм 15);



Расм 16. Нанотермометр (галлий углеродли наноайчаларда)<sup>2</sup>

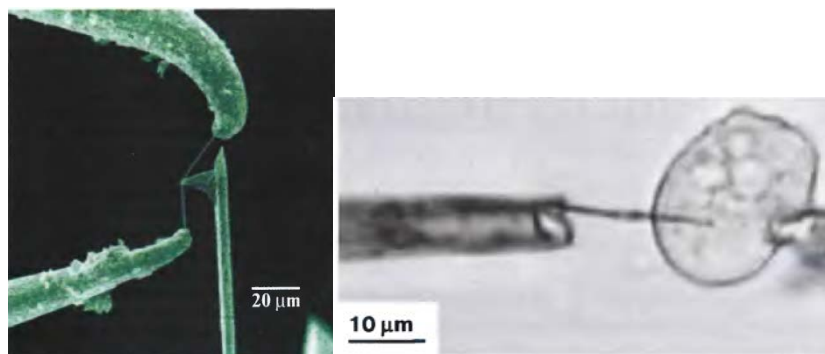
7) Сканерлаш микроскоплар учун зондлар;



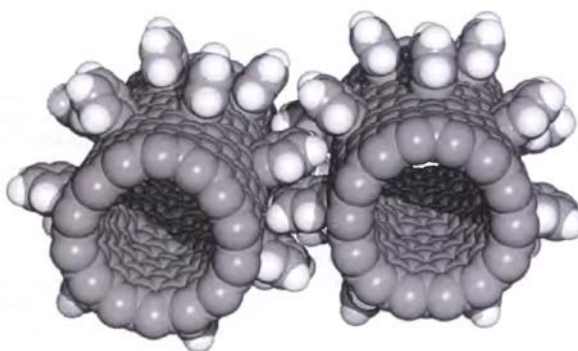
<sup>1</sup> Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 192

<sup>2</sup> Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 194

8) Сканерлаш микроскопияси учун зондлар тайёрлашда;



9) Атом манипулятор тайёрлашда (расм 16);

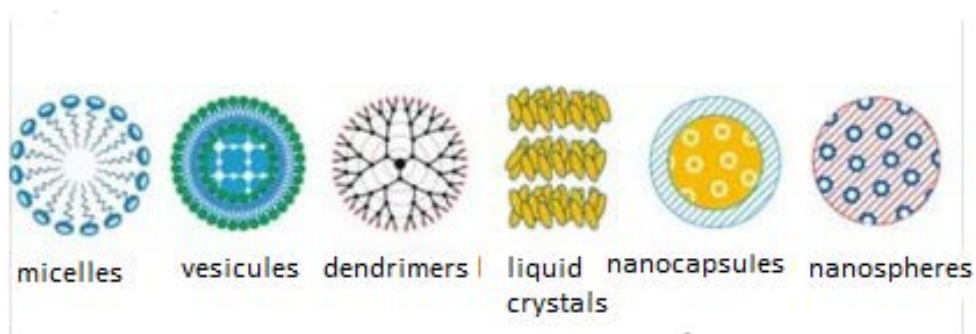


Расм 17. Углеродли наноайчаларнинг наношестеренкалар

10) Наномеханик ахборот тўплагичлар тайёрлашда. Наноўтказгичлар, нанорезисторлар, нанотранзисторлар, нанооптик элементлар тайёрлашда;

11) Электр магнит нурлардан ва юқори температурадан химоя экранларини тайёрлашда “Стелле” технологияси;

12) Дори воситалари учун наноконтейнерлар тайёрлаш мумкин (расм 17).



Расм 18. Дори-дармонларни қадоқлаш учун наноконтейнерлар

13) Тасвирнинг аниқлиги ва ёрқинлиги юқори бўлган, йирик ясси дисплейлар тайёрлашдир (расм 18).



Расм 19. Дисплейлар учун нанонайчалар

### Назорат саволлари

1. Эпитаксия жараёни кандай содир бўлади?
2. CVD ва PVD асосий принципини тушунтиринг.
3. Лазер абляциясининг асосий принципини тушунтиринг
4. Юпка пленкалари нима учун керак?
5. Углерод наноматериал ва графен тузилишининг тушунтиринг?
6. Наноконтейнерлар ва нанодисплей нима учун керак?

### Фодаланилган адабитлар

1. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 183.
2. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 194.
3. Said Salaheldeen Elnashaie, Firoozeh Danafar, Hassan Hashemipour Rafsanjani Nanotechnology for Chemical Engineers, Springer, 2015, 100.
4. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 110.
5. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 110.
6. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 111.
7. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 103-123.
8. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 195.
9. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 190.
10. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 192.
11. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 194.

## 5. Наноматериаллар ва унинг физик-кимёвий таҳлил усуллари

### Режа:

- 5.1. Сканерловчи тунелли микроскоп (СТМ) ишлаш принциплари.
- 5.2. Атом-кучланишли Микроскоп (сканерловчи кучланишли микроскоп) АСМ.
- 5.3. Нанотехнологик зондли машиналар.

**Таянч иборалар:** Микроскопия, СТМ, АТМ, кантиливер

### 5.1. Сканерловчи тунелли микроскоп (СТМ) ишлаш принциплари

Иккита атомни маълум бир масофага яқинлаштирсак, унда бу атомлар орасида электронлар алмашинуви рўй бериши мумкин. Бунда бу атомларни электронлари қўшимча энергияга эга бўлмайдилар. Бундан келиб чиқадики, икки жинслини олиб, маълум бир масофага яқинлаштирсак, у ҳолда бу иккита жисмлар орасида тунелли электр токи оқиб ўтади. Электронларнинг потенциал тўсиқдан энергияга эга бўлмасдан ўтиши тунелланиш дейилади. Бу амалга ошириши учун икки шарт бажарилиши лозим:

1. Жисмларнинг бирида эркин электронлар иккинчисида эса тўлдирилмаган электрон бўшлиқлари бўлиши керакки, ўша бўш жойга эркин электронлар ўта олсин;

2. Мазкур жисмлар орасига потенциаллар ўртасидаги фарқни қўйилиши талаб қилинади. Бунда унинг катталиги фазовий тирқишни беркитганга нисбатан камроқ бўлади;

СТМ да бундай жисмлардан бири зонд.

---

Зондлар яқинлашганда объектнинг юзасида, тахминан 0.5 нм масофада (бир-бирига энг яқин турган атомларнинг тўлқинсимон функциялари бир-бирини ёпа бошлаганда) ва  $\sim 0.1/1$  потенциаллар фарқи берилганда зонд ва объект орасида тунел токи оқиб ўта бошлайди.

Ушбу тунел токи нурининг диаметри  $\sim 0.4$  нм га тенг бўлиб объектнинг яссилиги бўйлаб микроскопнинг юқори тасвир узатиш қобилиятини таъминлайди. Тунел токи 3 нА ни ташкил этади. Шунга айтиб ўтиш керакки, агарда масофаси 0.1 нм га ўзгартирилмаса тунел токи 10 мартаба ўзгаради. Айнан у микроскопнинг объект сиртидаги юқори кўрсатиш қобилиятини таъминлайди. Амалда ўлчовни амалга ошириш жараёнида объектнинг тепа қисмида харакатланаётган зонд доимий баландлигини сақлаб қолади.

---

Зонднинг  $XVZ$  тизимидаги координаталарини ва ҳолатини қайд этиш юзасининг профилини кузатиш ва шундан сўнг монитор экранида керакли тасвирни кўрсатиш имконини беради.

Жараён пайтида зонд ва ўрганилаётган юза орасидаги масофа 0.3 - 1 нм ни ташкил этиши туфайли, шуни аниқ айтиш мумкинку, ўлчов жараёни вакуумда ўзгаради. Ҳавода - 20 нм.

Атроф муҳит жараёнга юзада адсорбланган молекулалар ҳисобига таъсир курсатади.

Сканерловчи туннели микроскопнинг техник имкониятлари.

Асосий техникавий характеристикаси куйидагилар:

1. Ўрганилаётган объект юзасининг нормаси бўйича тасвирлаш;
2. Объектнинг юзаси текислиги бўйича, яъни хv текислигини тасвирлаш.

СТМ нинг объект юзасининг нормали бўйича тасвирлаш юкорилиги 0,01 нм.

Объект ва зонд орасидаги масофага туннел токи катта экспоненциал боғликлиги кузатилади. Хv текисликда юкори аниқликда тасвирлаш туннел токи электронлари нурлари диаметри сабабли таъминланади. У эса ўз навбатида зонд нинасининг чархланишига боғлиқ. Зонд 0,02 нм қадам билан кўп марта ўтказилганда хv текисликда тасвирни кўрсатиши 0,03 нм га тенг бўлади.

СТМ нинг амалдаги кўрсатиш қобилияти кўплаб омилларга боғлиқ, уларнинг энг асосийлари ташқи вибрациялар, акустик шовқинлар, зонднинг сифати.

Микроскопнинг кўрсатиш қобилиятидан ташқари унинг муҳим жиҳати фойдали ошишдир  $N = ar/dm$ .

Бу ерда  $ar = 200$  мкм (кўзнинг кўрсатиш қобилияти)  $dm =$  микроскопнинг максимал кўрсатиши даражаси  $dm = 0.03$  нм

СТМ учун т.о  $N = 7 \cdot 10^3$  марта такрорлаш учун энг зўр оптик микроскоплар учун пробел  $N = 7 \cdot 10^3$  марта.

СТМ нинг бошка муҳим характеристикалари:

- Сканерлаш майдонинг максимал ўлчами  $1 \times 1$  мкм.  $S = 1$  мкм<sup>2</sup>
- OZ юзасида (ўлчаб жараёнида) зонднинг максимал харакатланиши деярли 1 мкм дан ошмайди.

Замонавий микроскоплар одатда бир неча юзлаб мкм<sup>2</sup> майдонни сканерлаши мумкин, лекин бу холда унинг аниқлиги камаяди. Юзани ўлчаш ва унинг визуал моделини яратишдан ташқари СТМ материалининг электр - ўтказувчанлигининг тури (п/п учун) ҳақида билиш, валент зона ВЗ нинг параметрларини белгилаш имконини беради, аралашмаларнинг энергетик характеристикаси (яъни аралашмалар сатҳини аниқлаш) аниқлайди. Шунингдек, объект юзасидаги атомлар ўртасидаги боғланишнинг кимёвий турини аниқлайди. Объект юзасидаги қатламнинг кимёвий таркибини аниқлайди – т.н. стм спектроскопия.

## **5.2. Атом - кучланишли микроскоп (сканерловчи кучланишли микроскоп) АСМ**

Унинг СТМ дан фарқи шундаки зондлари (кантиливерлар) ўрганилаётган юза билан электр йўли билан эмас, балки кучланиш йўли билан ўзаро таъсирга киришади.

Икки атомларнинг кучи масофага боғлиқ. Итарилиш кучи остида ортади. Икки атомни бир фазада жойлаштиришнинг иложи йўқ.

Кантиливер игнаси объект юзасига тегади ва атомлар ўртасидаги ўзаро таъсир масофасига етгач, орқага итарилиб қайтади.

Кантиливер зондининг тебраниши турли усулларда электр

сигналларига айланади (энг оддий усул – оптик усул).

Бу сигнал ўзида кантиливер ўлчовнинг маълум бир кадамига тушган баландлик ҳақидаги информацияни саклайди. X V юза бўйича ҳаракатланиш ҳақидаги маълумот ушбу юза бўйлаб механизмларнинг ҳаракатланиши орқали кайд этилади.

Ўзгаришнинг оптик усулларида ташқари сиғимли ва туннелли сенсорлардан ҳам фойдаланиш мумкин. Шу боис АСМ нафакат ўтказувчи объектларни, балки диэлектрик объектларни ҳам тадқиқот қилиши мумкин.

Объектга бўлган талаб – у силлик бўлиши керак (баланд – паст бўлмаслиги керак) ва қаттиқ бўлиши керак (газсимон ва суюқ объектларни ўрганишдан маъно йўқ).

АСМ нинг кўрсатиб бериш қобилияти зонднинг чархланганлиги сифатига боғлиқ.

Мазкур турдаги микроскопнинг асосий техник мураккабликлари:

1) Бир атом ўлчовига тенг қилиниб чархланган зонд тайёрлашнинг мураккаблиги.

2) 0.1 Å дан яхшироқ бўлган даражада иссиқлик ва вибрация барқарорлигини таъминлашнинг қийинчилиги.

3) Детектор яратиш. Ўта кичик ҳаракатларни ҳам сеза оладиган.

4) Å ҳиссадаги қадамли развёртка тизимини яратиш.

5) Зонднинг объект юзасига аста секинлик билан яқинлашишини таъминлаш.

ТЕМ га солиштирганда АСМ бир қатор афзалликларга ҳам эга:

1) АСМ объект юзасининг уч ўлчамдаги тасвирини олиш имконини беради, ТЕМ да эса 2D тасвир олиш мумкин ҳолос;

2) АСМ ёрдамида текширув олиб борилганда металл қатлам сурилиши шарт эмас;

3) ТЕМ нормал ҳолатда ишлаши учун вакуум зарур. АСМ учун эса шартмас;

4) АСМ РЭМ га нисбатан яхшироқ тасвир узата олиш қобилиятига эга.

АСМ нинг камчиликлари:

1) ТЕМ га нисбатан сканерлаш майдонининг кичиклиги;

2) Сканерлаш юзасидаги вертикал ўлчам баланд-пастликларига нисбатан талабнинг кучлилиги. ТЕМ да эгов кўриниб туради. АСМ да йўқ.

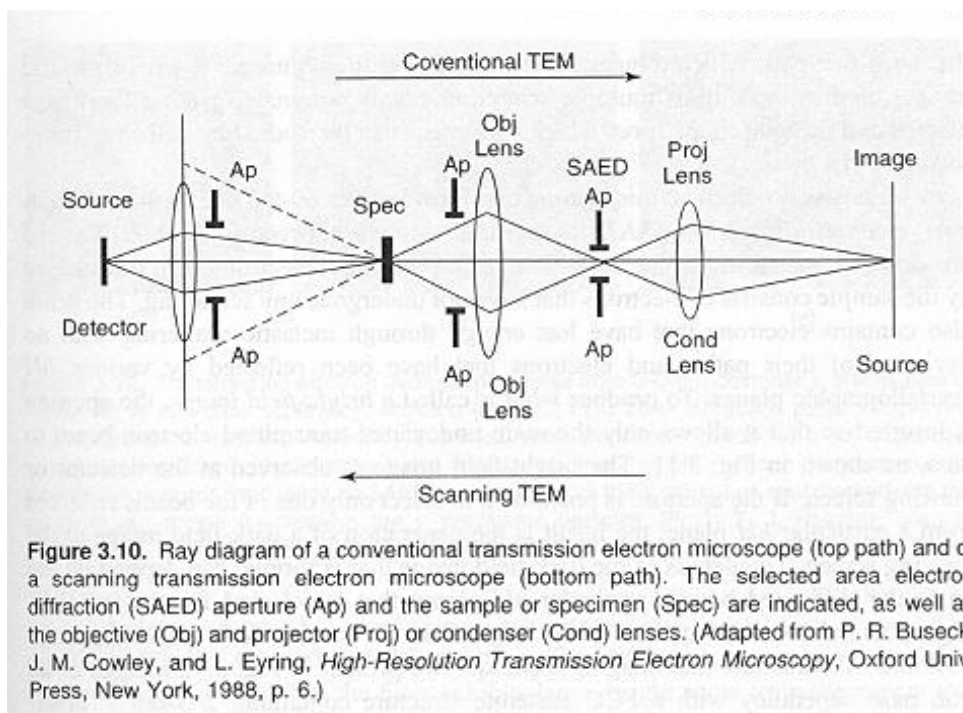
3) Зонднинг геометриясига бўлган талабнинг қаттиқлиги. Унга осон зарар етказиб қўйиш мумкин.

4) Тасвирдаги носозликларни деярли йўқотиб бўлмайди. Бу эса ўрганилаётган объект юзасидаги атомларнинг иссиқлик ҳаракатига боғлиқ. Бу ҳатоликларни сканерлаш тезлиги малекулаларнинг иссиқлик тезлигидан ортсагина йўқотиш мумкин. Яъни ҳар дақиқа тасвир ўзгариб туради.

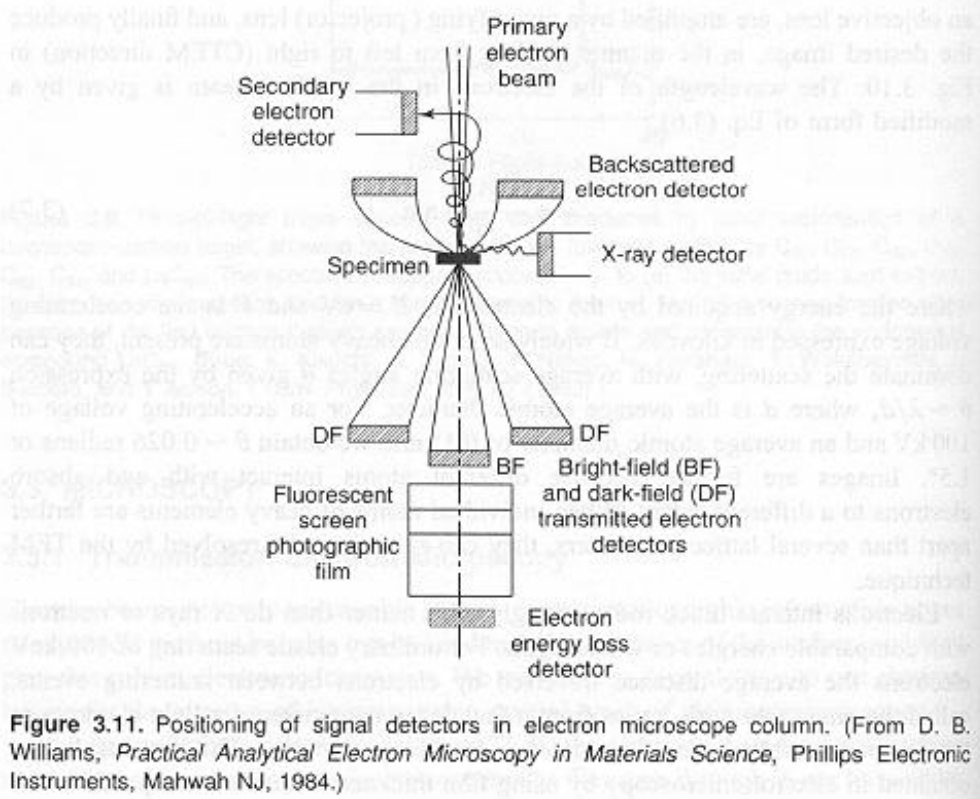
Бу муаммоларнинг барчаси ўлчов натижаларини дастурий ишлов бериш ҳисобига компенсацияланиши мумкин. Бироқ шуни унутмаслик лозимки, биз компьютер экранда кўриб турганимиз - реал юза эмас, балки моделдир.

Моделнинг ишончилиги даражаси – гумон.

Айни пайтда сканерловчи зондли механизмлар (СТМ ва АСМ) фаннинг барча соҳаларида кенг миқёсда қўлланиб келинмоқда (физика, кимё, биология, материалшуносликда).



Расм 1. Сингиб ўтиш электрон микроскопнинг (ТЕМ) ишлаш принципи



Расм 2. Сканерловчи электрон микроскопнинг (SEM) ишлаш принципи <sup>1</sup>.

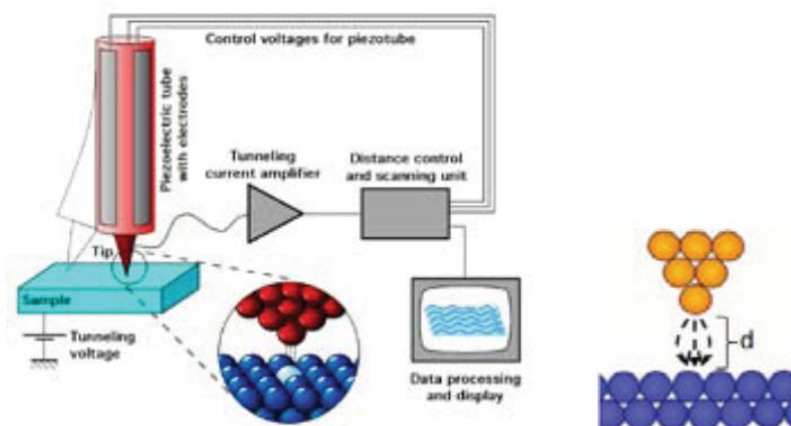
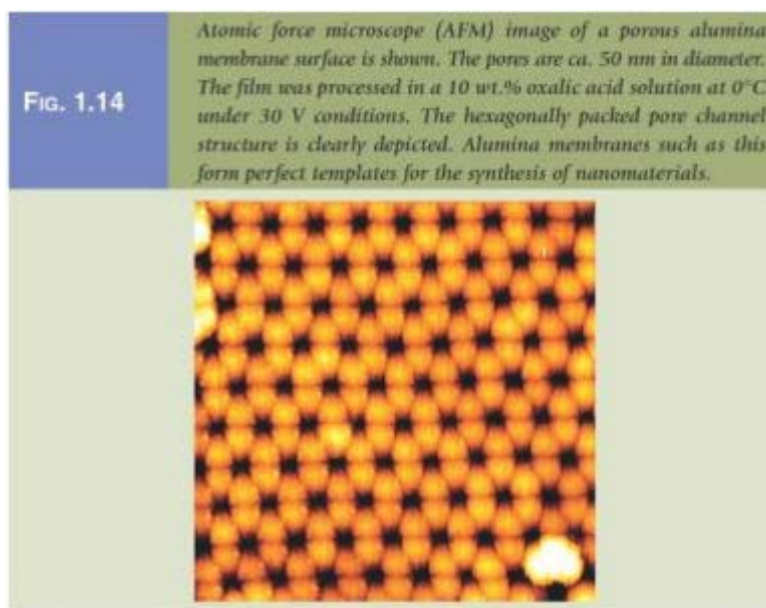


Figure 4: Schematic representation of STM scanning over a surface: (left) overview of an STM; (right) close-up of the tunnelling effect between the tip of the probe and the surface atoms. The intensity of the tunnel current depends on the distance  $d$ .

Image: Michael Schmid, TU Wien, Creative Commons Attribution ShareAlike 2.0

Расм 3. Сканерловчи зондли микроскопнинг ишлаш принципи <sup>23</sup>.



Source: Image courtesy of the National Renewable Energy Laboratory in Golden, Colorado. With permission.

### 5.3. Нанотехнологик зондли машиналар

Дастлаб, СТМ зонди ёрдамида алохида атомларнинг харакатланишини кузатиш имкони пайдо бўлганида, олимлар бир мунча эйфорияга тушиб қолишди. Улар хатто нано дунё эмас, балки макро дунёда ҳам турли объектлар йиғиш мумкинлиги ҳақида орзу қила бошлашди. Шунга қарамай,

<sup>1</sup> L.Horniyak, J.J. Moore, H.F.Tibbals, J. Dutta. Fundamentals of Nanotechnology.-CRC Press, Taylor and Fransis, 2009, 23.

<sup>3</sup> G.L.Horniyak, J.J. Moore, H.F.Tibbals, J. Dutta. Fundamentals of Nanotechnology.-CRC Press, Taylor and Fransis, 2009, 23.



СТМ микроскопия ютуқлари орқали нанотехнологик зондли машиналар яратила бошланди. Агарда объект билан зонд ўртасига ўлчанаётган объект юзаси параметрларига нисбатан каттароқ потенциал фарқни қўйсак, бу энергия ҳисобига исталган атом юзасини қўзғатиш мумкин (юзадан ажратиш). Бу қўзғатилган атом, одамда зондга ёпишиб қолади ва зонд билан бирга янги жойга ўтказилиши мумкин. Зондга узатилаётган энергия камайиши билан (потенциаллар фарқи камайиши билан) ўз жойига қайтади. Бироқ ўша пайтларда абсолют нол ёки абсолют нолга яқин бўлган шароитда объект юзасига ёт атомларни ўтказиш (мажбурий) муаммоси ечилмаган эди.

Ўтказилган тадқиқотлар туфайли биз ҳозирда турли материаллар атомларининг қўзғалиши энергияси ҳақида биламиз ва атомлар газни СТМ зонди ишлаш зондига узатиш масаласи ҳам ҳал этилган.

Мазмунан, айнан атомар газни ишчи зондга узатиш қурилмасининг мавжудлиги зондли нанотехнологик машинасини СТМ дан фарқлайди.

Ҳозирда кўп зондли машиналарни бошқариш принциплари ҳам ишлаб чиқилганки, бу нарса уларнинг ишлаш самарадорлигини ошириш имконини беради. Бундан келиб чиқадики, зондли атомли тасвир йиғиш янада кенгрок фойдаланиш мумкин ва натижада „тепага-пастга” ”йўналишида йиғишни рентабеллаштириш мумкин.

Нанотехнологиялар қайси йўналишда ривожланаёпти:

1) “Пастдан тепага” йўналиш, яъни атомли йиғиш амалга оширилмоқда;

2) Макроскопик ва физик-кимёвий усуллар билан янги наноматериаллар яратиш.

### **Нанотехнология ютуқлари:**

- 1) Контакт линзалари, наноэлектрон асбоблар каби буюмлар ишлаб чиқаришда юзани нанометрли назорат қилишга талаб юқори;
- 2) Айни пайтда зондли микроскопия аниқлиги бўйича тенги йўқ ҳисобланади. Унинг ёрдамида алоҳида атомларни топа олиш, уларни жойдан-жойга кўчириш ва янги гуруҳ атомлари яратиш мумкин. Бироқ, бундай конструкциялар оммавий фойдаланиш учун тўғри келмайди.

Нанотехнология нуқтаи назаридан қараганда энг истиқболли материал бу С углероддир. У ажойиб кимёвий хоссаларга эга:

- 1) Атомларнинг сони чексиз бўлган малекулалар яратиш имкониятини беради;
- 2) Кристалл панжараси изоморфлиги билан ажралиб туради, яъни кристалл панжаралари турлича бўлиши мумкин.

Ҳозирда нанотехнология соҳасига жуда катта миқдорда маблағ ажратилмоқда.

“Нанотехнология” термини “микро электроника” термини билан луғавий боғлиқдир. У замонавий ярим ўтказгичли электроникани микрон ва субмикрон ўлчамлардан нанометрли ўлчамли соҳаларга ўтишни акс эттиради. Технология ривожланишининг бу жараёни Мурнинг эмпирик

конунини ўзида акс эттиради. Унга кўра кристаллдаги транзисторлар миқдори ҳар икки-уч йилда икки баробарга ортади.

### **Назорат саволлари**

1. Атом-кучланишлимикроскопия (AFM) ёки сканерловчи зондмикроскопияси (СЗМ) асосий принципини тушунтиринг.
2. Атом манипуляциясининг асосий принципини тушунтиринг.
3. Наноиндентификациялашнинг асосий принципининг тушунтиринг.
4. Электронмикроскоп инг асосий хоссаларнинг тушунтиринг.
5. Микроантитевер нима учун керак?
6. Сканирловчи яқинхудудли оптик микроскопиянинг асосий принципининг тушунтиринг?

### **Фойдаланилган адабиётлар**

1. G.L.Hornyak, J.J. Moore, H.F.Tibbals, J. Dutta. Fundamentals of Nanotechnology.-CRC Press, Taylor and Fransis, 2009, 23.

#### IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ

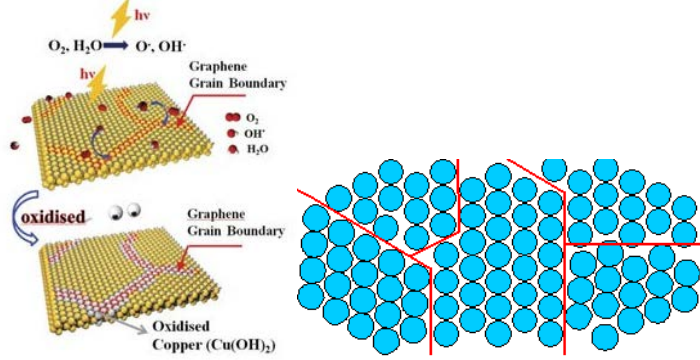
Амалий машғулотда мисол ва масалалар ечади. Амалий машғулотларда ечиладиган мисол ва масалалар қуйидаги принципларга асосан танланади: типик мисол ва масалаларни ечишга малака ҳосил қилдирувчи, фаннинг моҳиятини англаувчи ва мавзулар орасидаги боғлиқликни ифодаловчи маълум микдордаги мисол ва масалалар танланади. Маъруза машғулотларида олган билим ва кўникмаларни мисол ва масалалар ечиш билан мустаҳкамлайдилар ҳамда янада бойтадилар. Бунга жамоа бўлиб машқ қилиш йўли билан ва мустақил ишлаш йўли билан эришилади. Мустақил ишлашда дарсликларни, тарқатма ва кўргазмали ашёларни аҳамияти каттадир.

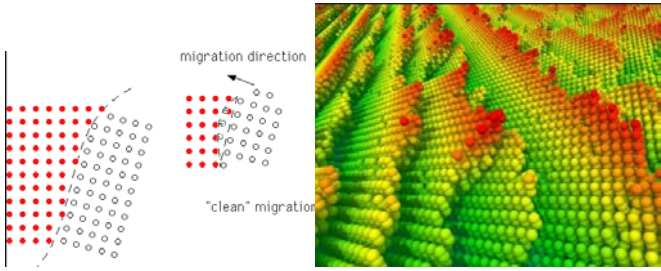
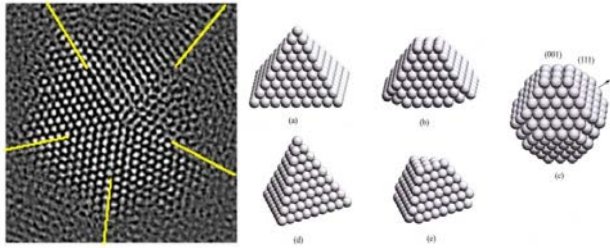
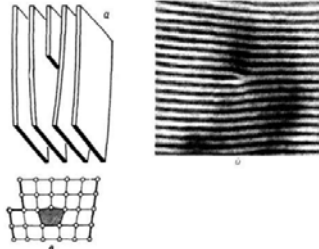
##### 1-амалий машғулот: Кристалл наносистемалар ва уларни аҳамияти. Нанотехнология ва электроника.

###### Ишдан мақсад:

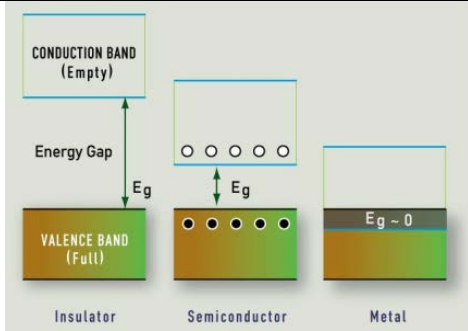
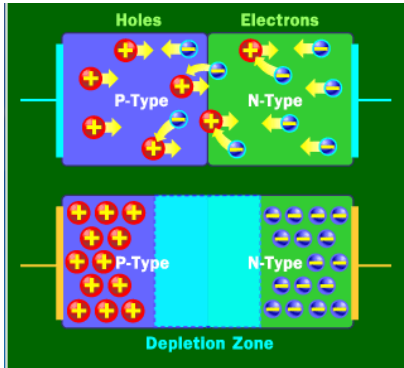
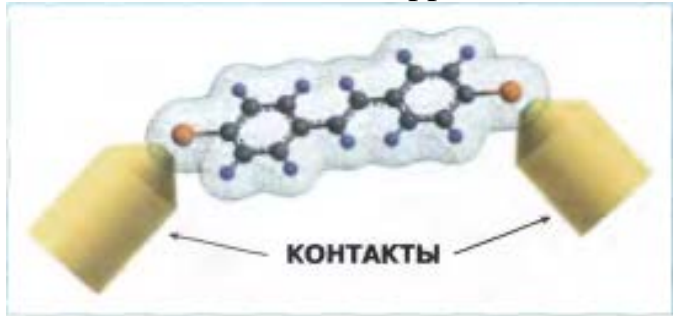
Заррачаларнинг чегараси. Заррачалар чегарасининг миграцияси. Мултиплет иккиламчи заррачалар. Дислокация. Жойлашиш дефектлари. Уч каррали тугун. Холл-Петч қонуни. Тақиқланган чегаранинг кенглиги. Холилаштирилган худуд.

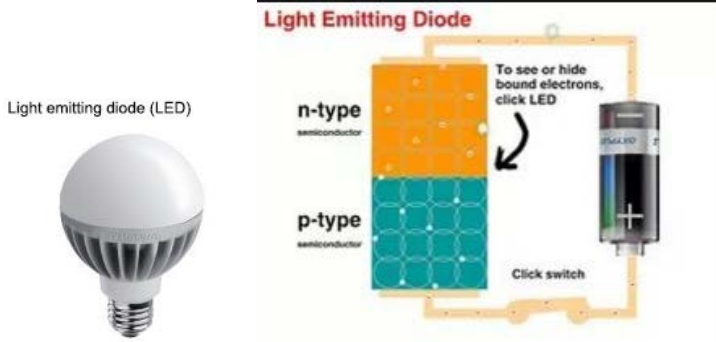
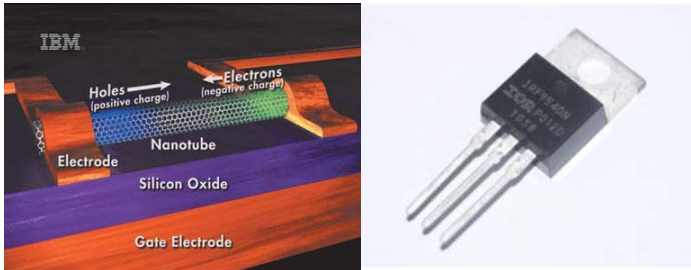
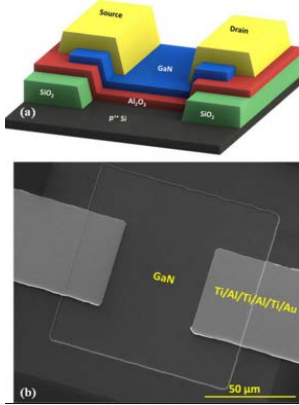
Молекуляр электроника. Ёруғлик диоди (LED). Майдон эффектли транзистор (FET). Юпқа пленкали транзисторлар (TFT). Бир электронли транзистор (SET). Заряд боғланишли қурилма (CCD). Комплементар металоксидли ярим ўтказгич (CMOS). Гигантмагнит қаршилиги (GMR). Оптоэлектроника. Фотолюминесценция. Фотон кристаллар. Фотоника. Юзаплазмон. Пьезорезистив эффект. Спинтроника (спин асосидаги электроника). Кубит. Квант компьютерлар.


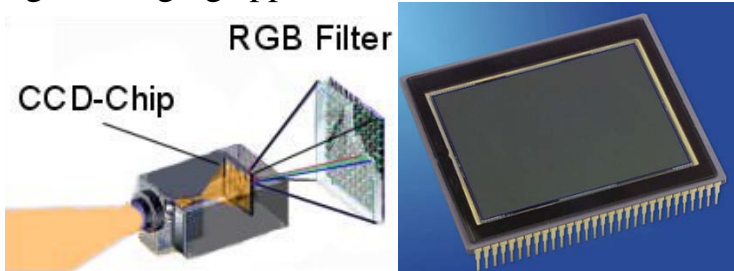
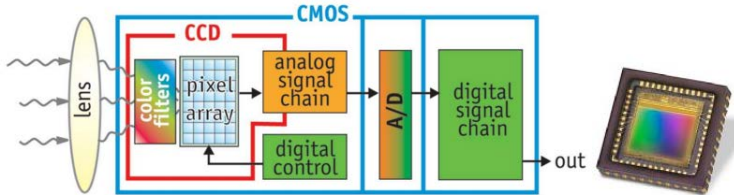
№	Ишни бажариш учун намуна	Масаланинг кўйилиши
1.	<p><b>Grain boundary:</b> a 2D defect, the interface bordering two well-defined crystals</p>  <p><b>Заррачаларнинг чегараси:</b> 2D-дефект, аниқ аниқланган иккита чегараланувчи кристалларнинг интерфейси</p>	<p><b>Заррачалар чегарасининг асосий принципини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</b></p>
2.	<p><b>Grain boundary migration:</b> coordinated movement of</p>	<p><b>Заррачалар</b></p>

	<p>grain boundaries activated either thermally or by mechanical stress</p>  <p><b>Заррачалар чегарасининг миграцияси:</b> термик ёки механик кучланиш йўли ёрдамида фаоллаштирилган заррачалар чегараларининг келишилган харакати</p>	<p><b>чегарасининг миграциясини асосий принципини тушунтиринг?</b></p>
<p>3.</p>	<p><b>Multiply twinned particles (MTP):</b> observed frequently with a pseudo five-fold symmetry in nanocrystalline particles and thin films (deposited on crystalline substrates) of cubic face-centred metals, diamond-type semiconductors (C, Si, Ge) and alloys</p>  <p><b>Мултиплет иккиламчи заррачалар (MTP):</b> олмос (C, Si, Ge) ва қотишмалар типидаги яримўтказгичлардан, кубсимон ёқларимарказлаштирилган металлардан олинган юпка пленкалар (кристалл тагликларда чўктирилган) ва нанокристалл заррачалардаги бешинчи тартибли псевдосимметриянинг кузатилиши</p>	<p><b>Мултиплет иккиламчи заррачаларнинг асосий хоссаларни тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</b></p>
<p>4.</p>	<p><b>Dislocation:</b> a crystallographic line defect involving irregularity in the periodic arrangement of atoms (missing row of atoms in a plane) in a crystal</p>  <p><b>Дислокация:</b> ўз ичига атомларнинг даврий жойлашувининг нотекислигини олувчи кристалдаги (текисликдаги бир қатор атомларнинг йўқлиги) кристаллографик чизиқли дефект</p>	<p><b>Дислокациянинг асосий хоссаларни тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</b></p>
<p>5.</p>	<p><b>Stacking faults:</b> crystallographic defects arising due to wrong stacking sequence of planar arrangement of atoms</p>	<p><b>Жойлашиш дефектларининг асосий</b></p>

	<p><b>Жойлашиш дефектлари:</b> атомларнинг нотўғри кетма-кет планар жойлашуви натижасида ҳосил бўлувчи кристаллографик дефектлар</p>	<p><b>принципини тушунтиринг?</b>  <b>Расмдан фойдаланинг!</b></p>
<p>6.</p>	<p><b>Triple junction:</b> a node at the intersection of three crystals or grains</p> <p><b>Учкаррали тугун:</b> учта кристалларнинг ёки зарраларнинг тўқнашувидаги тугун</p>	<p><b>Учкаррали тугунинг асосий хоссаларни тушунтиринг?</b>  <b>Расмдан фойдаланинг!</b></p>
<p>7.</p>	<p><b>Hall–Petch relation:</b> the effect describing the inverse effect of grain size on the hardness of a crystalline solid that arises mainly due to grain boundary strengthening</p> <p><u>Hall-Petch Strengthening Limit</u></p> <p><b>Холл-Петч қонуни:</b> асосан чегарадаги заррачанинг мустахкамлашуви ҳисобига ҳосил бўлувчи кристалсимон модданинг каттиқлигига заррачаларнинг ўлчамини тескари таъсирини тавсифловчи эффекти</p>	<p><b>Холл-Петч қонунини тушунтиринг?</b>  <b>Расмдан фойдаланинг!</b></p>
<p>8.</p>	<p><b>Band gap:</b> energy gap between the valence band and conduction band in a solid in which all electronic energy states are forbidden</p>	<p><b>Таъқиқланган чегаранинг асосий хоссаларини</b></p>

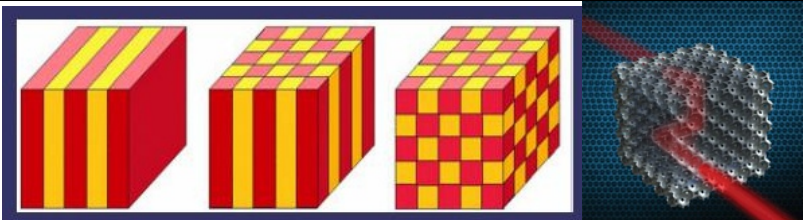
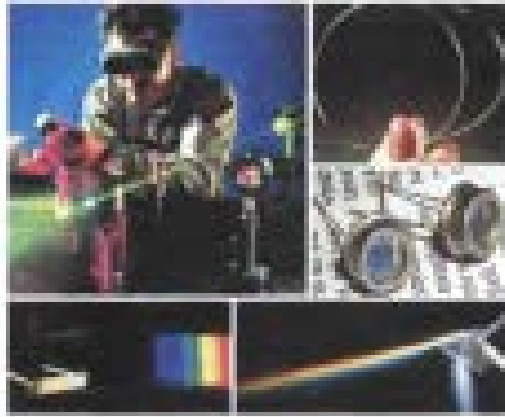
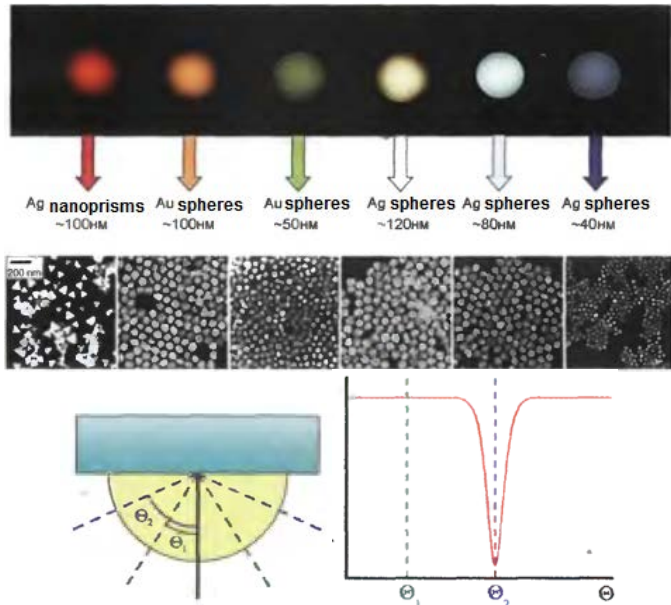
	 <p><b>Таъқиқланган чегаранинг кенглиги:</b> барча электрон энергетик ҳолатлар таъқиқланган қаттиқ жисмдаги валент чегара ва ўтказувчанлик чегараси орасидаги энергетик туйнук</p>	<p>тушунтиринг?  <b>Расмдан фойдаланинг!</b></p>
<p>9.</p>	<p><b>Depletion zone:</b> a region at the junction of semiconducting materials that is devoid of free charge carriers</p>  <p><b>Холилаштирилган ҳудуд:</b> зарядларни эркин ташувчиларидан холи бўлган яримўтказгич материалларнинг бирлашиш жойи</p>	<p><b>Холилаштирилган ҳудуд қандай таркибий қисмлардан ташкил топган?</b>  <b>Расмдан фойдаланинг!</b></p>
<p>10</p>	<p><b>Molecular electronics:</b> the study and application of molecules for electronic device applications</p>  <p><b>Молекуляр электроника:</b> электрон қурилмаларда қўлланилиши учун молекулаларнинг тадқиқи ва қўлланилиши</p>	<p><b>Молекуляр электрониканинг асосий принципини тушунтиринг?</b>  <b>Расмдан фойдаланинг!</b></p>
<p>11</p>	<p><b>Light-emitting diode (LED):</b> a semiconductor light source working on the principle of electroluminescence, where the wavelength of light emitted depends on the</p>	<p><b>Светодиоднинг асосий принципини</b></p>

	<p>band gap of semiconductors</p>  <p><b>Светодиод (LED):</b> электролюминесценция принципа асосан ишловчи яримўтказгичли нур манбаи, нурланувчи ёруғликнинг тўлқин узунлиги яримўтказгичларнинг таъқиқланган худуди кенглигига боғлиқ.</p>	<p>тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p>
12	<p><b>Field effect transistor (FET):</b> a transistor whose conductivity can be controlled by electrical field</p>  <p><b>Майдон эффектлитранзистор (FET):</b> электр майдони ёрдамида ўтказувчанлигини бошқариш мумкин бўлган транзистор</p>	<p>Майдон эффектли транзистор (FET) нима учун керак? Расмдан фойдаланинг!</p>
13	<p><b>Thin film transistors (TFT):</b> an FET made of thin film layers of semiconducting and dielectric materials; used in LCD and digital radiography applications</p>  <p><b>Юпқа пленкали транзисторлар (TFT):</b> яримўтказгичли ва диэлектрик материалли юпқа пленка қаватли транзисторлар; радиографиянинг LCD ва рақамли иловаларида қўлланилади</p>	<p>Юпқа пленкали транзисторлар қандай таркибий қисмлардан ташқил топган? Расмдан фойдаланинг!</p>
14	<p><b>Single electron transistor (SET):</b> devices that are capable of detecting very small variations in the charge of the gate; charge differences of even one electron can</p>	<p>Бир электронли транзисторнинг асосий</p>

	<p>cause the on-and-off switching function of SET</p>  <p><b>Бир электронли транзистор (SET):</b> чикувчи заряднинг жуда кичик ўзгаришларини аниқлаш қобилиятига эга мосламалар; биргина электрон учун ҳам зарядлар фарқи “ёқиб-ўчириш” функциясини чақириши мумкин</p>	<p><b>хоссаларни тушунтиринг?</b></p>
15	<p><b>Charge-coupled device (CCD):</b> a device that can gather position-sensitive charge information and convert to digital data for manipulation, which is used extensively for digital imaging applications</p>  <p><b>Заряд боғланишли қурилма (CCD):</b> зарядланган позицион-сезгир ахборотни йиға оладиган ва рақамли тасвирларни ишлатиш учун кенг қўлланиладиган манипуляциялар учун рақамли маълумотларга ўтказа оладиган қурилма</p>	<p><b>Заряд боғланишли қурилма нима учун керак? Расмдан фойдаланинг!</b></p>
16	<p><b>Complementary metal-oxide semiconductor (CMOS):</b> an emerging technology for the fabrication of ICs and VLSI, the main advantage being low power consumption and high noise, enabling larger density of devices within unit area</p>  <p><b>Комплементарметалоксидли яримўтказгич (CMOS):</b> интеграл схемалар (ICs) ва ўта катта интеграл схемаларни (VLSI) яшаш учун янги технология, асосий афзалликлари кам энергия сарф қилиши ва юқори шовқин даражасида бўлиб бу ўз навбатида юза бирлиги доирасида қурилмаларнинг юқори зичлигини таъминлайди</p>	<p><b>Комплементар металоксидли яримўтказгичлар нима учун керак? Расмдан фойдаланинг!</b></p>
17	<p><b>Giant magnetoresistance (GMR):</b> quantum mechanical effect observed in thin film structures: the electrical resistance decreases significantly when the</p>	<p><b>Гигантмагнит қаршилигининг асосий</b></p>



	<p>ferromagnetic layer is exposed to a magnetic field</p>  <p><b>Гигантмагнит қаршилиги (GMR):</b> юпка пленкали структураларда кузатиладиган квант-механик эффект: ферромагнит қаватнинг магнит майдони таъсирига учраганда электр қаршилиги сезиларли даражада камаяди</p>	<p><b>хоссаларини тушунтиринг?</b>  <b>Расмдан фойдаланинг!</b></p>
18	<p><b>Opto-electronics:</b> an application of electromagnetic photons for electronic device applications; they can be either electrical-to-optical or optical-to-electrical transducers</p>  <p><b>Оптоэлектроника:</b> электрон қурилмалардани электромагнит фотонларнинг қўлланилиши; “электр сигналин оптик сигналга” ёки “оптик сигнални электр сигналга” ўтказувчи ўзгартгичлар бўлиши мумкин CdSe нанокolloид</p>	<p><b>Оптоэлектроника нинг асосий хоссаларини тушунтиринг?</b></p>
19	<p><b>Photoluminescence (PL):</b> a process by which certain substances absorb electromagnetic radiations of specific wavelengths and re-radiate photons of different wavelength</p> <p><b>Фотолюминесценция (PL):</b> баъзи бир моддаларнингмаълум бир тўлқин узунликдаги электромагнит нурларни ютиб ва қайтадан фотонларни турли хил тўлқин узунликда нурлатувчи жараён</p>	<p><b>Фотолюминесценциянинг асосий принципини тушунтиринг?</b></p>
20	<p><b>Photonic crystals:</b> periodic dielectric or metallo-dielectric optical nanostructures that are designed to affect the propagation of electromagnetic waves (EM) in the same way as the periodic potential in a semiconductor crystal affects electron motion by defining allowed and forbidden electronic energy bands</p>	<p><b>Фотонкристалларнинг асосий хоссаларини тушунтиринг?</b>  <b>Расмдан фойдаланинг!</b></p>

	 <p><b>Фотонкристаллар:</b> электромагнит тўлқинларни тарқатилишига таъсир этишга мўлжалланган даврий диэлектрик ёки металлдиэлектрик оптик наноструктуралар</p>	
21	<p><b>Photonics:</b> electronics using light (photons) instead of electrons to manage data</p>  <p><b>Фотоника:</b> маълумотларни бошқаришда электронлар ўрнига еруғликни (фотонларни) қўлловчи электроника</p>	<p><b>Фотониканинг асосий принципини тушунтиринг?</b></p>
22	<p><b>Surface plasmon (SP):</b> plasmons that are confined to surfaces and interact strongly with light resulting in a polariton</p>  <p><b>Юзаплазмон (SP):</b> ёруғлик билан кучли таъсирлашиш натижасида поляритонга олиб келувчи юзага мос келувчи плазмонлар</p>	<p><b>Юзаплазмон (SP) терминини тушунтиринг. Расмдан фойдаланинг!</b></p>

23	<p><b>Piezoresistive effect:</b> phenomenon by which electrical resistance of a material varies with externally applied mechanical pressure</p>  <p><b>Пьезорезистив эффект:</b> ташқаридан механик босим таъсирига боғлиқ равишда материалнинг электр қаршилигининг ўзгариш ходисаси</p>	<p><b>Пьезорезистив эффектнинг асосий принципини тушунтиринг?</b></p>
24	<p><b>Spintronics (spin-based electronics):</b> an emerging technology, which exploits the dual property of electrons, namely charge and spin state; also known as magneto-electronics</p>  <p><b>Спинтроника (спин асосидаги электроника):</b> электронларнинг иккиланган хоссаларини, жумладан заряд ва спин холатини қўлловчи янги технология; магнито-электроника сифатида ҳам маълум</p>	<p><b>Спинтроника (спин асосидаги электроника)нинг асосий хоссаларини тушунтиринг?</b></p>
25	<p><b>Qubit:</b> a quantum-computing equivalent to a bit; with an additional dimension of quantum properties of atoms</p>  <p><b>Кубит:</b> ҳисоблашлардаги битнинг квант эквиваленти; атомларнинг квант хоссаларини ўлчаш қўшимчаси билан</p>	<p><b>Кубит нима учун керак?</b></p>
26	<p><b>Quantum computers:</b> a computational device using quantum mechanical phenomena for operations on input data</p>  <p><b>Кванткомпьютерлар:</b> кириш маълумотларидаги операцияларда квант-механик ходисаларини қўлловчи ҳисоблаш асбоблари</p>	<p><b>Квант компьютерлари асосий принципини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</b></p>

### Назорат саволлари

1. Кристалл нанозаррачаларнинг асосий хоссаларнинг тушунтиринг?
2. Материалларда энергетик зоналар қандай шаклланади?
3. Рухсат этилган ва таъқиқланган зоналарнинг фарқи нимадан иборат?
4. Металлар, диэлектриклар ва яримўтказгичларда энергетик зоналарнинг тўлдирилишидаги фундаментал фарқлар нимадан иборат?
5. Кўп қатламли яримўтказгичли структураларда квантли ўралар ва потенциал тўсиқлар қандай қилиб шаклланади?
6. Тунелланиш ҳодисаси моҳияти нимадан иборат?
7. Кванли ўрада энергия сатхлари қайси сабабларга кўра дискретлашади?
8. Квант ўлчамли эффект нимадан иборат?
9. Молекуляр электроника, оптоэлектроника, фотоника, спинтроника асосий принципнинг солиштиринг.
10. Светодиод, майдон эффектли транзистор (FET), юпка пленкали транзисторлар, бир электронли транзисторнинг нима учун керак?
11. Кубит ва квант компьютерларнинг асосий принципнинг тушунтиринг.
12. Гигантмагнит қаршилигининг асосий хоссаларнинг тушунтиринг?
13. Фотонкристалларнинг қандай таркибий қисмлардан ташкил топган?
14. Пьезорезистив эффектнинг асосий принципнинг тушунтиринг?
15. Спин асосидаги электрониканинг асосий хоссаларнинг тушунтиринг?

### Фойдаланилган адабиёт

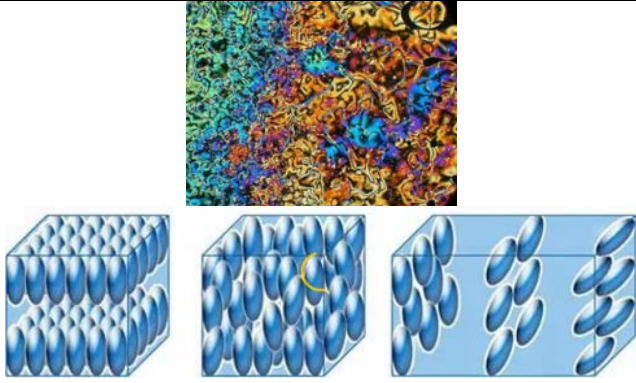
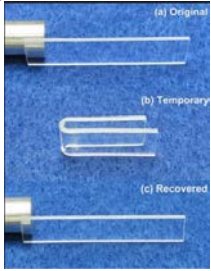
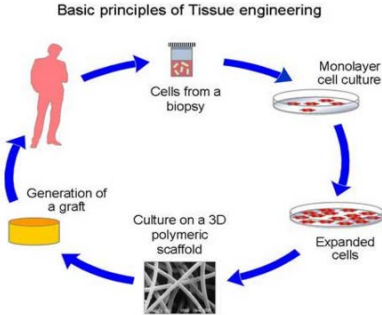
1. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 17-35.

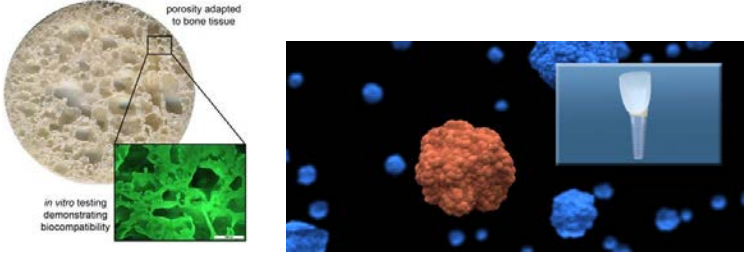
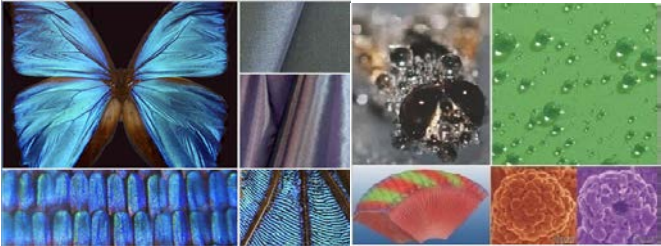
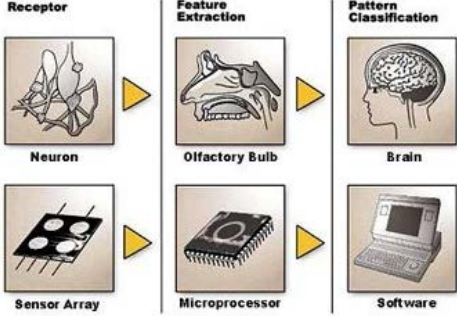
**2-амалий машғулот: Полимер наноматериал олиш ва уларни хоссаларни. Наноцеллюлоза. Биомиметика системаларни олиш ва уларни хоссалари.**


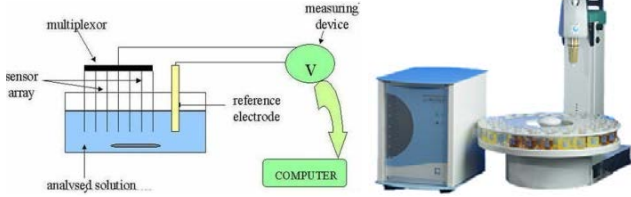
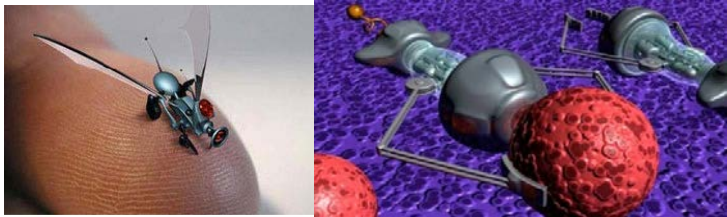
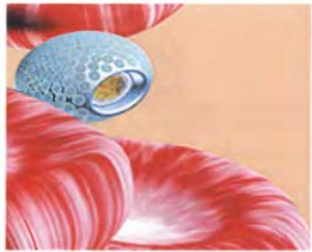
### Ишдан мақсад:

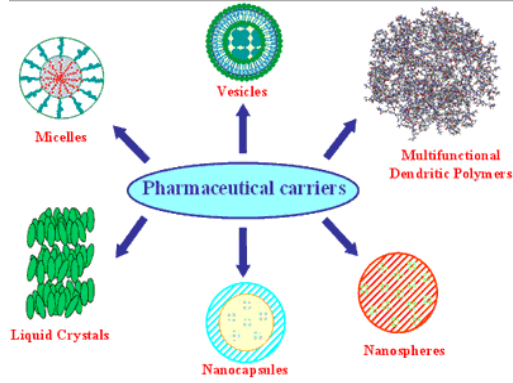
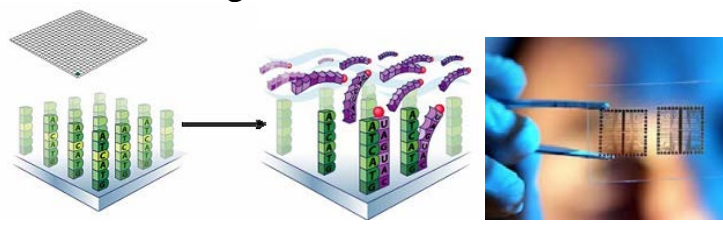
Суюқ кристал. Шакл хотирали полимерлар. Наноцеллюлоза. Тўқимали инженерия. Биомослашувчанлик. Биомиметика. Электрон бурун. Электрон тил. Бот. Нанобот. Дориларни мақсадли етказиш. ДНК-чип.

№	Ишни бажариш учун намуна	Масаланинг кўйилиши
1.	<b>Liquid crystal (LC):</b> a state of matter with properties between a liquid and solid crystal; it is used extensively in liquid crystal displays	<b>Суюқ кристал (СК) қандай таркибий қисмлардан ташкил топган? Расмдан фойдаланинг!</b>

	 <p><b>Суюқкристал (СК):</b> суюқлик ва қаттиқ кристалсимон модда хоссалари оралиғидаги материя; суюқ кристалли дисплейларда кенг қўлланилади</p>	
2.	<p><b>Shape memory polymers:</b> smart polymers capable of returning to their original shape after being deformed by external forces, when triggered by an external stimulus such as temperature change</p>  <p><b>Шакл хотирали полимерлар:</b> хароратнинг ўзгариши каби ташқи кучлар таъсирида вужудга келган ташқи кучлар таъсирида деформациядан сўнг ўзининг дастлабки шаклига қайтиш қобилиятига эга ақлли полимерлар</p>	<p><b>Шакл хотирали полимерлар нима учун керак?</b></p>
3.	<p><b>Tissue engineering:</b> science of structural and functional fundamentals of mammalian tissues and application of biocompatible substitutes to restore, maintain or improve functions</p>  <p><b>Тўқимали инженерия:</b> сутэмизувчиларнинг асосий тўқималарининг тузилиши ва функционал асослари ҳамда функцияларини</p>	<p><b>Тўқимали инженериянинг асосий хоссаларини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</b></p>

	<p>тиклаш, қўллаб туриш ёки яхшилаш учун биомослашувчан ўрнини босувчиларнинг қўлланилиши тўғрисидаги фан</p>	
<p>4.</p>	<p><b>Biocompatibility:</b> capability of a material in contact with a biological system to perform its intended function without causing deleterious changes</p>  <p><b>Биомослашувчанлик:</b> нохуш ўзгаришларни чақирмай материалнинг биологик тизим билан таъсирлашувида ўз вазифаларини бажариши</p>	<p><b>Биомослашувчанликнинг асосий принципини тушунтиринг?</b>  <b>Расмдан фойдаланинг!</b></p>
<p>5.</p>	<p><b>Biomimetic:</b> the science of imitating or reverse engineering from natural systems to the study and design of engineered systems using modern technology</p>  <p><b>Биомиметика:</b> замонавий технологияларни қўллаш билан муҳандислик тизимларни тадқиқ қилиш ва лойиҳалаштириш учун табиий тизимларга ўхшаш, инженерия ёки тақлид қилиш тўғрисидаги фан</p>	<p><b>Биомиметика асосий принципини тушунтиринг?</b>  <b>Расмдан фойдаланинг!</b></p>
<p>6.</p>	<p><b>Electronic nose:</b> a device consisting of an array of chemical sensors to detect odours or flavours</p> 	<p><b>Электрон буруннинг асосий хоссаларини тушунтиринг?</b>  <b>Расмдан фойдаланинг!</b></p>

	 <p><b>Электрон бурун:</b> хид ёки таъмларни аниқлаш учун бир неча кимёвий сенсорлардан ташкил топган қурилма</p>	
7.	<p><b>Electronic tongue:</b> a device consisting of an array of chemical sensors to detect and compare tastes</p>  <p><b>Электрон тил:</b> таъмларни аниқлаш ва таққослаш учун бир неча кимёвий датчиклардан ташкил топган қурилма</p>	<p><b>Электрон тилнинг асосий хоссаларини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</b></p>
8.	 <p><b>Бот:</b> робот ёки автоматлаштирилган интеллектуал машина</p>	<p><b>Бот:</b> нима учун керак?</p>
9.	<p><b>Nanobots:</b> a robot (semi- or fully-automated intelligent machine) consisting of components of a few hundred nanometre-dimensions; they are also referred to as nanorobots, nanoids, nanites, nanomachines or nanomites</p>  <p><b>Нанобот:</b> нанометрли ўлчамлардан ташкил топган компонентли робот (ярим ёки тўлиқ автоматлаштирилган интеграл машина); улар нанороботлар, наноидлар, нанитлар,</p>	<p><b>Нанобот нима учун керак? Расмдан фойдаланинг!</b></p>

	наномашиналар ёки наномитлар номлари билан ҳам учрайди	
10.	<p><b>Targeted drug delivery:</b> administration of a pharmaceutical compound in desired amount to a localized diseased cell/tissue for therapy</p>  <p>Дориларни мақсадли етказиш: терапияда локаллашган зарарланган хужайраларга / тўқималарга керак бўлган миқдорда фармацевтик бирикмани киритиш</p>	<p>Дориларни мақсадли етказишнинг асосий принципини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p>
11.	<p><b>DNA chip:</b> a sensor based on a semiconductor microchip used to identify mutations or alterations in a gene</p>  <p>ДНК-чип: гендаги мутацияларни ёки ўзгаришларни идентификациялаш учун қўлланиладиган яримўтказгичли микрочип асосидаги датчик</p>	<p>ДНК-чипнинг асосий хоссаларини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</p>

### Назорат саволлари

1. Суюқкристал қандай таркибий қисмлардан ташкил топган?
2. Шакл хотирали полимерлар асосий хоссаларнинг тушунтиринг?
3. Тўқимали инженериянинг нима учун керак?
4. Биомиметика ва биокерамиканинг асосий принципини тушунтиринг?
5. Электрон бурун ва электрон тил асосий хоссаларнинг тушунтиринг?
6. Нанобот ва дориларни мақсадли етказишнинг асосий принципининг тушунтиринг?
7. ДНК-чипнинг асосий хоссаларнинг тушунтиринг?

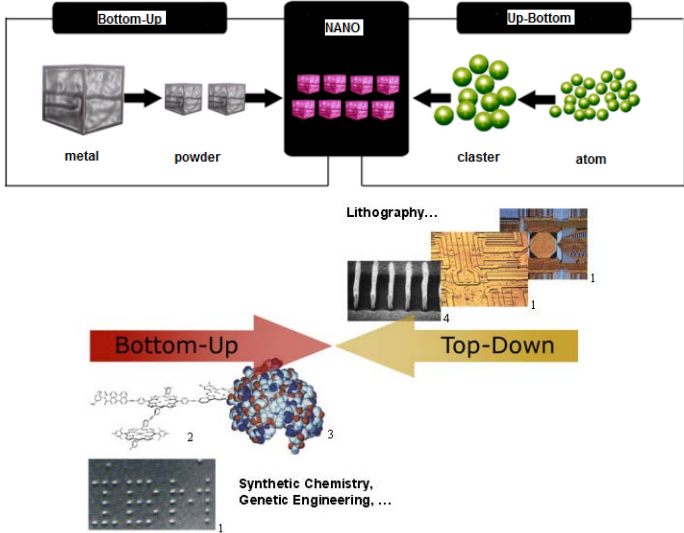


## Фодаланилган адабиётлар

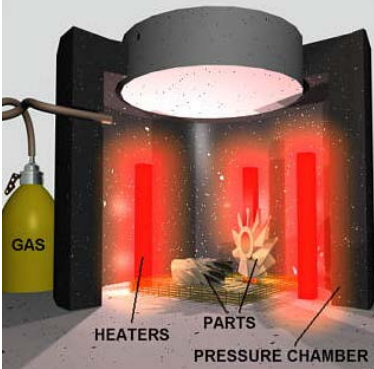
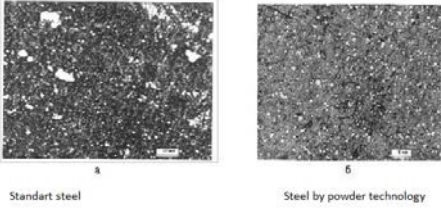
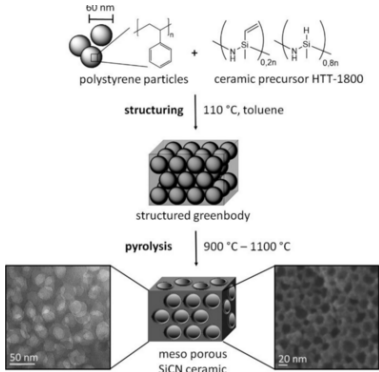
1. David Rickerby Nanotechnology for Sustainable Manufacturing, Taylor and Fransis, 2014, 79-92.
2. David Rickerby Nanotechnology for Sustainable Manufacturing, Taylor and Fransis, 2014, 213-226.

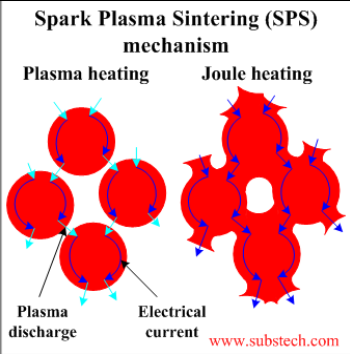
### 3-амалий машғулот: Наноматериал олиш ва уларни хоссаларни. Ишдан мақсад:

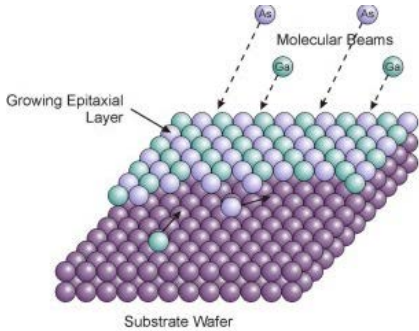
Тагдан-тепага ва Тепадан пастга. Буғ фазасидан физикавий чўктириш (PVD). Плазма. Буғ фазасидан кимёвий чўктириш (CVD). Иссик изостатик преслаш (HIPing). Пиролиз. Учқунли плазмали пишириш (SPS). Тенг каналли бурчакли преслаш (ECAP). Механик қотишмалаш. Буғ-сууюқлик-қаттиқ модда усули (VLS). Эпитаксия. Нанолитография. Fab. Коллоид. Нанодисперсия. Ўз-ўзини йиғиш. Аэрогел. Квант нукталари. Бакминстер – фуллерен. Магиксон. Углеродли нанотрубка. Нанотолалар. Наноқобиклар. Наносимлар. Наноматериал. Наностержнлар. Вискерлар. Юпқа пленкалар. Мезоғовакли материал. Мултикаватлар.


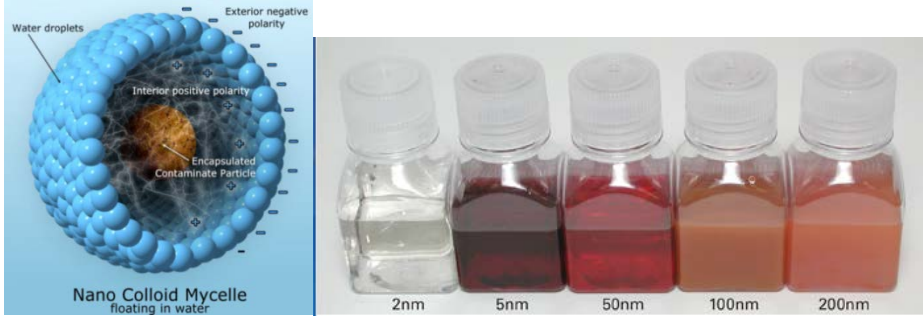
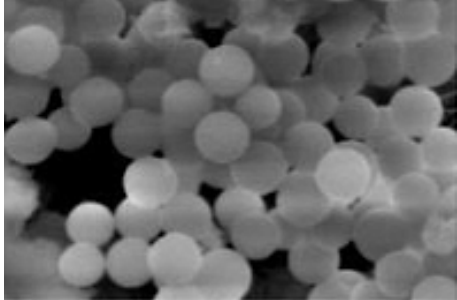
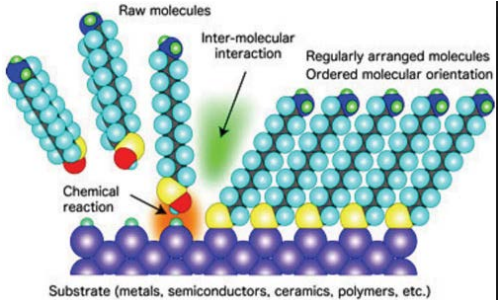
№	Ишни бажариш учун намуна	Масалани нг кўйилиш и
1.	<p><b>Bottom-up:</b> a strategy for synthesizing nanomaterials from atomic scale fundamental units where the fundamental units link up to form nanoparticles/nanostructures</p> <p><b>Top-down:</b> involves fragmentation of a microcrystalline material to yield a nanocrystalline material; all solid state synthesis routes of nanostructures fall into this category</p>  <p><b>Тагдан-тепага:</b> асосий бирликлари нанозаррачалар / нанотизимларни хосил қилиш билан бирлашадиган атом</p>	<p><b>Тагдан-тепага ва Тепадан пастга:</b> асосий принципини солиштиринг? Расмдан фойдаланинг!</p>

	<p>микёсидаги асосий бирликларидан наноматериалларнинг синтез қилиш стратегияси</p> <p><b>Тепадан пастга:</b> нанокристалл материални олиш билан микрокристалл модданинг майдалашни ўз ичига олади; наноструктураларни синтез қилишнинг қаттиқ моддали йўллари шу категорияга киради</p>	
<p>2.</p>	<p><b>Physical vapour deposition (PVD):</b> a variety of vacuum deposition technique involving vaporization of atoms from target material to produce a thin film on a substrate</p>  <p><b>Бўғ фазасидан физикавий чўктириш (PVD):</b> тагликда юпка пленкаларни олиш учун атомларни мўлжал материалдан бўғлатиш иштирокида вакуум чўктиришнинг турли технологиялари</p>	<p><b>Бўғ фазасидан физикавий чўктиришнинг асосий принципини тушунтиринг</b></p> <p><b>Расмдан фойдаланинг!</b></p>
<p>3.</p>	<p><b>Plasma:</b> a state of matter containing a significantly large fraction of ionized matter; plasma properties differ significantly from those of solids, liquids or gases</p>  <p><b>Плазма:</b> ионлашган модданинг анчагина катта фракциясини ўзида сақловчи модданинг ҳолати; плазманинг хоссалари қаттиқ моддалардан, суюқликлардан ёки газлардан тубдан фарқ қилади</p>	<p><b>Плазма температурасини ва хоссаларини принципини тушунтиринг</b></p>
<p>4.</p>	<p><b>Chemical vapour deposition (CVD):</b> a technique for depositing thin films on a substrate using gaseous reactants</p> 	<p><b>Бўғ фазасидан кимёвий чўктириш (CVD)нинг асосий принципини тушунтиринг?</b></p>

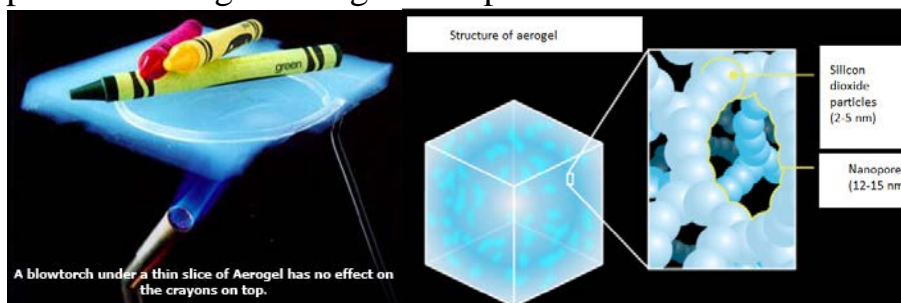
	<p><b>Буг фазасидан кимёвий чўктириш (CVD):</b> газсимон реагентларнинг қўлланилиши билан юпка пленкаларнинг тагликда чўктириш услуги</p>	<p><b>Расмдан фойдаланинг!</b></p>
<p>5.</p>	<p><b>Hot isostatic pressing (HIPing):</b> the process of using high hydrostatic pressure and temperature to compress fine particles into coherent parts</p>   <p><b>Иссик изостатик преслаш (HIPing):</b> майин заррачаларни яхлит қисмларга сиқиш учун юқори гидростатик босим ва хароратни қўллаш жараёни</p>	<p><b>Иссик изостатик преслашнинг асосий принципини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</b></p>
<p>6.</p>	<p><b>Pyrolysis:</b> Greek word denoting separation (<i>lysis</i>) under fire (<i>pyr</i>); a thermochemical method involving decomposition of organic material at elevated temperatures in the absence of oxygen</p>  <p><b>Пиролиз:</b> аланга (<i>pyr</i>) остида ажратишни (<i>lysis</i>) англатувчи грекча сўз; кислород иштирокисиз юқори хароратларда органик моддани парчалашни ўз ичига олувчи термохимёвий усул</p>	<p><b>Пиролиз нима учун керак? Расмдан фойдаланинг!</b></p>
<p>7.</p>	<p><b>Spark plasma sintering (SPS):</b> a sintering technique using pulsed DC current that directly passes through the graphite die, as well as the powder to be consolidated, in case of conductive samples</p>	<p><b>Учқунли плазмали пиширишнинг асосий принципини тушунтиринг? Расмдан</b></p>

	 <p><b>Spark Plasma Sintering (SPS) mechanism</b></p> <p>Plasma heating      Joule heating</p> <p>Plasma discharge      Electrical current</p> <p><a href="http://www.substech.com">www.substech.com</a></p> <p><b>Учкунли плазмали пишириш (SPS):</b> графит матрицаси шунингдек ўтказувчан намуналар ҳолатида пиширилаётган кукундан бевиста ўтаётган доимий импульс токи қўлланилишидаги пишириш техникаси</p>	<p><b>фойдаланинг!</b></p>
<p>8.</p>	<p><b>Equal channel angular pressing (ECAP):</b> a severe plastic deformation technique for producing ultrafine grain structures, which introduces a large amount of shear strain into the materials without changing its shape or dimensions; equichannel angular extrusion (ECAE) is a similar process involving extrusion</p>   <p><b>Тенгканалли бурчакли преслаш(ЕСАР):</b> шакл ва ўлчамларини ўзгартиришсиз катта миқдордаги деформацион силжишни киритувчи ултрадисперс тузилишли заррачаларни ишлаб чиқариш учун пластик деформациянинг оғир техникаси; экструзия иштирокидаги ўхшаш жараённи намоён қилувчи тенг каналли бурчак экструзияси (ECAE)</p>	<p><b>Тенгканалли бурчакли преслашнинг асосий хоссаларини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</b></p>
<p>9.</p>	<p><b>Mechanical alloying:</b> a solid state process in which grain refinement occurs by repeated deformation, fracturing and cold welding of powder particles in a high-energy ball mill</p> <p><b>Механикқотишмалаш:</b> юқори энергияли шарли тегирмонда заррачаларнинг қайта деформацияланиши ва ёриқлари натижасида майдаланиши, кукунларнинг заррачалари совуқ пайванландиган қаттиқ жисмдаги</p>	<p><b>Механикқотишмалашнинг асосий принципини тушунтир</b></p>

	жараён	инг?
10.	<p><b>Vapour-liquid-solid method (VLS):</b> a mechanism for the growth of one-dimensional nanostructures, such as nanowires, from chemical vapour deposition; to enhance the efficiency and kinetics for the growth of crystals, a catalytic liquid alloy phase which can rapidly adsorb a vapour to supersaturation levels is used</p>  <p><b>Буғ-суюқлик-қаттик модда усули (VLS):</b> буғ фазасидан кимёвий чўктиришдаги наносимлар каби бирўлчамли наноструктураларнинг ўсиши учун механизм; кристалларнинг ўсиши ва кинетикаси самарадорлигини ошиши учун қўлланилади, каталитик суюққотишмали фаза буғларни ўтатўйинганлик даражасигача тезда адсорбциялаши мумкин</p>	<p><b>Буғ-суюқлик-қаттик модда усулининг асосий принципини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</b></p>
11.	<p><b>Epitaxy:</b> growth of a secondary phase maintaining a perfect crystallographic registry (coherency) with the underlying substrate</p>  <p><b>Эпитаксия:</b>асосий таглик билан кристаллографик тартибни (когерентликни) таъминлаш учун иккиламчи фазанинг ўсиши</p>	<p><b>Эпитаксиянинг асосий хоссаларини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</b></p>
12.	<p><b>Fab:</b> a microfabrication facility consisting of clean rooms and controlled deposition process for the fabrication of semiconductor devices and ICs</p> <p><b>Fab:</b>интеграл схемалар ва ва яримўтказгичли асбобларни ишлаб чиқариш учун назорат қилинувчи чўктириш жараёнлари ва тоза хоналардан ташкил топган микротехнологик объект</p>	<p><b>Fab нима учун керак? Расмдан фойдаланинг!</b></p>

		
13.	<p><b>Colloid:</b> a homogenous suspension of a dispersoid in a continuous medium; it may be a solid, liquid or gas</p>  <p><b>Коллоид:</b> ўзлуксиз мухитдаги дисперсияланган модданинг бир турдаги суспензияси; каттик, суюқ ёки газсимон бўлиши мумкин.</p>	<p><b>Коллоид қандай таркибий қисмлардан ташкил топган? Расмдан фойдаланинг!</b></p>
14.	<p><b>Nanofluid:</b> colloidal suspension of nanoparticles of metals, ceramic, carbon nanotubes, etc.</p>  <p><b>Нанодисперсия:</b> металлар, керамик, углеродли нанотрубкалар ва хкз нанозаррачаларнинг коллоид суспензияси</p>	<p><b>Нанодисперсия қандай таркибий қисмлардан ташкил топган?</b></p>
15.	<p><b>Self-assembly:</b> process in which the components interact within themselves to form aligned or organized structures without any external force</p>  <p><b>Ўз-ўзини йиғиш:</b> бирор бир ташқи куч таъсирисиз бир теккис ёки ташкиллаштирилган тузилиш ҳосил қилиш учун компонентларнинг ўз ичида ўзаро таъсирлашув жараёни</p>	<p><b>Ўз-ўзини йиғишнинг асосий принципини тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</b></p>

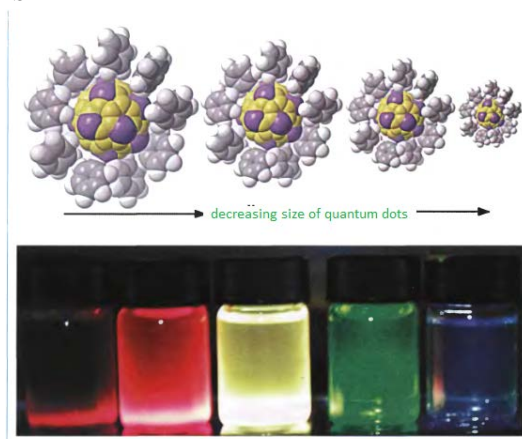
16. **Aerogel:** a porous solid formed from a gel in which the liquid is replaced with a gas with gas entrapment



**Аэрогел:** суюқлиги ютилган газ билан ўриналмашган гелдан олинган ғоваксимон қаттиқ чўкма

**Аэрогел қандай таркибий қисмлардан ташкил топган? Расмдан фойдаланинг!**

17. **Quantum dots:** 0D nanostructures in which electron energy states are confined in all three spatial dimensions; their electronic properties are between that of cluster\*s and bulk semiconductors



Color of CdSe - CdS colloids is a function of quantum dots sizes

**Квантнуқталари:** электронларнинг энергия холатлари барча учта кенглик ўлчамларида аниқланадиган 0D наноструктуралар; уларнинг электрон хоссалари кластерлар ва яримўтказгичлар орасида бўлади

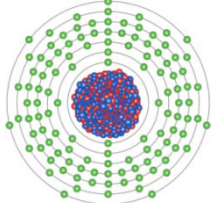
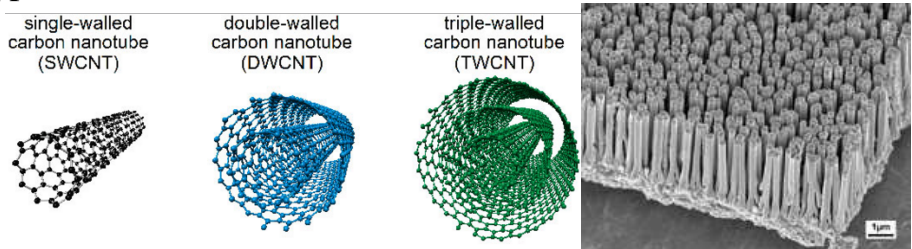
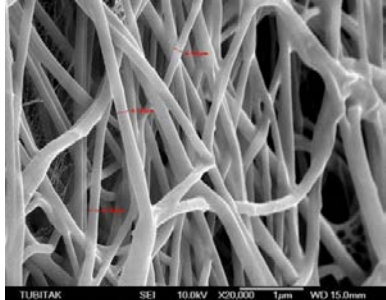
**Квантнуқталари нима учун керак? Расмдан фойдаланинг!**

18. **Buckminster fullerene:** a spherical molecule with the formula C<sub>60</sub>, named in homage to Richard Buckminster Fuller, due to its resemblance to the geodesic dome designed by him; Buckminster fullerene is the first fullerene molecule to be discovered and is also the most common in terms of natural occurrence, as it can be found in small quantities in soot

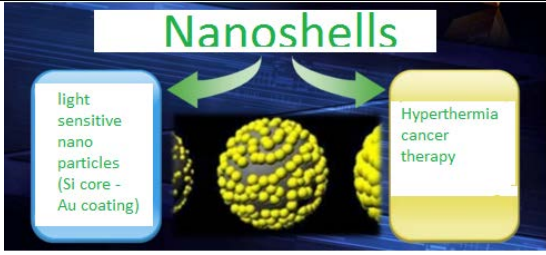
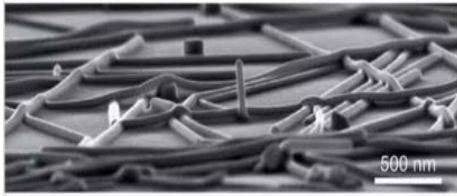
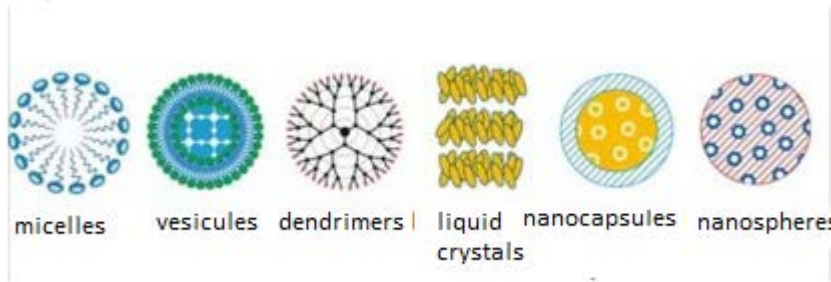
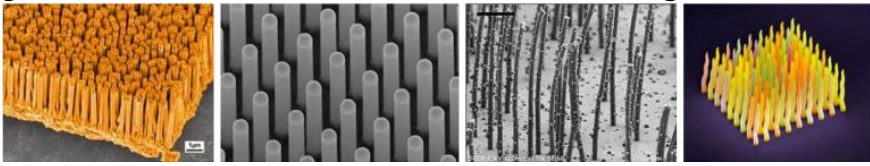
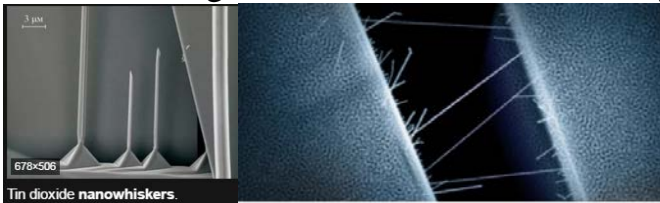


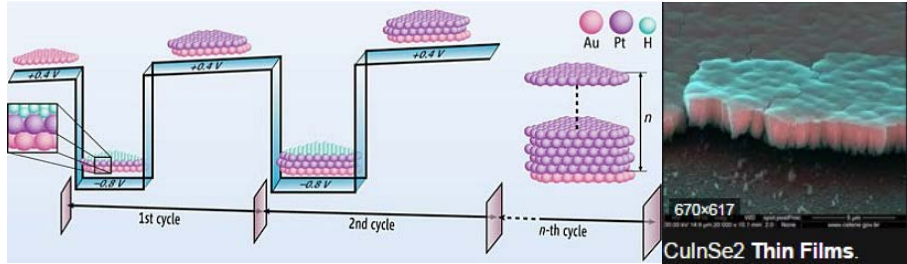
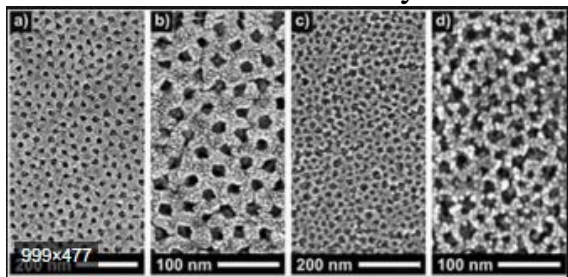
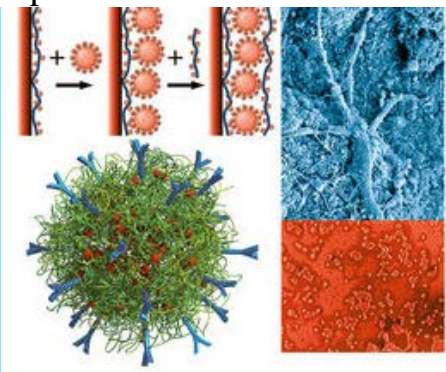
**Бакминстер - фуллерен:** Ричард Бакминстер Фуллерен томонидан лойиҳалаштирилган геодезик гумбазга ўхшаши

**Бакминстер – фуллерен қандай таркибий қисмлардан ташкил топган?**

	<p>туфайли унинг шарафига номланган C<sub>60</sub> формулани доирасимон молекула; Бакминстерфуллерен – фуллереннинг дастлабки топилган молекуласи ҳисобланади, шу билан бирга курумда оз миқдорда топилиши мумкин бўлганлиги учун табиий ҳосил бўлиши нуқтаи назаридан энг кўп тарқалган ҳисобланади.</p>	
19.	<p><b>Magic number:</b> a critical number of atoms in a cluster size providing it higher structural and potential stability</p>  <p><b>Магиксон:</b> анчагина юқори бўлган структуравий ва потенциал турғунликни таъминловчи кластердаги атомларнинг критик сони</p>	<p><b>Магиксон тушунтиринг? Атом тузилишининг фойдаланинг!</b></p>
20.	<p><b>Carbon nanotube (CNT):</b> an allotrope of carbon with cylindrical nanostructure and having high aspect ratios; their unusual electronic and magnetic properties find wide applications</p>  <p><b>Углеродли нанотрубка (CNT):</b> тасвир форматининг юқори ўзгартирилиб туришли цилиндрсимон наноструктурали углероднинг аллотропик шакли; уларнинг ўзгача бўлган электрон ва магнит хоссалари кенг қўлланилади.</p>	<p><b>Углеродли нанотрубканинг синфланишининг тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</b></p>
21.	 <p><b>Нанотолалар:</b> 100 нм дан кичик бўлган диаметрли толалар</p>	<p><b>Нанотолаларнинг асосий хоссаларининг тушунтиринг?</b></p>
22.	<p><b>Nanoshells:</b> a thin coating over a core object a few tens of nanometres in diameter</p>	<p><b>Наноқобиқлар қандай таркибий қисмлард</b></p>



	 <p><b>Наноқобиклар:</b> диаметри бир неча ўнликдаги нанометрда бўлган объект ядроси устидаги юпқа қобик</p>	<p>ан ташкил топган? Расмдан фойдаланинг!</p>
23.	<p><b>Nanowires:</b> 1D nanostructures with width of nanometric dimensions and exhibiting aspect ratios of 1000 or more</p>  <p><b>Наносимлар:</b> нанометр ўлчамли кенгликдаги ва геометрик ўлчамларининг нисбати 1000 ва ундан юқори бўлган 1Днаноструктуралар</p>	<p>Наносимлар нима учун керак?</p>
24.	<p><b>Nanomaterial:</b> class of materials in which at least one of the dimensions is on the nanoscale (&lt;100 nm)</p>  <p><b>Наноматериал:</b> бирон бир ўзгариши нано даражада (&lt;100 нм) бўлган материалларнинг синфи</p>	<p>Наноматериалларнинг қандай синфлари бор?</p>
25.	<p><b>Nanorods:</b> 3D nanostructures with aspect ratio typically in the range of 3–5; all their dimensions are in the range 1–100 nm</p>  <p><b>Наностержнлар:</b> ёқларининг нисбати 3-5 диапазонида бўлган 3Днаноструктуралар; уларнинг барча ўлчамлари 1-100 нм диапазонида бўлади</p>	<p>Наностержнлар қандай таркибий қисмлардан ташкил топган?</p>
26.	<p><b>Whiskers:</b> thin fibrous growth of a dislocation free crystal</p>  <p><b>Вискерлар:</b> эркиндислокацияланадиган кристаллнинг нозик толали ўсиши</p>	<p>Вискерлар нима учун керак?</p>

27.	<p><b>Thin films:</b> atomically engineered layers with film thickness usually in the range of nanometers to a maximum of a few microns</p>  <p><b>Юпқа пленкалар:</b> атомар конструкцияланган қаватлар нанометрдан максимум бир неча микронгача бўлган диапазонда бўлган қалинликдаги пленкалар</p>	<p><b>Юпқа пленкаларнинг асосий хоссаларинг тушунтиринг?</b>  <b>Расмдан фойдаланинг!</b></p>
28.	<p><b>Mesoporous:</b> porous materials with regularly arranged, uniform mesopores (2–50 nm in diameter); their large surface areas make them useful as adsorbents or catalysts</p>  <p><b>Мезоғовакли:</b> бир меъёрда бер текис жойлашган мезоғовакли (диаметри 2-50 нм) ғоваксимон материаллар; юза сиртининг катталиги уларни адсорбент еки катализаторлар сифатида фойдали қилади</p>	<p><b>Мезоғовакли материалларнинг асосий хоссаларини тушунтиринг?</b>  <b>Расмдан фойдаланинг!</b></p>
29.	<p><b>Multilayers:</b> thin films of differing chemistry or structure deposited one over the other</p>  <p><b>Мултиқаватлар:</b> бир-бирига жойлаштирилган турли хил кимёвий таркибли ёки структурали юпқа пленкалар</p>	<p><b>Мултиқаватлар нима учун керак?</b>  <b>Расмдан фойдаланинг!</b></p>

### Назорат саволлари

1. Буғ фазасидан физикавий чўктиришнинг (PVD) ва буғ фазасидан кимёвий чўктириш (CVD) инг асосий принципини солиштиринг?
2. Иссик изостатик преслашнинг во тенгканалли бурчакли преслашнинг асосий принципининг тушунтиринг?
3. Пиролиз ва учқунли плазмали пишириши нима учун керак?
4. Механик қотишмалашнинг асосий принципининг тушунтиринг?

5. Буғ-суюклик-каттик модда усулининг асосий принципининг тушунтиринг?
6. Эпитаксиянинг асосий хоссаларнинг тушунтиринг?
7. Коллоид ва нанодисперсия қандай таркибий қисмлардан ташкил топган?
8. Квантнуқталари, бакминстер – фуллерен, углеродли нанотрубканинг синфланишининг тушунтиринг?
9. Нанотолаларнинг, наноқобиклар, наносимлар, наностержнлар, вискерлар мисол келтиринг?
10. Юпқа пленкаларнинг ва мезоғовакли материалларнинг нима учун керак?

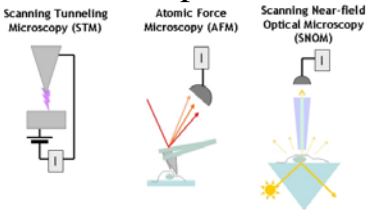
### Фойдаланилган адабиётлар

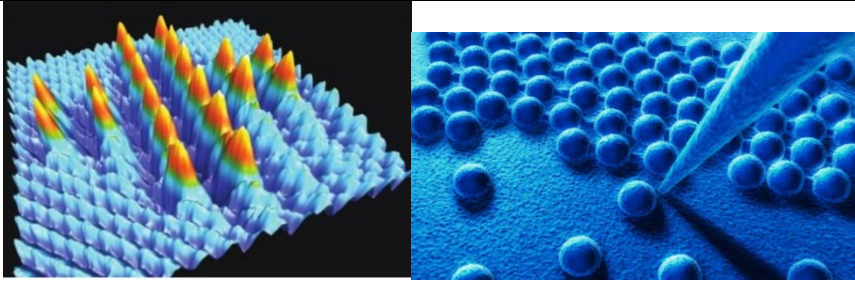
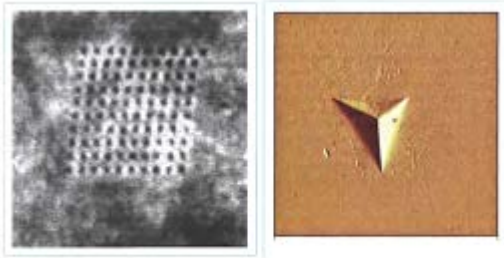
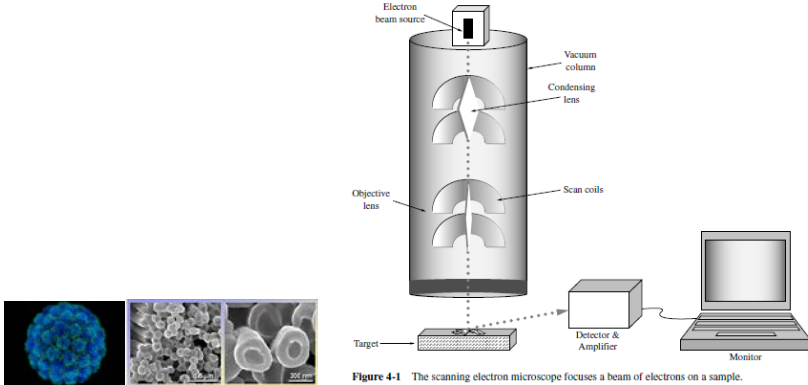
1. David Rickerby Nanotechnology for Sustainable Manufacturing, Taylor and Fransis, 2014, 153-197

#### 4-амалий машғулот: Нанометрология.

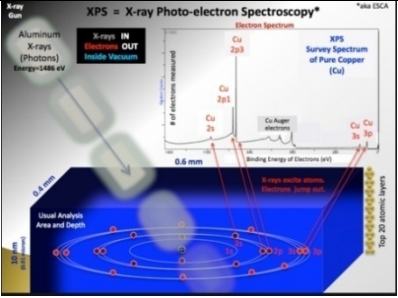

#### Ишдан мақсад:

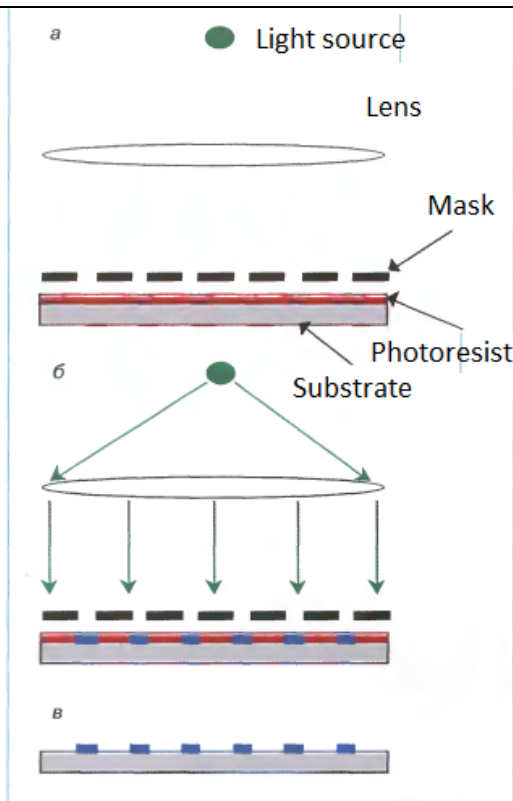
Атом-кучланишли микроскопия (AFM). Атом манипуляцияси. Нанолитография. Наноиндентификациялаш. Электрон микроскоп. Микрочип. Сканирловчи яқин худудли оптик микроскопия (SNOM). Рентгенфотоэлектронспектроскопия (XPS). Ўта ўқувчан квантинтерферометр (SQUID).

№	Ишни бажариш учун намуна	Масаланинг кўйилиши
1.	<p><b>Atomic force microscopy (AFM) or scanning probe microscopy (SPM):</b> a high-resolution device used to map topography or other functional properties of the surface atoms at atomic resolution capabilities</p>  <p>Атом-кучланишли микроскопия (AFM) ёки сканерловчи зондмикроскопияси (СЗМ) асосий принципини тушунтиринг. Расмдан фойдаланинг!</p> <p>Атом-кучланишли микроскопия (AFM) ёки сканерловчи зондмикроскопияси (СЗМ): атом кўрсаткичли юзадаги атомларнинг тасвирини ёки бошқа функционал хоссаларини тасвирлаш учун қўлланилувчи юқори кўрсаткичли қурилма</p>	<p>Атом-кучланишли микроскопия (AFM) ёки сканерловчи зондмикроскопияси (СЗМ) асосий принципини тушунтиринг. Расмдан фойдаланинг!</p>
2.	<p><b>Atomic manipulation:</b> atom by atom modification of surface structure or chemistry made possible by advanced techniques like atomic force microscope and scanning tunnelling microscope</p>	<p>Атом манипуляциясининг асосий принципини тушунтиринг?</p>

	 <p><b>Атом манипуляцияси:</b> атом-кучланишли микроскопия ва сканерловчи тунелли микроскоп каби илғор усуллар туфайли имконияти туғилган юзанинг тузилишини атом ортидан атом еки кимёвий модификациялаш</p>	<p><b>Расмдан фойдаланинг!</b></p>
<p><b>3.</b></p>	<p><b>Nanoindentation:</b> an indentation hardness test applied to nanoscale volumes at small loads to obtain the hardness of individual nanoparticles</p>  <p style="text-align: center;">Nanoindenter prints</p> <p><b>Наноиндентификациялаш:</b> наноўлчамли хажмларга қўлланилувчи босишдаги қаттиқлик тести, кичик босимларда алоҳида нанозаррачаларнинг қаттиқлигини аниқлаш учун</p>	<p><b>Наноиндентификациялашнинг асосий принципining тушунтириг? Расмдан фойдаланинг!</b></p>
<p><b>4.</b></p>	<p><b>Electron microscope:</b> a microscope that focusses a collimated accelerated electron beam on the specimen to produce a magnified image at atomic resolution</p>  <p style="text-align: center;">Figure 4-1 The scanning electron microscope focuses a beam of electrons on a sample.</p> <p><b>Электронмикроскоп:</b> тезлаштирилган электронларнинг коллимиранган дастасини намунага фокуслаб атом ўлчамидаги катталаштирилган тасвирни олиш учун қўлланиладиганмикроскоп</p>	<p><b>Электронмикроскопнинг асосий хоссаларнинг тушунтириг? Расмдан фойдаланинг!</b></p>

<p>5.</p>	<p><b>Microcantilever:</b> a cantilever beam with dimensions in the micrometer scale that is extensively used in the field of MEMS, sensors, resonators, etc.  <b>Микрокантилевер:</b> микрометр миқёсидаги ўлчамли кантиливерли нур, MEMS соҳасида, датчикларда, резонаторларда ва ҳкз кенг қўлланилади</p> 	<p><b>Микрокантилевер нима учун керак? Расмдан фойдаланинг!</b></p>
<p>6.</p>	<p><b>Scanning near-field optical microscopy (SNOM):</b> illuminates a specimen through an aperture of a size smaller than the wavelength of light used and with the specimen positioned within the near-field regime of the source; by scanning the aperture across the sample through a conventional objective, an image can be formed  <b>Сканирловчи яқинхудудли оптикмикроскопия (SNOM):</b> намунани ишлатилаётган нурнинг тўлқин узунлигидан кичик бўлган ўлчамдаги тирқиш орқали ёритади, намунани яқинхудудли манба режими доирасида жойлаштирилади; оддий объектив ёрдамида намунадаги диафрагманинг сканерлаш йўли билан тасвир шаклланиши мумкин бўлади</p> 	<p><b>Сканирловчи яқинхудудли оптикмикроскопия асосий принципнинг тушунтириг? Расмдан фойдаланинг!</b></p>
<p>7.</p>	<p><b>X-ray photoelectron spectroscopy (XPS):</b> a quantitative surface chemical analysis technique that measures the elemental composition; the technique involves characterization of photoelectrons produced by irradiating a solid material with x-rays</p>	<p><b>Рентгенфотоелектрон спектроскопиянинг асосий принципнинг тушунтириг? Расмдан фойдаланинг!</b></p>

	 <p><b>Рентгенфотозлектронспектроскопия (XPS):</b>  кимёвий модданинг юзасини миқдорий анализ қилиш услуги, элемент таркибини аниқлайди; Усул, рентген нурлари билан қаттиқ модданинг нурлаш ёрдамида олинган фотозлектронларнинг тавсифини ўз ичига олади</p>	
<p><b>8.</b></p>	<p><b>Superconducting quantum interference device (SQUID):</b> a device capable of measuring extremely weak magnetic fields</p>  <p><b>Ўтаўказувчан квантинтерферометр (SQUID):</b> ўта кучсиз магнит майдонларини ўлчаш имкониятига эга мослама</p>	<p><b>Ўтаўказувчан квантинтерферометр (SQUID) қандай таркибий қисмлардан ташкил топган? Расмдан фойдаланинг!</b></p>
<p><b>9.</b></p>	<p><b>Nanolithography:</b> a nanofabrication technique for patterning nanoscale features; used extensively in the fabrication of ICs and NEMS</p>	<p><b>Нанолитографи янинг асосий принципининг тушунтиринг? Расмдан фойдаланинг!</b></p>

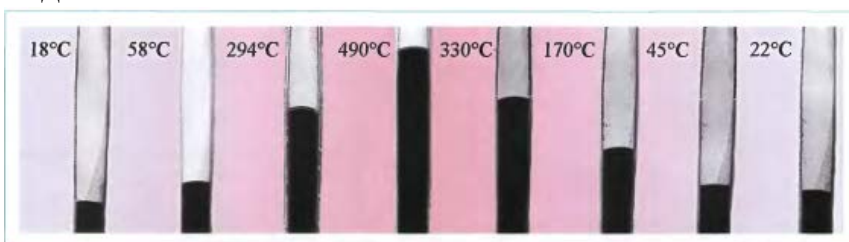


**Нанолитография:** наноўлчамли деталларни шакллаш учун нано ишлаб чиқариш техникаси; интеграл схемалар ва NEMSлар ишлаб чиқаришда кенг қўлланилади

**10. Melting point oscillation:** the phenomenon of suppression of melting point followed by elevation as the particle size is reduced from bulk to sub-nanometre size

**Суюқланиш хароратининг осцилляцияси:** заррачаларнинг ўлчами ассосий массадан субнанометргача камайиб миқдорининг ошиши натижасидаги суюқланиш хароратини бостириш ходисаси

**Суюқланиш хароратининг осцилляцияси ва нанотермометрнинг ассосий принципининг тушунтиринг?**



Nanothermometer (Ga in Carbon nanotube)

## **Назорат саволлари**

1. Атом-кучланишли микроскопия (AFM), сканерловчи зонд микроскопияси (СЗМ) ва атом манипуляциясининг асосий принципини солиштиринг?
2. Наноиндентификация ва нанолитографиянинг асосий принципининг тушунтиринг?
3. Микрокантилевер нима учун керак?
4. Электрон микроскопия ва сканирловчи яқин худудли оптик микроскопиянинг асосий принципининг тушунтиринг?
5. Ўта ўқазувчан квантинтерферометр (SQUID) ва рентгенфотоэлектронспектроскопия нима учун керак?

## **Фодаланилган адабиётлар**

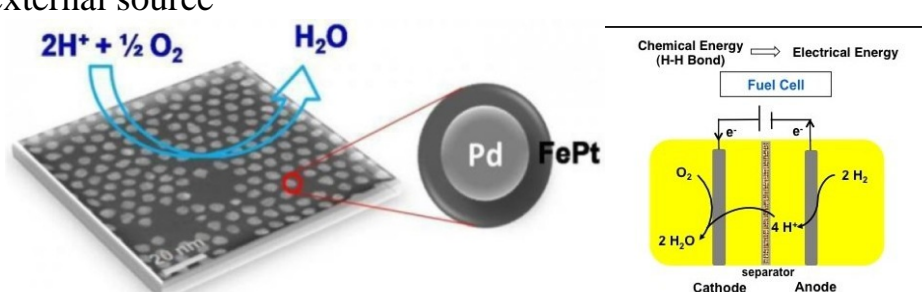
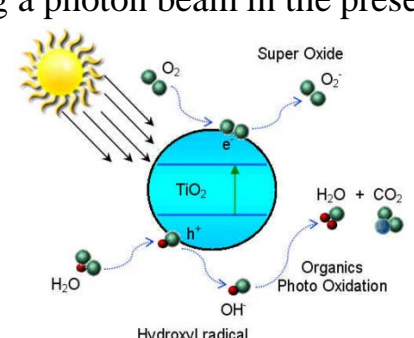
1. David Rickerby Nanotechnology for Sustainable Manufacturing, Taylor and Fransis, 2014, 197-212.



## 5-амалий машғулот: Наноматериалларнинг экологик хоссалари.

### Ишдан мақсад:

Ёқилғи элементи. Фотокатализ. Нанотехнология ва қурилиш материаллар.

№	Ишни бажариш учун намуна	Масаланинг кўйилиши
1.	<p><b>Fuel cell:</b> an electrochemical cell capable of producing electrical energy with fuel or reactant being used up from an external source</p>  <p><b>Ёқилғи элементи:</b> ташқи манба ёқилғиси ёки реагенти асосида электр энергиясини ишлаб чиқариш имкониятига эга электрохимёвий ячеяка</p>	<p><b>Ёқилғи элементи</b>нинг асосий хоссаларинг тушунтиринг? <b>Расмдан</b> фойдаланинг!</p>
2.	<p><b>Photocatalysis:</b> phenomenon of accelerating a chemical reaction rate using a photon beam in the presence of a catalyst</p>  <p><b>Фотокатализ:</b> катализатор иштирокида фотонлар оқимини қўллаш билан кимёвий реакция тезлигини тезлаштириш феномени</p>	<p><b>Фотокатализ</b>нинг асосий принципнинг тушунтиринг? <b>Расмдан</b> фойдаланинг!</p>

### Назорат саволлари

1. Нанотехнологик ёқилғи элементининг асосий хоссаларнинг тушунтиринг?
2. Фотокаталитик қурилиш материаллар мисол келтиринг.

### Фодаланилган адабиёт:

1. David Rickerby Nanotechnology for Sustainable Manufacturing, Taylor and Fransis, 2014, 213-226.

## 2. V. КЕЙСЛАР БАНКИ

### 1-кейс

#### Нефт тўкилиши ва наноматолар

Бритиш Петролеум (British Petroleum) ташкилотига қарашли нефт платформасидаги портлаш туфайли 2010 йил 22-апрелда бошланган Мексика кўрфазидаги нефт ёйилиши АҚШ тарихидаги энг катта нефт тўкилиши ҳисобланади. Май ойининг ўрталарига келиб экспертларнинг ҳисобларига кўра океанга 60 000 баррел нефт оқиб чиққан. Маълумки нефтнинг бир тоннаси сув юзасида ёйилиб 12 км<sup>2</sup> юзасини қоплайди; нефтнинг бир баррели 136,4 кг массага эга; Мексика кўрфазининг умумий майдони тахминан 2,5 млн. км<sup>2</sup> эга.

Саволлар:

- 1) Мексика кўрфазига оқиб чиққан нефтнинг тоннадаги массаси нимага тенг?
- 2) Нефт пленкаси билан қопланиши мумкин бўлган сирт юзасини аниқланг?
- 3) Кўрфаз умумий майдонининг неча фойиз қисми нефт пленкаси билан қопланганлигини аниқланг?
- 4) Nature Nanotechnology журналидаги мақолада эълон қилинишича олимлар, “матонинг” оғирлигидан 20 баробар ортиқ оғирликдаги нефтни абсорбциялаш имкониятига эга бўлган нанотолалардан тўқилган наномато кашф қилишган. Мексика кўрфазидаги нефт тўкилишини бартараф этиш учун неча кг наноматодан ишлаб чиқариш зарур?

### 2-кейс

#### Юпқа қаватли қуёш батареяларини ишлаб чиқариш учун микроскоп танлаш.

Ўзбекистонда бир йилда қуёшли вақт шимолда 2000 соат, жанубда эса 3000 соатдан кўпроқ бўлганлиги сабабли, Ўзбекистонда кўп йиллардан бери қуёш энергетикаси соҳасида тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Қуёш энергетикаси панелларини ишлаб чиқариш сифатини назорат қилиш замонавий лабораториясига юзаларнинг хажмий тасвирларини олиш учун микроскоп харид қилиш зарур. Юпқа пленкаларнинг юзасини ва юпқа пленкали қуёш батареяларнинг наноқопламаларининг мустаҳкамлигини назорат қилиш учун харид қилинадиган микроскоп турини танлаб олинг.

Танланган микроскоп ёрдамида монокристалл ва поликристалл батареяларни тадқиқ қилиш мумкинми?

Кейснинг ечиш учун қуйидагилар талаб этилади:

- 1) қуёш батареялари турлари ва ишлаш принциплари тўғрисида таъсуротга эга бўлиш керак;
- 2) наноқопламалар мустаҳкамлигининг оптик ва электрон

микроскопиясининг турли хил маълумотларидан олинishi мумкин бўлган ахборот турларини билиш.

### **Қуёш батареяларининг ишлаш принципи**

Фотоэффектнинг мазмуни қуёш энергиясини доимий токга ўзгартиришга асосланган. Баъзи бир моддаларнинг (мисол учун кремнийнинг) электронлари қуёш нурларининг энергиясини ютиш қобилиятига эга, ўз орбиталларини ташлаб йўналувчи оқим – фототокни ҳосил қилади. Бу эффектни ҳосил қилиш учун махсус моддалар – p- ва n-ўтказувчанликли ярим ўтказгичлар қўлланилади. N-ўтказувчанлик моддадаги электронларнинг ортиқча миқдорини ифодалайди, p- эса тегишли равишда уларнинг етишмовчилигини ифодалайди. Фотоэлементни ҳосил қилиш учун, электрон батареяга ўхшашликни ҳосил қиладиган, иккита яримўтказгич керак бўлади, бунда катод ўрнида n-яримўтказгич анод ўрнида эса p-яримўтказгич бўлади. Тушаётган нурлар таъсирида n-ўтказгич (структуранинг тепа қисмида жойлашган бўлади) электронлари p-қаватга ўтади, натижада электронларнинг йўналтирилган оқими вужудга келади. Бу каби тизим, унинг ишлаши кимёвий таъсирлашувга боғлиқ бўлмаганлиги ва натижада материалнинг емирилиши бўлмаганлиги сабабли ниҳоятда узоқ вақт мобайнида ишлаши мумкин.

### **Қуёш фотоэлементлари**

Кремнийнинг кенг тарқалганлиги ва ишлаб чиқариш жараёни катта харажат талаб этмаслиги сабабли ҳозирги кунда қуёш элементлари кремний асосида ишлаб чиқарилади. Кремнийга турли хил турдаги ўтказувчанлик қобилиятини бериш учун турли хил аралашмаларни қўллашади. Мисол учун, электронларнинг ортиқча миқдори бор киритилиши натижасида, етишмовчилиги эса мишьякнинг киритилиши натижасида эришилади. Шунингдек арсенид, галлий, кадмий ва бошқалар қўлланилади. Ўтказувчанликни шакллантириш билан бир қаторда аралашмаларнинг қўшилиши кремний асосидаги батареяларнинг самарадорлигини ошишига олиб келади, уларнинг ФИК (КПД) ўртача 20% га тенг.

Ҳозирги кунда, юқорисамарадор ва иқтисодий фойдали қуёш батареяларини олишга йўналтирилган бу соҳадаги фаол тадқиқотлар олиб борилмоқда.

### **Қуёш батареяларининг турлари**

Кремний асосида фотопанелларнинг у тури ишлаб чиқарилади:

- Монокристаллардан. Уларни ишлаб чиқариш учун бир турдаги структурали монокристаллар ўстирилади. Натижада бундай фотоячейкалар бир текис меъёрли юзаси билан фарқланади, бунинг оқибатида қуёш нурларини яхшироқ ютади, юқори ФИК (КПД) га эга, бироқ нархи қимматроқ бўлади.

- Поликристалл ячейкалар нотеккис, поликристалл структурага эга бўлиб, нур ютиш қобилияти моноячейкалардан бир неча баробар пастрок бўлади, чунки нотеккис юзаси нурларнинг бир қисмини қайтаради.

- Юпқа қаватли қуёш батареялар кристалсимондир. Бироқ улар эгилувчан ячейкалар кўринишида ишлаб чиқарилади. Уларни қийшик юзаларда ўрнатиш мумкин бўлади. Бу батареяларни ишлаб чиқариш арзон, қувват бирлигига кристаллсимонларга нисбатан (тахминан 2,5 маротаба) кўпроқ юзани эгаллайди.

Юпқақаватли қуёш батареяси яримўтказувчан бирикмани эгилувчан (одатда - полимер) тагликка пуркаш натижасида хосил бўлади. Даставвал яримўтказгич сифатида фақатгина аморф кремний қўлланилган, бироқ бунда олинган фотоэлементларнинг ишлаб чиқариш қуввати ниҳоятда кичик бўлган (атиғи 4 – 5 %). Хозирги кунда мис-галлий-индий селенид асосидаги пленкалар истиқболли хисобланади. Мис-индий-галлийли батареяларининг ФИК (КПД) 20%гача етиши мумкин. Бироқ хозирча бу каби элементларнинг юпқа қуёш пленкалари бозоридаги ўрни унчалик катта эмас (тахминан 2%). Кадмий теллурид асосидаги пленкалар кенгроқ тарқалган (тахминан 18%, ФИК (КПД) 16% гача). Аморф-кремнийли батареяларга бўлган талаб юқори. Уларнинг ФИК (КПД) 10%гача ошириш имконияти туғилган.

Мантиқий кетма-кетликни тузиш керак:

Намуна тури (юпқа пленкалар) -----

Микроскоп тури (электрон еки оптик) -----

Микроскоп имконияти (микро еки нанометр чегараси?) -----

Намунани тасвирлаш шартлари (вакуум еки вакуумсиз, ясси еки 3D-тасвир, атом манипулятори еки нанointендер?) -----

AFM -----



TABLE 3.1 Chart of Microscopy and Type of Information Generated

Microscopy	Resolution Limit	Characteristics
Light microscopy	~0.2 $\mu\text{m}$	Samples can be imaged in liquid or air. Resolution is limited by the wavelength of visible light.
Fluorescent microscopy	~0.2 $\mu\text{m}$	Samples can be imaged in liquid or air. Fluorescence labeling is a well-developed technique that can be used to localize molecular components.
Confocal microscopy	Micrometer level	Confocal scanning microscopy enables three-dimensional studies of biological objects. Resolution techniques that break the optical resolution barrier are becoming available.
Field emission scanning electron microscopy (FE-SEM)	Nanometer level	For FE-SEM imaging, the sample is placed in a vacuum. Sample coating may be needed, as the technique generally requires an electron-conductive sample. The electron beam is used to probe the surface, and techniques for heavy metal labeling of surface molecules are often used.
Transmission electron microscopy (TEM)	Nanometer level	Image contrast depends on impeding electrons as they pass through the sample, usually by heavy metal staining. Operates under vacuum with resolution depending primarily on image contrast through staining. New advances allow imaging samples in a liquid cell.
Scanning tunneling microscopy (STM)	Nanometer level	Allows a relatively flat surface to be imaged by rastering a biased-atomically sharp needle point over a conducting (or semiconducting) surface. Samples can be imaged in ambient conditions and inside various electrolytes. STM can provide images down to atomic and molecular resolution as well as provide 3-dimensional visualization of the surface. Atomic manipulation of atoms and molecules can be achieved with an STM to create novel nanostructures.
Atomic force microscopy (AFM)	Nanometer level	Imaging is accomplished by monitoring the position of a sharpened tip attached to a microcantilever as it is scanned over a sample surface. Samples can be imaged in liquid or air with nanometer resolution at atmospheric pressure enabling dynamic studies. AFM provides three-dimensional surface visualization and measurement of nanomechanical properties of the sample.

### 3-кейс

## Нанозаррачалар ва ранг эффектлари

Қадимий католик черковларидаги рангли витражлар ва Британия музейида сақланаётган Ликург қадахи ноёб санъат намуналаридан хисобланади. Олтин ва кумушнинг наноўлчамли заррачалари кукуни қўшилган шишадан ясалган қадах қайтарилган нурда яшил тусга, сингиб ўтувчи нурда эса қизил тусга киради. Хозирги кунда бу каби санъат намуналарини қайтадан яшаш мумкин-ми, еки усталарнинг сирлари изсиз ёқолганми?

Америкалик физиклар, IV асрнинг бошларида римликлар ишлатган рангли шишани олиш технологиясини кимёвий сенсорлар ва касалликларни аниқлашда – диагностикасида қўллашни таклиф қилишган. Муаллифлар томонидан кашф қилинган кимёвий сенсорлар тахминан миллиард наноўлчамли тешиклар қилинган пластик пластинадан ташкил топган. Хар бир тешикнинг деворчалари олтин ва кумушнинг нанозаррачаларини ўзида сақлаб уларнинг юза электронлари детекция жараенида марказий ролни ўйнайди.

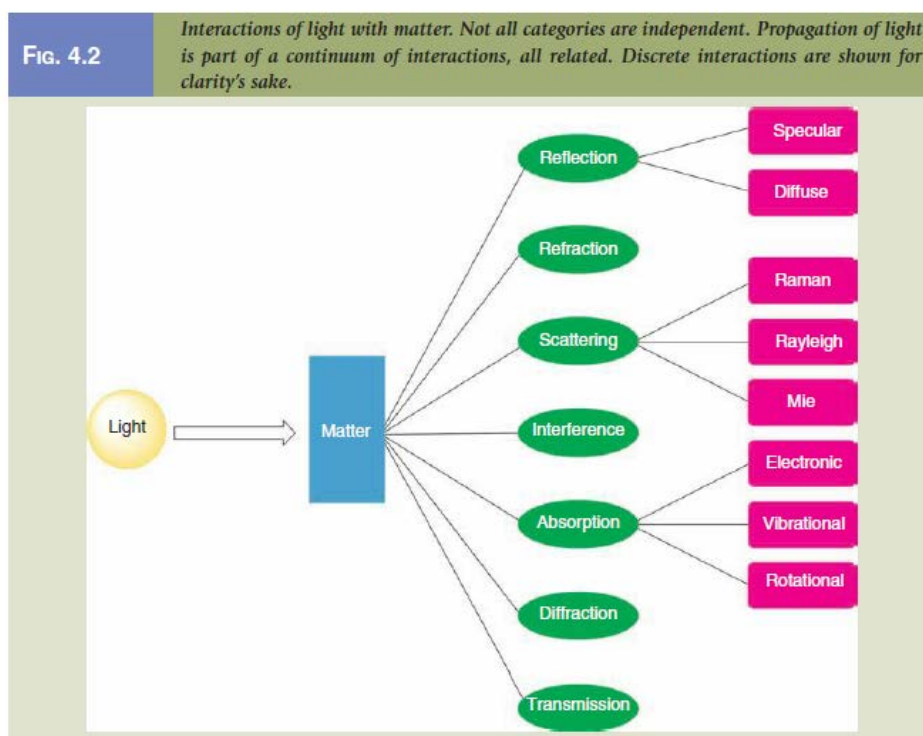
Кейсни ечиш учун ахборот турларини ва қуйидаги саволларга жавобларни билиш талаб этилади:

Нур энергияси ва тўлқин узунлиги қандай боғланган?

Қандай нурнинг частотаси юқорироқ: қизил ёки бинафша?

Қандай оптик ходисалар сизга маълум?

Материалдаги ранг эффектлари ва заррачаларнинг ўлчами қандай боғланган?



**Интерференция.** Сув ва сирт фаол моддаларнинг пуфакчалари сиртидаги ранг пуфакчанинг қалинлигига боғлиқ. Анодланган титандан ишланган заргарлик буюмлари одатда турли хил қалинликдаги оксидланган қават туфайли ёрқин ранларни намоён қилади – бронза ( $L \approx 300$  нм), кўк ( $L \approx 400$  нм), сариқ ( $L \approx 600$  нм), вақипқизил ( $L \approx 700$  нм).

**Дифракция.** Дифракцион ранг тасвирнинг энг ёрқин мисоли бўлиб компакт-диск хисобланади.

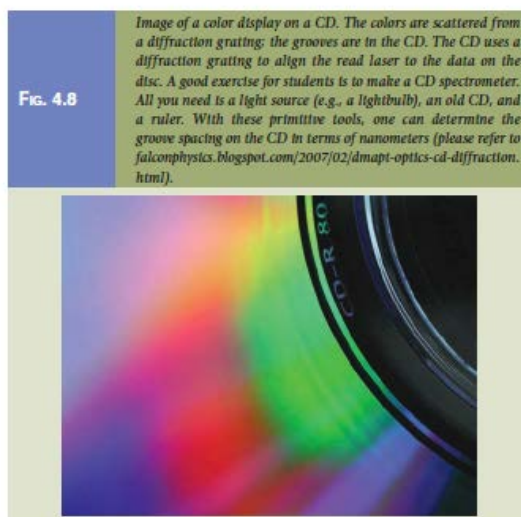


Fig. 4.8

Image of a color display on a CD. The colors are scattered from a diffraction grating; the grooves are in the CD. The CD uses a diffraction grating to align the read laser to the data on the disc. A good exercise for students is to make a CD spectrometer. All you need is a light source (e.g., a lightbulb), an old CD, and a ruler. With these primitive tools, one can determine the groove spacing on the CD in terms of nanometers (please refer to [falconphysics.blogspot.com/2007/02/dmapi-optics-cd-diffraction.html](http://falconphysics.blogspot.com/2007/02/dmapi-optics-cd-diffraction.html)).

for the plasmon resonance. They are, with their protecting ligand shell, around 4 nm in diameter. The color is a ruby red with  $\lambda_{max}$  at ca. 520 nm.

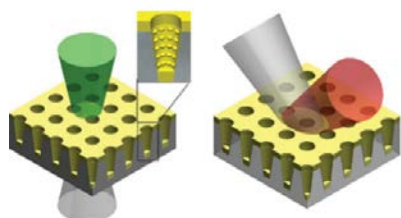
**Color Due to Quantum Fluorescence.** Semiconductor quantum dots are known for their intense fluorescent colors. Although made of exactly the same material, different colors are generated due simply to the difference in size of the quantum dots (QDs) (Fig. 4.9).

**Тарқатиш - тарқоқлик.** Турли хил ўлчамли заррачаларнинг ва турли хил тўлқин узунликларининг комбинацияси. Осмон кўк тусда кўринади, чунки қисқа тўлқинлар молекулалар билан тарқоқлантирилади. Осмон қизил рангда ҳам бўлади, чунки узун тўлқинлар (мисол учун қизиллари) каттароқ заррачалар билан тарқоқлаштирилади.

**Юзаки плазмон.** Бирон бир модданинг тирқиш ичида боғланишида нанозаррачаларнинг юзасидаги плазмонларнинг (металлдаги эркин электронларнинг иккиланишини қайтарувчи квазизаррача) резонанс частотаси ўзгаради, бу ўз навбатида пластинкадан ўтувчи тўлқин узунлигини ўзгаришига олиб келади. Бу усул юзаки плазмонли резонансга (SPR) ўхшайди, бироқ ундан фарқли ўлароқ, нурнинг тўлқин узунлигини анчагина салмоқлироқ силжишига олиб келади – тахминан 200 нанометр. Бундай сигналга ишла бериш мураккаб ускуналарни талаб этмайди, шунинг учун моддаларнинг боғланишини қуролланмаган кўз билан ҳам детектирлаш мумкин.

Америкалик олимлар томонидан ишлаб чиқилган сенсорларнинг турли хил моддаларга нисбатан сезувчанлигини тешиклар юзаларида ўзига хос антителаларнинг иммобилизацияси билан таъминланади. Олимларнинг сўзига кўра кимёвий детекторнинг тузилиши Британия музейида сақланаётган римнинг Ликург қадахининг ноёб хоссалари томонидан айтиб

берилган. Қадах шишасининг таркибидаги металл нанозаррачалари нурнинг тушиш бурчагига боғлиқ равишда унинг тўлқин узунлигини ўзгартиради. Шундан келиб чиққан холда муаллифлар қурилмани “наноўлчамли ликург қадахлари матрицаси” деб номлашган (nanoscale Lycurgus cup arrays – nanoLCA).



Manas Ranjan Garia et al, Advanced Nano Materials, 2015

Detector transmitted light (left) reflected light (right)



**Флуоресценция.** Квант нуқталари ҳайротомуз хоссаларга эга: уларнинг ўлчамига боғлиқ равишда турли хил рангларни таратиши мумкин. Идишчалар турли ўлчамлардаги нанозаррачалар эритмалари билан (гептандаги олеин кислотаси билан қопланган кадмий селенидининг квант нуқталари коллоид эритмаси) тўлдирилган. Бу суспензияларни кўзга кўринмайдиган ултрабинафша диапазонидаги нур билан нурлантириш натижасида нур сочишга ундаш мумкин. Бу заррачалардан таралаётган нурнинг частотаси заррачаларнинг ўлчамлари ўсиши билан камаяди.

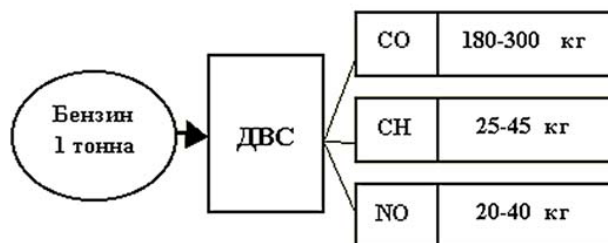
#### 4-кейс

### Наноматериаллар ва экология

Нанозаррачалар юқори кимёвий фаолликка эга бўлиб ажойиб катализаторлар хисобланади. Бундай ҳолатнинг асосий сабаби нанозаррачаларнинг юзасида жойлашган атомлар билан боғлиқ. Бу атомлар бошқа атомлар билан кучсизроқ боғланганлиги сабабли қўшимча энергияга эга.

Маълумки, автомобиллар атроф муҳитга ва инсон саломатлигига салбий таъсир кўрсатади. Шундай қилиб ички ёниш двигателларнинг чиқинди газларида куйинди газ (CO), циклик ароматик углеводородлар (CH), азот(II) оксиди (NO) (тасвирга кара) лар топилган.

#### Ички ёниш двигателларнинг чиқинди газлари

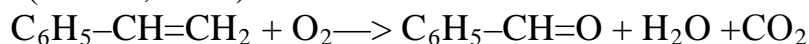


Автомобилларнинг чиқинди газларини каталитик оксидлаш қурилмаларида атмосферага чиқарилаётган зарарли чиқиндиларни камайтириш мақсадида платина қўлланилиши мумкин. Платина углеводород (II)



оксидини углерод (IV) оксидига айлантириш имкониятини беради. Нанозаррачалар кўринишида бўлган платина ўзининг каталитик хоссаларини янада кучлироқ намоён этади.

TiO<sub>2</sub> юзасига қопланган 55 атомларни (диаметри 1,4 нм) ўзида сақловчи олтин нанокластерлари стиролни хаво кислороди билан бензалдегидгача танловчанлик асосида оксидловчи катализатор сифатида хизмат қилади (*Nature*, 2008):

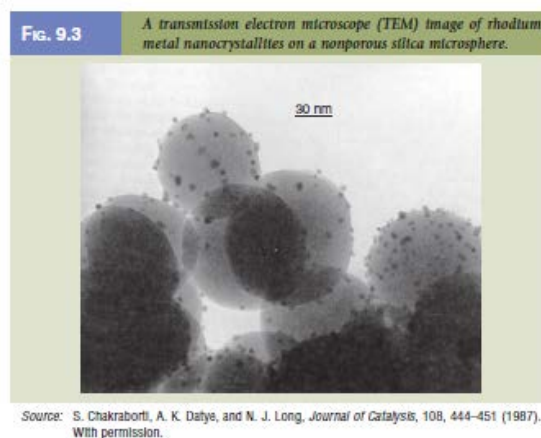
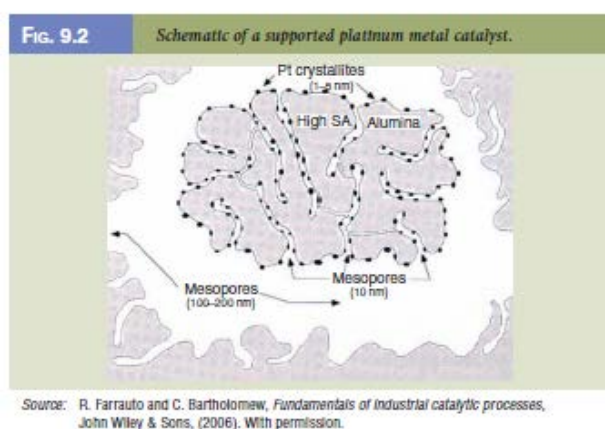


Қизиқарлиси шундаки, 2 нм дан юқори ўлчамдаги диаметрли заррачалар, шу билан бирга оддий олтин хам ҳеч қандай каталитик фаолликни намоён этмайди.

Саволлар:

- 1) Углерод (II) оксидини углерод (IV) оксидига айлантириш тенгламасини тузинг. Бу жараёни амалга ошиши учун платинадан ташқари нима керак бўлади?
- 2) Тўлиқ битта бак (40 л) А-92 маркали бензиннинг (бензиннинг зичлиги 0,75 г/см<sup>3</sup>) ёнишидан ҳосил бўладиган зарарли чиқиндиларнинг массалари диапазонини ҳисобланг.
- 3) 3,5 см<sup>3</sup> металлдан қанча Pt<sub>20</sub> таркибли нанозаррачаларни олиш мумкин бўлади? (платининг зичлиги 21,45 г/см<sup>3</sup>).
- 4) Қандай қилиб ихчамлик билан кимёвий реакторда нанозаррачаларни жойлаштириш мумкин бўлади?

Жавоблар: 1) СО – 5,4 кг дан 9 кг гача; СН – 0,75 кг дан 1,35 кг гача; NO 0,6 кг дан 1,2 кг гача 2) 1,16.1022



## 5-кейс

### Ўзбекистондаги нанотехнологиялар асосидаги тўқимачилик маҳсулотлари

01.04.2014

Кундалик ишлатиш учун бактерицид тўқимачилик маҳсулоти сертификациялаш ва оммавий ишлаб чиқариш босқичида турибти. Ишлаб

чиқариш технологияси Ўзбекистон Республикаси Фанлар академиясининг Полимерлар физикаси ва кимёси институтида ишлаб чиқарилган.

Хозирги кунда кумушнинг нанозаррачалари асосидаги кўп миқдордаги наноматериаллар ишлаб чиқарилган. Хозирда кумуш нанозаррачали тиш шеткалар ва тиш пасталари ишлаб чиқарилмоқда, улар турли хил инфекциялардан химоя қилади. Кумушнинг нанозаррачалари оз миқдорда косметика махсулотларига ҳам қўшилиб келинмоқда, уларнинг таъсирида яллиқланишнинг олди олинади ва яраларнинг битиши тезлашади. Кўпгина қаттиқ моддаларга (шиша, ёғоч, қоғоз, керамика, металлларнинг оксидлари ва бошқ.) суртилишидан сўнг ҳам нанозаррачалар узоқ вақт ўзининг бактерицид хусусиятларини сақлаб қолади. Бу ҳолат юқорисамарадор узоқ вақт таъсир этувчи дезинфекцияловчи аэрозолларни ишлаб чиқариш имкониятини беради. Агарда биноларнинг юзаларига суртиладиган лок-бўёк махсулотларига кумушнинг нанозаррачалари қўшилса бу махсулотлар билан бўялган девор ва шипларда патоген микроорганизмларнинг яшаши мумкин бўлмайди. Сувни тозалаш филтрларидаги кўмирларга кумушнинг нанозаррачаларининг қўшилиши бундай филтрларнинг хизмат муддатини узайтиради ва тозаланаётган сувнинг биологик тозалиги ортади.

Нанозаррачалар нафақат фойда балки зарар ҳам етказишлари мумкин. Кумушнинг нанозаррачалари инъекция сифатида сичқонларнинг организмига киритилганида токсик таъсири кўрсатилган бўлиб, шу миқдордаги кумуш ионлари киритилганида эса ўлимга олиб келмаган.

Ўзбекистонда янги махсулотни “Policotton-patrokl” МЧЖ “SilverteX” савдо маркаси остида тақдим этади. Ассортиментда нанотехнологиялар қўлланилган ҳолда кумуш билан ишлов берилган – носкилар, ички кийимлар, ётоқ тўқимачилик махсулотлари. «SilverteX» носкилари тўлиқ маҳаллий хом ашёлардан ишлаб чиқарилган бўлиб синтетик махсулотларнинг миқдори минимал даражага келтирилган (8%гача). Кумуш билан махсус ишлов берилиши ёқимсиз хидни, терлашни, касаллик қўзғатувчи замбуруғларни ўсишини олдини олади.

Нима учун нанозаррачалар бактерицид тўқимачилик махсулотлари учун энг мақбул ҳисобланади?

Кейсни ечиш учун ахборотларнинг турларини ва қуйидаги саволларга жавобларни билиш зарур:

Хлорид кислотаси кумуш билан реакцияга киришадими?

Нима учун оддий кумуш хлорид кислотаси билан реакцияга киришмайди?

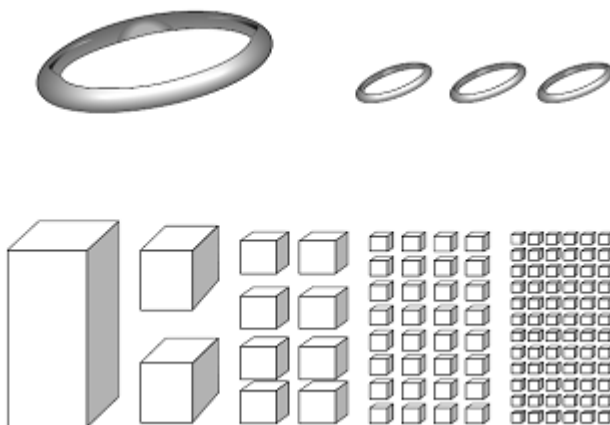
Нима учун кумуш нанозаррачалари хлорид кислотаси билан реакцияга киришади?

Кумушнинг  $Ag_5$  нанозаррачалари ва хлорид кислотаси билан ўзаро таъсирлашув тенгламасини тузинг?

Кумуш нанозаррачаларининг қўлланилиши қанчалик даражада хавфсиз ҳисобланади?

Маълумки кумуш инсон организми учун энг кучли антисептик хисобланади, у 700 дан ортиқ қассалик қўзғатувчи микроорганизмларни, замбуруғларни, бактерияларни, вирусларни ўлдиради.

Аниқланганки нанозаррачалар юқори реакция хоссаларга эга бўлиб оддий моддалар реакцияга киришмайдиган жараёнларда қатнашиши мумкин. Оддий кумуш билан хлорид кислотаси реакцияга киришмайди. Бироқ кумушнинг нанозаррачалари хлорид кислотаси билан реакцияга киришиб водороднинг ажралишига сабаб бўлади. Нанозаррачаларнинг бундай холати юза эффекти туфайли вужудга келади. Гап шундаки майда заррачада юзада жойлашган атомларнинг миқдорий қисми ортади. Бу атомларда узилган боғланишлар мавжуд бўлиб, улар нисбатан юқори энергия ва фаолликга эга бўлади.



Decreasing of ring to nanoscale leads to color change (left), depletion of metal to nanopieces leads to great surface active area

## **VI. МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМ МАВЗУЛАРИ**

### **1. Мустақил таълимни ташкил этиш шакли ва мазмуни.**

Нанотехнология жараёнлари, физик-кимёвий асослари фанини ўрганувчи Олий таълим муассасаларининг профессор-ўқитувчилар аудиторияда олган назарий билимларини мустахкамлаш ва технологиядаги амалий масалаларни ечишда кўникма ҳосил қилиш учун мустақил тизимига асосланиб, кафедра ўқитувчилари раҳбарлигида, мустақил иш бажарадилар. Бунда улар кўшимча адабиётларни ўрганиб ҳамда интернет сайтларидан фойдаланиб рефератлар ва илмий мақолалар тайёрлайдилар, амалий машғулот мавзусига доир уй вазифаларини бажарадилар, кўргазмали куроллар ва слайдлар тайёрлайдилар.

Мустақил таълимнинг асосий мақсади – ўқитувчининг раҳбарлиги ва назоратида муайян ўқув ишларини мустақил равишда бажариш учун билим ва кўникмаларни шакллантириш ва ривожлантириш.

Мустақил ишини ташкил этишда қуйидаги шакллардан фойдаланилади:

- дарслик ва ўқув қўлланмалар бўйича фан мавзуларини ўрганиш;
- тарқатма материаллар бўйича маърузалар қисмини ўзлаштириш;
- компьютер технологиялари тизимлари билан ишлаш;
- махсус адабиётлар бўйича реферат ва конспектлар тайёрлаш;
- ўқув-илмий-тадқиқот ишларини бажариш билан боғлиқ бўлган адабиётлар, монография ва илмий тўпламларни чуқур ўрганиш;
- масофавий таълимни ташкил этишда қатнашиш;
- макет, модел ва намуналар яратиш;
- илмий мақола, анжуманга маъруза тайёрлаш ва ҳ.к.

### **2. Мустақил таълим мавзулар**

1. Нанообъектларнинг асосий турлари ва улар асосидаги тизимлар;
2. Углеродли нанотрубкалар ва фуллеренлар;
3. Наноструктураланган материалларни синтез қилиш усуллари;
4. Нанокристал кукунларнинг синтез қилиш усуллари;
5. Плазмакимёвий синтез қилиш усуллари;
6. Темплант синтез;
7. CVD ва PVD жараёнлар;
8. Молекулаларнинг симметрияси;
9. Кванткимёвий ҳисоблар;
10. Атом-кучланишлимикроскопия (AFM) ёки сканерловчи зонд микроскопияси (СЗМ);
11. Биомослашувчанлик ва нанокерамика;
12. Бакминстер - фуллеренлари;
13. Углеродли нанотрубка (CNT);
14. Буғ фазасидан кимёвий чўктириш (CVD);
15. ДНК-чиплар;
16. Электронмикроскоп;

- 17.Эпитаксия;
- 18.Суюқ кристаллар (СК);
- 19.Молекуляр электроника;
- 20.Фотокатализ;
- 21.Фотонкристаллар;
- 22.Плазма;
- 23.Буғ фазасидан физикавий чўктириш (PVD);
- 24.Пиролиз;
- 25.Квант компютерлар;
- 26.Квант нукталари;
- 27.Резонансли туннелланган қурилма (RTD);
- 28.Сканирловчи яқин худудли оптик микроскопия (SNOM);
- 29.Шакл хотирали полимерлар;
- 30.Золь-гельусул;
- 31.Сканирловчи туннелли микроскоп (СТМ);
- 32.Ўта эгилувчанлик ва нанотехнология;
- 33.Дориларни мақсадли етказиш;
- 34.Юпқапленкали транзисторлар (TFT);
- 35.Тўқимали инженерия;
- 36.Буғ-суюқлик-қаттиқ модда усули (VLS);
- 37.Вискерлар;
- 38.Рентгенфотоэлектрон спектроскопия (XPS);

## VII. ГЛОССАРИЙ

Термин	Таянч сўз	Ўзбек тилидаги шарҳи	Инглиз тилидаги шарҳи
1.	<b>Аэрогел</b>	<b>Аэрогел:</b> суюқлиги ютилган газ билан ўриналмашган гелдан олинган ғоваксимон каттиқ чўкма	<b>Aerogel:</b> a porous solid formed from a gel in which the liquid is replaced with a gas with gas entrapment
2.	<b>Атом-кучланишлимикроскопия (AFM) ёки сканерловчи зонд микроскопияси (СЗМ)</b>	<b>Атом-кучланишлимикроскопия (AFM) ёки сканерловчи зонд микроскопияси (СЗМ):</b> атом кўрсатгичли юзадаги атомларнинг тасвирини ёки бошқа функционал хоссаларини тасвирлаш учун қўлланилувчи юқори кўрсатгичли қурилма	<b>Atomic force microscopy (AFM) or scanning probe microscopy (SPM):</b> a high-resolution device used to map topography or other functional properties of the surface atoms at atomic resolution capabilities
3.	<b>Атом манипуляцияси</b>	<b>Атом манипуляцияси:</b> атом-кучланишли микроскопия ва сканерловчи тунелли микроскоп каби илғор усуллар туфайли имконияти туғилган юзанинг тузилишини атом ортидан атом еки кимёвий модификациялаш	<b>Atomic manipulation:</b> atom by atom modification of surface structure or chemistry made possible by advanced techniques like atomic force microscope and scanning tunnelling microscope
4.	<b>Таъқиқланган чегаранинг кенглиги</b>	<b>Таъқиқланган чегаранинг кенглиги:</b> барча электрон энергетик ҳолатлар таъқиқланган каттиқ жисмдаги валент чегара ва ўтказувчанлик чегараси орасидаги энергетик туйнук	<b>Band gap:</b> energy gap between the valence band and conduction band in a solid in which all electronic energy states are forbidden
5.	<b>Биомослашувчанлик</b>	<b>Биомослашувчанлик:</b>	<b>Biocompatibility:</b>

		нохуш ўзгаришларни чақирмай материалнинг биологик тизим билан таъсирлашувида ўз вазифаларини бажариши	capability of a material in contact with a biological system to perform its intended function without causing deleterious changes
6.	<b>Биомиметика</b>	<b>Биомиметика:</b> замонавий технологияларни қўллаш билан муҳандислик тизимларни тадқиқ қилиш ва лойиҳалаштириш учун табиий тизимларга ўхшаш, инженерия ёки тақлид қилиш тўғрисидаги фан	<b>Biomimetic:</b> the science of imitating or reverse engineering from natural systems to the study and design of engineered systems using modern technology
7.	<b>Бот</b>	<b>Бот:</b> робот ёки автоматлаштирилган интеллектуал машина	<b>Bot:</b> a robot or automated intelligent machine
8.	<b>Тагдан-тепага</b>	<b>Тагдан-тепага:</b> асосий бирликлари нанозаррачалар/нанотизимларни ҳосил қилиш билан бирлашадиган атом миқёсидаги асосий бирликларидан наноматериалларнинг синтез қилиш стратегияси	<b>Bottom-up:</b> a strategy for synthesizing nanomaterials from atomic scale fundamental units where the fundamental units link up to form nanoparticles/nano structures
9.	<b>Бакминстер - фуллерен</b>	<b>Бакминстер - фуллерен:</b> Ричард Бакминстер Фуллерен томонидан лойиҳалаштирилган геодезик гумбазга ўхшаши туфайли унинг шарафига номланган C60 формулани доирасимон молекула; Бакминстерфуллерен – фуллереннинг дастлабки	<b>Buckminster fullerene:</b> a spherical molecule with the formula C60, named in homage to Richard Buckminster Fuller, due to its resemblance to the geodesic dome designed by him;

		топилган молекуласи ҳисобланади, шу билан бирга курумда оз миқдорда топилиши мумкин бўлганлиги учун табиий ҳосил бўлиши нуқтаи назаридан энг кўп тарқалган ҳисобланади.	Buckminster fullerene is the first fullerene molecule to be discovered and is also the most common in terms of natural occurrence, as it can be found in small quantities in soot
10.	<b>Заряд боғланишли қурилма (CCD)</b>	<b>Заряд боғланишли қурилма (CCD):</b> зарядланган позицион-сезгир ахборотни йиға оладиган ва рақамли тасвирларни ишлатиш учун кенг қўлланиладиган манипуляциялар учун рақамли маълумотларга ўтказа оладиган қурилма	<b>Charge-coupled device (CCD):</b> a device that can gather position-sensitive charge information and convert to digital data for manipulation, which is used extensively for digital imaging applications
11.	<b>Комплементарметалоксидли ярим ўтказгич (CMOS)</b>	<b>Комплементар металоксидли ярим ўтказгич (CMOS):</b> интеграл схемалар (ICs) ва ўта катта интеграл схемаларни (VLSI) ясаш учун янги технология, асосий афзалликлари кам энергия сарф қилиши ва юқори шовқин даражасида бўлиб бу ўз навбатида юза бирлиги доирасида қурилмаларнинг юқори зичлигини таъминлайди	<b>Complementary metal–oxide semiconductor (CMOS):</b> an emerging technology for the fabrication of ICs and VLSI, the main advantage being low power consumption and high noise, enabling larger density of devices within unit area
12.	<b>Углеродли нанотрубка (CNT)</b>	<b>Углеродли нанотрубка (CNT):</b> тасвир форматининг юқори ўзгартирилиб туришли цилиндрсимон	<b>Carbon nanotube (CNT):</b> an allotrope of carbon with cylindrical nanostructure and



		наноструктурали углероднинг аллотропик шакли; уларнинг ўзгача бўлган электрон ва магнит хоссалари кенг қўлланилади.	having high aspect ratios; their unusual electronic and magnetic properties find wide applications
13.	<b>Коллоид</b>	<b>Коллоид:</b> ўзлуксиз мухитдаги дисперсияланган модданинг бир турдаги суспензияси; қаттиқ, суюқ ёки газсимон бўлиши мумкин.	<b>Colloid:</b> a homogenous suspension of a dispersoid in a continuous medium; it may be a solid, liquid or gas
14.	<b>Буғ фазасидан кимёвий чўктириш (CVD)</b>	<b>Буғ фазасидан кимёвий чўктириш (CVD):</b> газсимон реагентларнинг қўлланилиши билан юпка пленкаларнинг тагликда чўктириш услуби	<b>Chemical vapour deposition (CVD):</b> a technique for depositing thin films on a substrate using gaseous reactants
15.	<b>Холилаштирилганхудуд</b>	<b>Холилаштирилганхудуд:</b> зарядларни эркин ташувчиларидан холи бўлган яримўтказгич материалларнинг бирлашиш жойи	<b>Depletion zone:</b> a region at the junction of semiconducting materials that is devoid of free charge carriers
16.	<b>Дислокация</b>	<b>Дислокация:</b> кристаллографический линейный дефект, включающий нерегулярность периодического расположения атомов (отсутствие ряда атомов в плоскости) в кристалле	<b>Dislocation:</b> a crystallographic line defect involving irregularity in the periodic arrangement of atoms (missing row of atoms in a plane) in a crystal
17.	<b>ДНК-чип</b>	<b>ДНК-чип:</b> гендаги мутацияларни ёки ўзгаришларни идентификациялаш учун қўлланиладиган яримўтказгичли микрочип асосидаги	<b>DNA chip:</b> a sensor based on a semiconductor microchip used to identify mutations or alterations in a gene

		датчик	
18.	<b>Тенг каналли бурчакли пресслаш(ЕСАР)</b>	<b>Тенг каналли бурчакли пресслаш(ЕСАР):</b> шакл ва ўлчамларини ўзгартиришсиз катта микдордаги деформацион силжишни киритувчи ултрадисперс тузилишли заррачаларни ишлаб чиқариш учун пластик деформациянинг оғир техникаси; экструзия иштирокидаги ўхшаш жараённи намоён қилувчи тенг каналли бурчак экструзияси (ЕСАЕ)	<b>Equal channel angular pressing (ЕСАР):</b> a severe plastic deformation technique for producing ultrafine grain structures, which introduces a large amount of shear strain into the materials without changing its shape or dimensions; equichannel angular extrusion (ЕСАЕ) is a similar process involving extrusion
19.	<b>Электрон микроскоп</b>	<b>Электрон микроскоп:</b> тезлаштирилган электронларнинг коллимирилган дастасини намунага фокуслаб атом ўлчамидаги катталаштирилган тасвирни олиш учун қўлланиладиган микроскоп	<b>Electron microscope:</b> a microscope that focusses a collimated accelerated electron beam on the specimen to produce a magnified image at atomic resolution
20.	<b>Электрон бурун</b>	<b>Электрон бурун:</b> хид еки таъмларни аниқлаш учун бир неча кимёвий сенсорлардан ташкил топган қурилма	<b>Electronic nose:</b> a device consisting of an array of chemical sensors to detect odours or flavours
21.	<b>Электрон тил</b>	<b>Электрон тил:</b> таъмларни аниқлаш ва таққослаш учун бир неча кимёвий датчиклардан ташкил топган қурилма	<b>Electronic tongue:</b> a device consisting of an array of chemical sensors to detect and compare tastes
22.	<b>Эпитаксия</b>	<b>Эпитаксия:</b> асосий	<b>Epitaxy:</b> growth of

		таглик билан кристаллографик тартибни (когерентликни) таъминлаш учун иккиламчи фазанинг ўсиши	a secondary phase maintaining a perfect crystallographic registry (coherency) with the underlying substrate
23.	<b>Fab</b>	<b>Fab:</b> интеграл схемалар ва ва яримўтказгичли асбобларни ишлаб чиқариш учун назорат қилинувчи чўктириш жараёнлари ва тоза хоналардан ташкил топган микротехнологик объект	<b>Fab:</b> a microfabrication facility consisting of clean rooms and controlled deposition process for the fabrication of semiconductor devices and ICs
24.	<b>Майдон эффектлитранзистор (FET)</b>	<b>Майдон эффектлитранзистор (FET):</b> электр майдони ёрдамида ўтказувчанлигини бошқариш мумкин бўлган транзистор	<b>Field effect transistor (FET):</b> a transistor whose conductivity can be controlled by electrical field
25.	<b>Ёқилғиэлементи</b>	<b>Ёқилғи элемент:</b> ташқи манба ёқилғиси ёки реагенти асосида электр энергиясини ишлаб чиқариш имкониятига эга электрохимёвий ячейка	<b>Fuel cell:</b> an electrochemical cell capable of producing electrical energy with fuel or reactant being used up from an external source
26.	<b>Гигантмагнит қаршилиги (GMR)</b>	<b>Гигантмагнит қаршилиги (GMR):</b> юпқа пленкали структураларда кузатиладиган квант-механик эффект: ферромагнит каватнинг магнит майдони таъсирига учраганда электр қаршилиги сезиларли даражада камаяди	<b>Giant magnetoresistance (GMR):</b> quantum mechanical effect observed in thin film structures: the electrical resistance decreases significantly when the ferromagnetic layer is exposed to a magnetic field
27.	<b>Заррачаларнинг</b>	<b>Заррачаларнинг</b>	<b>Grain boundary:</b>

	<b>чегараси</b>	<b>чегараси:</b> 2D-дефект, аниқ аниқланган иккита чегараланувчи кристалларнинг интерфейси	a 2D defect, the interface bordering two well-defined crystals
28.	<b>Заррачалар чегарасининг миграцияси</b>	<b>Заррачалар чегарасининг миграцияси:</b> термик ёки механик кучланиш йўли ёрдамида фаоллаштирилган заррачалар чегараларининг келишилган харакати	<b>Grain boundary migration:</b> coordinated movement of grain boundaries activated either thermally or by mechanical stress
29.	<b>Холл-Петч қонуни</b>	<b>Холл-Петч қонуни:</b> асосан чегарадаги заррачанинг мустахкамлашуви хисобига хосил бўлувчи кристалсимон модданинг каттиклигига заррачаларнинг ўлчамини тескари таъсирини тавсифловчи эффекти	<b>Hall–Petch relation:</b> the effect describing the inverse effect of grain size on the hardness of a crystalline solid that arises mainly due to grain boundary strengthening
30.	<b>Иссик изостатик преслаш (HIPing)</b>	<b>Иссик изостатик преслаш (HIPing):</b> майин заррачаларни яхлит қисмларга сиқиш учун юқори гидростатик босим ва хароратни қўллаш жараёни	<b>Hot isostatic pressing (HIPing):</b> the process of using high hydrostatic pressure and temperature to compress fine particles into coherent parts
31.	<b>Кридер қонуни</b>	<b>Кридер қонуни:</b> каттик дискларнинг хотира хажми деярли хар йили икки баробар кўпаяди	<b>Kryder’s law:</b> the memory storage capacity of hard drives doubles almost every year
32.	<b>Светодиод (LED)</b>	<b>Светодиод (LED):</b> электрлюминесценция принципига асосан ишловчи яримўтказгичли нур манбаи, нурланувчи	<b>Light-emitting diode (LED):</b> a semiconductor light source working on the

		ёруғликнинг тўлқин узунлиги яримўтказгичларнинг таъқиқланган худуди кенглигига боғлиқ	principle of electroluminescence, where the wavelength of light emitted depends on the band gap of semiconductors
33.	<b>Суюқкристал (СК)</b>	<b>Суюқ кристал (СК):</b> суюқлик ва қаттиқ кристалсимон модда хоссалари оралиғидаги материя; суюқ кристалли дисплейларда кенг қўлланилади	<b>Liquid crystal (LC):</b> a state of matter with properties between a liquid and solid crystal; it is used extensively in liquid crystal displays
34.	<b>Магиксон</b>	<b>Магиксон:</b> анчагина юқори бўлган структуравий ва потенциал турғунликни таъминловчи кластердаги атомларнинг критик сони	<b>Magic number:</b> a critical number of atoms in a cluster size providing it higher structural and potential stability
35.	<b>Механикқотишмалаш</b>	<b>Механик қотишмалаш:</b> юқори энергияли шарли тегирмонда заррачаларнинг қайта деформацияланиши ва ёриқлари натижасида майдаланиши, кукунларнинг заррачалари совук пайванланадиган қаттиқ жисмдаги жараён	<b>Mechanical alloying:</b> a solid state process in which grain refinement occurs by repeated deformation, fracturing and cold welding of powder particles in a high-energy ball mill
36.	<b>Суюқланиш хароратининг осцилляцияси</b>	<b>Суюқланиш хароратининг осцилляцияси:</b> заррачала рнинг ўлчами ассосий массадан субнанометргача камайиб микдорининг ошиши натижасидаги суюқланиш хароратини бостириш ходисаси	<b>Melting point oscillation:</b> the phenomenon of suppression of melting point followed by elevation as the particle size is reduced from bulk to sub-nanometre

			size
37.	<b>Микроэлектромеханик системалар(MEMS)</b>	<b>Микроэлектромеханик системалар (MEMS):</b> электр энергияси билан бошқариладиган микрорамермеханик тизим; механик курилмаларнинг ўлчамлари нанометрик диапазонга яқинлашганда уларни наноэлектромеханик тизимлар деб аташади (NEMS)	<b>Microelectromechanical systems (MEMS):</b> a microdimensional mechanical system driven by electrical energy; when the dimensions of the mechanical devices approach nanometric range they are termed nanoelectromechanical systems (NEMS)
38.	<b>Мезоғовакли</b>	<b>Мезоғовакли:</b> бир меъёردа бер текис жойлашган мезоғовакли (диаметри 2-50 нм) ғоваксимон материаллар; юза сиртининг катталиги уларни адсорбент еки катализаторлар сифатида фойдали қилади	<b>Mesoporous:</b> porous materials with regularly arranged, uniform mesopores (2–50 nm in diameter); their large surface areas make them useful as adsorbents or catalysts
39.	<b>Микрокантилевер</b>	<b>Микрокантилевер:</b> микрометр миқёсидаги ўлчамли кантилеверли нур, MEMS соҳасида, датчикларда, резонаторларда ва ҳкз кенг қўлланилади	<b>Microcantilever:</b> a cantilever beam with dimensions in the micrometer scale that is extensively used in the field of MEMS, sensors, resonators, etc.
40.	<b>Молекуляр электроника</b>	<b>Молекуляр электроника:</b> электрон курилмаларда қўлланилиши учун молекулаларнинг тадқиқи ва қўлланилиши	<b>Molecular electronics:</b> the study and application of molecules for electronic device applications
41.	<b>Мур қонуни</b>	<b>Мур</b>	<b>Moore's law:</b> a

		<p><b>қонуни:</b> қурилманинг юза бирлигига ўрнаштирилган транзисторларнинг сони тахминан ҳар 18 ойда икки баробар кўпайишини назарда тутувчи ҳисоблаш қурилмаларидаги ўзоқмуддатли тренд</p>	<p>long-term trend in computing hardware suggesting that the number of transistors built in a unit area of the device approximately doubles every 18 months</p>
42.	<p><b>Мултиплет иккиламчи заррачалар (МТР)</b></p>	<p><b>Мултиплет иккиламчи заррачалар (МТР):</b> олмос (C, Si, Ge) ва қотишмалар типидagi яримўтказгичлардан, кубсимон ёқларимарказлаштирилган металллардан олинган юпқа пленкалар (кристалл тагликларда чўктирилган) ва нанокристалл заррачалардаги бешинчи тартибли псевдосимметриянинг кузатилиши</p>	<p><b>Multiply twinned particles (MTP):</b> observed frequently with a pseudo five-fold symmetry in nanocrystalline particles and thin films (deposited on crystalline substrates) of cubic face-centred metals, diamond-type semiconductors (C, Si, Ge) and alloys</p>
43.	<p><b>Мултиқаватлар</b></p>	<p><b>Мултиқаватлар:</b> бир-бирига жойлаштирилган турли хил кимёвий таркибли ёки структурали юпқа пленкалар</p>	<p><b>Multilayers:</b> thin films of differing chemistry or structure deposited one over the other</p>
44.	<p><b>Нано</b></p>	<p><b>Нано:</b> карликни ёки бирон-бир кичик нарсани билдирувчи грекча олд кўшимчаси, бир миллиарддан бир қисмини билдиради (<math>10^{-9}</math>)</p>	<p><b>Nano:</b> Greek prefix meaning dwarf or something very small; depicts one billionth (<math>10^{-9}</math>) of a unit</p>
45.	<p><b>Нанобот</b></p>	<p><b>Нанобот:</b> нанометрли ўлчамлардан ташкил топган компонентли робот (ярим ёки тўлиқ автоматлаштирилган интеграл машина); улар</p>	<p><b>Nanobots:</b> a robot (semi- or fully-automated intelligent machine) consisting of</p>

		нанороботлар, наноидлар, нанитлар, наномашиналар ёки наномитлар номлари билан ҳам учрайди	components of a few hundred nanometre- dimensions; they are also referred to as nanorobots, nanoids, nanites, nanomachines or nanomites
46.	<b>Нанотолалар</b>	<b>Нанотолалар:</b> 100 нм дан кичик бўлган диаметрли толалар	<b>Nanofibre:</b> fibres with diameter less than 100 nm
47.	<b>Нанодисперсия</b>	<b>Нанодисперсия:</b> металла р, керамик, углеродли нанотрубкалар ва хкз нанозаррачаларнинг коллоид суспензияси	<b>Nanofluid:</b> colloidal suspension of nanoparticles of metals, ceramic, carbon nanotubes, etc.
48.	<b>Наноиндентификация лаш</b>	<b>Наноиндентификациял аш:</b> наноўлчамли хажмларга қўлланилувчи босишдаги қаттиқлик тести, кичик босимларда алохида нанозаррачаларнинг қаттиқлигини аниқлаш учун	<b>Nanoindentation:</b> an indentation hardness test applied to nanoscale volumes at small loads to obtain the hardness of individual nanoparticles
49.	<b>Нанолитография</b>	<b>Нанолитография:</b> наноў лчамли деталларни шакллаш учун нано ишлаб чиқариш техникаси; интеграл схемалар ва NEMSлар ишлаб чиқаришда кенг қўлланилади	<b>Nanolithography:</b> a nanofabrication technique for patterning nanoscale features; used extensively in the fabrication of ICs and NEMS
50.	<b>Наноматериал</b>	<b>Наноматериал:</b> бирон бир ўзгариши нано даражада (<100 нм) бўлган материалларнинг синфи	<b>Nanomaterial:</b> class of materials in which at least one of the dimensions is on the nanoscale (<100 nm)
51.	<b>Наностержнлар</b>	<b>Наностержнлар:</b> ёқларин	<b>Nanorods:</b> 3D



		инг нисбати 3-5 диапазонида бўлган 3Днаноструктуралар; уларнинг барча ўлчамлари 1-100 нм диапазонида бўлади	nanostructures with aspect ratio typically in the range of 3–5; all their dimensions are in the range 1–100 nm
52.	<b>Наноқобиклар</b>	<b>Наноқобиклар:</b> диаметри бир неча ўнликдаги нанометрда бўлган объект ядроси устидаги юпка қобик	<b>Nanoshells:</b> a thin coating over a core object a few tens of nanometres in diameter
53.	<b>Нанотехнологиялар</b>	<b>Нанотехнологиялар:</b> ато м ва молекула даражасида моддаларнинг устидаги манипуляциялар; одатда 1 дан 100 нанометргача бўлган ўлчамдаги структуралар билан ишланади, ҳамда бир кўрсаткичи шу ўлчамларда бўлган материалларни ёки қурилмаларни ишлаб чиқишни ўз ичига олади	<b>Nanotechnology:</b> study of manipulating matter on an atomic and molecular scale; generally deals with structures sized between 1 and 100 nanometres in at least one dimension, and involves developing materials or devices possessing at least one dimension within that size
54.	<b>Наносимлар</b>	<b>Наносимлар:</b> нанометр ўлчамли кенгликдаги ва геометрик ўлчамларининг нисбати 1000 ва ундан юқори бўлган 1Днаноструктуралар	<b>Nanowires:</b> 1D nanostructures with width of nanometric dimensions and exhibiting aspect ratios of 1000 or more
55.	<b>Наноэлектромеханичес кие системы (NEMS)</b>	<b>Наноэлектромеханичес кие системы (NEMS):</b> см MEMS	<b>Nanoelectromech anical systems (NEMS):</b> refer MEMS
56.	<b>Оптоэлектроника</b>	<b>Оптоэлектроника:</b> элект	<b>Opto-electronics:</b>

		рон қурилмалардани электромагнит фотонларнинг қўлланилиши; “электр сигналининг оптик сигналга” ёки “оптик сигнални электр сигналга” ўтказувчи ўзгартгичлар бўлиши мумкин	an application of electromagnetic photons for electronic device applications; they can be either electrical-to-optical or optical-to- electrical transducers
57.	<b>Фотокатализ</b>	<b>Фотокатализ:</b> катализатор иштирокида фотонлар оқимини қўллаш билан кимёвий реакция тезлигини тезлаштириш феномени	<b>Photocatalysis:</b> phenomenon of accelerating a chemical reaction rate using a photon beam in the presence of a catalyst
58.	<b>Фотолюминесценция (PL)</b>	<b>Фотолюминесценция (PL):</b> баъзи бир моддаларнинг маълум бир тўлқин узунликдаги электромагнит нурларни ютиб ва қайтадан фотонларни турли хил тўлқин узунликда нурлатувчи жараён	<b>Photoluminescence (PL):</b> a process by which certain substances absorb electromagnetic radiations of specific wavelengths and re-radiate photons of different wavelength
59.	<b>Фотонкристаллар</b>	<b>Фотонкристаллар:</b> электромагнит тўлқинларни тарқатилишига таъсир этишга мўлжалланган даврий диэлектрик ёки металл диэлектрик оптик наноструктуралар	<b>Photonic crystals:</b> periodic dielectric or metallo-dielectric optical nanostructures that are designed to affect the propagation of electromagnetic waves (EM) in the same way as the periodic potential in a semiconductor crystal affects electron motion by

			defining allowed and forbidden electronic energy bands
60.	<b>Фотоника</b>	<b>Фотоника:</b> маълумотларни бошқаришда электронлар ўрнига еруғликни (фотонларни) қўлловчи электроника	<b>Photonics:</b> electronics using light (photons) instead of electrons to manage data
61.	<b>Пьезорезистив эффект</b>	<b>Пьезорезистив эффект:</b> ташқаридан механик босим таъсирига боғлиқ равишда материалнинг электр қаршилигининг ўзгариш ходисаси	<b>Piezoresistive effect:</b> phenomenon by which electrical resistance of a material varies with externally applied mechanical pressure
62.	<b>Плазма</b>	<b>Плазма:</b> ионлашган модданинг анчагина катта фракциясини ўзида сақловчи модданинг ҳолати; плазманинг хоссалари қаттиқ моддалардан, суюқликлардан ёки газлардан тубдан фарқ қилади	<b>Plasma:</b> a state of matter containing a significantly large fraction of ionized matter; plasma properties differ significantly from those of solids, liquids or gases
63.	<b>Буғ фазасидан физикавий чўктириш (PVD)</b>	<b>Буғ фазасидан физикавий чўктириш (PVD):</b> тагликда юпқа пленкаларни олиш учун атомларни мўлжал материалдан бўғлатиш иштирокида вакуум чўктиришнинг турли технологиялари	<b>Physical vapour deposition (PVD):</b> a variety of vacuum deposition technique involving vaporization of atoms from target material to produce a thin film on a substrate
64.	<b>Пиролиз</b>	<b>Пиролиз:</b> аланга ( <i>pyr</i> ) остида ажратишни ( <i>lysis</i> ) англатувчи грекча сўз; кислород иштирокисиз юқори хароратларда органик моддани	<b>Pyrolysis:</b> Greek word denoting separation ( <i>lysis</i> ) under fire ( <i>pyr</i> ); a thermochemical method involving

		парчалашни ўз ичига олувчи термохимёвий усул	decomposition of organic material at elevated temperatures in the absence of oxygen
65.	<b>Кванткомпютерлар</b>	<b>Кванткомпютерлар:</b> кир иш маълумотларидаги операцияларда квант-механик ходисаларини қўлловчи ҳисоблаш асбоблари	<b>Quantum computers:</b> a computational device using quantum mechanical phenomena for operations on input data
66.	<b>Квантнуқталари</b>	<b>Квантнуқталари:</b> электронларнинг энергия ҳолатлари барча учта кенглик ўлчамларида аниқланадиган 0D наноструктуралар; уларнинг электрон хоссалари кластерлар ва яримўтказгичлар орасида бўлади	<b>Quantum dots:</b> 0D nanostructures in which electron energy states are confined in all three spatial dimensions; their electronic properties are between that of clusters and bulk semiconductors
67.	<b>Кубит</b>	<b>Кубит:</b> ҳисоблашлардаги битнинг квант эквиваленти; атомларнинг квант хоссаларини ўлчаш қўшимчаси билан	<b>Qubit:</b> a quantum-computing equivalent to a bit; with an additional dimension of quantum properties of atoms
68.	<b>Резонансли туннелланган қурилма (RTD)</b>	<b>Резонансли туннелланган қурилма (RTD):</b> электронларни фақатгина икки йўналишда ушлаб қолувчи узун ва қисқа яримўтказгичли оролчалардан ташкил топган 2D квант ускуналари	<b>Resonant tunnelling devices (RTD):</b> 2D quantum devices that consist of a long and narrow semiconductor island, with electron confinement only in two directions

69.	<b>Резонанс-туннелли транзисторлар (RTT)</b>	<b>Резонанс-туннелли транзисторлар (RTT):</b> RTD га қара	<b>Resonant tunnelling transistors (RTT):</b> see RTD
70.	<b>Сканирловчи яқинхудудли оптикмикрокопия(SNOM)</b>	<b>Сканирловчи яқинхудудли оптикмикрокопия(SNOM):</b> намунани ишлатилаётган нурнинг тўлқин узунлигидан кичик бўлган ўлчамдаги тирқиш орқали ёритади, наmunани яқинхудудли манба режими доирасида жойлаштирилади; оддий объектив ёрдамида намунадаги диафрагманинг сканерлаш йўли билан тасвир шаклланиши мумкин бўлади	<b>Scanning near-field optical microscopy (SNOM):</b> illuminates a specimen through an aperture of a size smaller than the wavelength of light used and with the specimen positioned within the near-field regime of the source; by scanning the aperture across the sample through a conventional objective, an image can be formed
71.	<b>Ўз-ўзини йиғиш</b>	<b>Ўз-ўзини йиғиш:</b> бирор бир ташқи куч таъсирисиз бир теккис ёки ташкиллаштирилган тузилиш ҳосил қилиш учун компонентларнинг ўз ичида ўзаро таъсирлашув жараёни	<b>Self-assembly:</b> process in which the components interact within themselves to form aligned or organized structures without any external force
72.	<b>Шакл хотирали полимерлар</b>	<b>Шакл хотирали полимерлар:</b> хароратнинг ўзгариши каби ташқи кучлар таъсирида вужудга келган ташқи кучлар таъсирида деформациядан сўнг ўзининг дастлабки шаклига қайтиш қобилиятига эга ақлли	<b>Shape memory polymers:</b> smart polymers capable of returning to their original shape after being deformed by external forces, when triggered by an external stimulus such as

		полимерлар	temperature change
73.	<b>Бирэлектронли транзистор (SET)</b>	<b>Бирэлектронли транзистор (SET):</b> чиқувчи заряднинг жуда кичик ўзгаришларини аниқлаш қобилиятига эга мосламалар; биргина электрон учун ҳам зарядлар фарқи “ёқий-ўчириш” функциясини чақириши мумкин	<b>Single electron transistor (SET):</b> devices that are capable of detecting very small variations in the charge of the gate; charge differences of even one electron can cause the on-and-off switching function of SET
74.	<b>Золь-гельусул</b>	<b>Золь-гельусул:</b> кейинчалик қовушқоқ гел ва қаттиқ материалга ўтувчи коллоид суспензияни (“зол”) генерациялашни ўз ичига олуви жараён	<b>Sol-gel method:</b> a process that involves the generation of a colloidal suspension (‘sol’), which is subsequently converted to viscous gel and solid material
75.	<b>Спинтроника (спин асосидаги электроника)</b>	<b>Спинтроника (спин асосидаги электроника):</b> электронларнинг иккиланган хоссаларини, жумладан заряд ва спин ҳолатини қўлловчи янги технология; магнито-электроника сифатида ҳам маълум	<b>Spintronics (spin-based electronics):</b> an emerging technology, which exploits the dual property of electrons, namely charge and spin state; also known as magneto-electronics
76.	<b>Учқунли плазмали пишириш (SPS)</b>	<b>Учқунли плазмали пишириш (SPS):</b> графит матрицаси шунингдек ўтказувчан намуналар ҳолатида пишириладиган қуқундан бевиста ўтаётган доимий импульс токи қўлланилишидаги	<b>Spark plasma sintering (SPS):</b> a sintering technique using pulsed DC current that directly passes through the graphite die, as well as the powder

		пишириш техникаси	to be consolidated, in case of conductive samples
77.	<b>Ўтаўказувчан квантинтерферометр (SQUID)</b>	<b>Ўтаўказувчан квантинтерферометр (SQUID):</b> ўта кучсиз магнит майдонларини ўлчаш имкониятига эга мослама	<b>Superconducting quantum interference device (SQUID):</b> a device capable of measuring extremely weak magnetic fields
78.	<b>Жойлашиш дефектлари</b>	<b>Жойлашиш дефектлари:</b> атомларнинг нотўғри кетма-кет планар жойлашуви натижасида ҳосил бўлувчи кристаллографик дефектлар	<b>Stacking faults:</b> crystallographic defects arising due to wrong stacking sequence of planar arrangement of atoms
79.	<b>Сканирловчи туннелли микроскоп (СТМ)</b>	<b>Сканирловчи туннелли микроскоп (СТМ):</b> атом даражасида юзаларнинг тасвирларини қайта ишлашда цўлланиладиган қурилма; квант тунеллаш қоидаси асосида ишлайди	<b>Scanning tunnelling microscope (STM):</b> an instrument used for imaging surfaces at the atomic level; it works on the principle of quantum tunnelling
80.	<b>Ўта эгилувчанлик</b>	<b>Ўта эгилувчанлик:</b> чўзилувчанликка бўлган тадқиқотларда кутилаётган нормаларнинг чегараларидан анча катта бўлган материалнинг деформацияланиш қобилияти	<b>Superplasticity:</b> ability to deform a material well beyond the limits expected from normal tensile tests
81.	<b>Юзаплазмон (SP)</b>	<b>Юзаплазмон (SP):</b> ёруғлик билан кучли таъсирлашиш натижасида поляритонга	<b>Surface plasmon (SP):</b> plasmons that are confined to surfaces and

		олиб келувчи юзага мос келувчи плазмонлар	interact strongly with light resulting in a polariton
82.	<b>Дориларни мақсадли етказиш</b>	<b>Дориларни мақсадли етказиш:</b> терапияда локаллашган зарарланган хужайраларга/тўқималарга керак бўлган миқдорда фармацевтик бирикмани киритиш	<b>Targeted drug delivery:</b> administration of a pharmaceutical compound in desired amount to a localized diseased cell/tissue for therapy
83.	<b>Юпқа пленкали транзисторлар (TFT)</b>	<b>Юпқапленкали транзисторлар (TFT):</b> яримўтказгичли ва диэлектрик материалли юпқа пленка қаватли транзисторлар; радиографиянинг LCD ва рақамли иловаларида қўлланилади	<b>Thin film transistors (TFT):</b> an FET made of thin film layers of semiconducting and dielectric materials; used in LCD and digital radiography applications
84.	<b>Юпқа пленкалар</b>	<b>Юпқа пленкалар:</b> атомар конструкцияланган қаватлар нанометрдан максимум бир неча микронгача бўлган диапазонда бўлган калинликдаги пленкалар	<b>Thin films:</b> atomically engineered layers with film thickness usually in the range of nanometers to a maximum of a few microns
85.	<b>Тўқимали инженерия</b>	<b>Тўқимали инженерия:</b> сут эмизувчиларнинг асосий тўқималарининг тузилиши ва функционал асослари ҳамда функцияларини тиклаш, қўллаб туриш ёки яхшилаш учун биомослашувчан ўрнини босувчиларнинг қўлланилиши тўғрисидаги фан	<b>Tissue engineering:</b> science of structural and functional fundamentals of mammalian tissues and application of biocompatible substitutes to restore, maintain or improve functions



86.	<b>Төпадан пастга</b>	<b>Төпадан пастга:</b> нанокристалл материални олиш билан микрокристалл модданинг майдалашни ўз ичига олади; наноструктураларни синтез қилишнинг қаттиқ моддали йўллари шу категорияга киради	<b>Top-down:</b> involves fragmentation of a microcrystalline material to yield a nanocrystalline material; all solid state synthesis routes of nanostructures fall into this category
87.	<b>Учкаррали тугун</b>	<b>Учкаррали тугун:</b> учта кристалларнинг еки зарраларнинг тўқнашувидаги тугун	<b>Triple junction:</b> a node at the intersection of three crystals or grains
88.	<b>Буғ-суюқлик-қаттиқ модда усули (VLS)</b>	<b>Буғ-суюқлик-қаттиқ модда усули (VLS):</b> буғ фазасидан кимёвий чўктиришдаги наносимлар каби бирўлчамли наноструктураларнинг ўсиши учун механизм; кристалларнинг ўсиши ва кинетикаси самарадорлигини ошиши учун қўлланилади, каталитик суяққотишмали фаза буғларни ўтатўйинганлик даражасигача тезда адсорбциялаши мумкин	<b>Vapour-liquid-solid method (VLS):</b> a mechanism for the growth of one-dimensional nanostructures, such as nanowires, from chemical vapour deposition; to enhance the efficiency and kinetics for the growth of crystals, a catalytic liquid alloy phase which can rapidly adsorb a vapour to supersaturation levels is used
89.	<b>Вискерлар</b>	<b>Вискерлар:</b> эркин дислокацияланадиган кристаллнинг нозик толали ўсиши	<b>Whiskers:</b> thin fibrous growth of a dislocation free crystal
90.	<b>Рентгенфотоелектрон спектроскопия (XPS)</b>	<b>Рентгенфотоелектрон спектроскопия (XPS):</b> кимёвий модданинг юзасини микдорий анализ қилиш	<b>X-ray photoelectron spectroscopy (XPS):</b> a quantitative surface

		<p>услуги, элемент таркибини аниқлайди; Усул, рентген нурлари билан қаттиқ модданинг нурлаш ёрдамида олинган фотоэлектронларнинг тавсифини ўз ичига олади</p>	<p>chemical analysis technique that measures the elemental composition; the technique involves characterization of photoelectrons produced by irradiating a solid material with x-rays</p>
--	--	---	--

## **VIII. АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ**

### **Махсус адабиётлар**

1. Jeremy Ramsden Nanotechnology, Second Edition: An Introduction (Micro and Nano Technologies) 2nd Edition, Elsevier, 2011, 272 p.
2. Guozhong Cao, Ying Wang Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications 2nd Edition, Imperial College Press, 2010, 596 p.
3. David Rickerby Nanotechnology for Sustainable Manufacturing, Taylor and Francis, 2014, 283 p.
1. Пул Ч., Оуэнс Ф. Мир материалов и технологий. – М.: Техносфера, 2004. – 265 с.
2. Charles P. Poole, Frank J. Owens Introduction to Nanotechnology, John Wiley and Sons, 2003, 388 p.
3. Linda Williams, Wade Adams, Nanotechnology Demystified, McGraw-Hill, 2007, 343 p.
4. Л. Уильямс, В.Адамс. Нанотехнологии без тайн, McGraw-Hill, 364 с.
5. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию: Учебное пособие (пер. с японского). – М.: БИНОМ Лаборатория знаний, 2005. – 374 с.
6. Said Salaheldeen Elnashaie, Firoozeh Danafar, Hassan Hashemipour Rafsanjani Nanotechnology for Chemical Engineers, Springer, 2015, 278 p.
7. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований. Под ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса и П. Аливисатоса, Москва, 2002.
8. П. Харрис. Углеродные нанотрубы и родственные структуры, Москва, 2003.
9. Нанотехнологии-Азбука для всех. Под ред. Ю. А. Третьякова, М. Физматлит, 2008, 368 с.
10. Т. Pradeep Nano: the essentials. Understanding Nanoscience and Nanotechnology. McGraw-Hill, 2007.-432 p.
11. Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов/Под ред. С.В. Калюжного.-М.: Физматлит, 2010.-528 с.

### **Интернет сайтлари**

1. <http://ziyonet.uz/>
2. <http://www.sciencedirect.com/>
3. <http://www.chem.msu.su/>
4. <http://www.uz/>