



ТЕХНОЛОГІЯ СИНТЕЗУ ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G10 Металургія</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютеризовані процеси лиття (2025)</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна) / дистанційна/ змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>5 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредити ECTS, 30 годин лекцій, 16 годин практичних занять</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен / модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н., доцент, Биба Євген Георгійович</i> , e-mail: <i>egby-iff@ill.kpi.ua</i> Практичні роботи: <i>к.т.н., доцент, Биба Євген Георгійович</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/Nzg4MjEzMDAzODc4?cjc=fqxnegbz</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Вивчаючи дисципліну, студенти узагальнюють власні знання з різних дисциплін та долучаються до світового досвіду використання матеріалів з урахуванням технічних, технологічних, економічних та екологічних факторів. Студенти одержують важливий досвід щодо складу, структури, властивостей композиційних дисперсних матеріалів, а також методів їх отримання та дослідження.

Мета навчальної дисципліни полягає в ознайомленні студентів з методами одержання, будовою, властивостями та практичним застосуванням дисперсних матеріалів різних типів (наноструктуровані вуглецеві матеріали, метали, напівпровідники, оксиди, композитні матеріали), що необхідні для каталізу, медичної галузі, приладобудування, електроніки та енергетики.

Предметом навчальної дисципліни "Технологія синтезу дисперсних матеріалів" є вивчення природи властивостей дисперсних структурних матеріалів, які визначаються умовами їх отримання, їх кристалічною будовою, типом хімічного зв'язку, мікро- та макроструктурою, розміром та формою, станом поверхні та умовами експлуатації.

Основні завдання навчальної дисципліни:

- набуття знань, навиків і умінь студентами про дисперсні матеріали і наноструктури, основні їх властивості, методи отримання і дослідження, сучасні області застосування;*

- ознайомлення з новими явищами, котрі спостерігаються в квантоворозмірних структурах матеріалів;
- ознайомлення з сучасним методами досліджень дисперсних матеріалів та з сучасними дослідницькими приладами та принципами їх роботи;

Програмні результати навчання відповідно до освітньої програми:

ПР 01. Розробляти технологію виробництва на основі розуміння процесів, що відбуваються, з урахуванням особливостей виробництва та визначати оптимальний режим роботи обладнання з урахуванням наявних невизначеностей та ризиків.

ПР 11. Обирати і обґрунтовувати вихідну сировину, матеріали та напівпродукти відповідно до умов металургійного виробництва за спеціалізацією з урахуванням технологічних та інших невизначеностей.

ПР 19. Розуміння властивостей новітніх конструкційних матеріалів та сучасних технологій виготовлення із них виробів.

Компетентності, яких набуває студент:

Загальні компетентності:

ЗК2. Здатність виявляти наукову сутність проблем у професійній сфері, знаходити адекватні шляхи їх розв'язання.

ЗК5. Здатність до самостійного освоєння нових методів дослідження, зміни наукового й науково-виробничого профілю своєї діяльності.

ЗК12. Критично осмислювати наукові факти, гіпотези, теорії, засоби, інформувати фахівців і нефахівців з проблематики та їх вирішення та використовувати власний досвід в галузі професійної діяльності.

Фахові компетентності:

ФК1. Здатність вибирати матеріал для виготовлення продукції з метою забезпечення заданих властивостей.

ФК4. Здатність застосовувати методи стандартних випробувань для визначення фізичних, хімічних, структурних та механічних властивостей вихідних матеріалів та готової продукції.

ФК8. Здатність використовувати професійні знання для забезпечення якості та оптимізації технологічних процесів та продукції.

ФК11. Здатність проводити пошук та аналіз науково-технічної інформації за фахом, вивчення, вітчизняного й закордонного досвіду, структурувати та використовувати в дослідницькій діяльності.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння дисципліни студенту необхідно володіти знаннями з дисциплін «Металознавство», «Жароміцні сплави» «Порошкові та композиційні матеріали», «Технології швидкого прототипування».

Вивчення дисципліни сприяє засвоєнню навчальних дисциплін циклу професійної підготовки.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Організація очного/дистанційного навчання.

Розділ.1. Фундаментальні властивості наноматеріалів.

Розділ 2. Аморфні наноматеріали.

Розділ 3. Наноконпозиційні та нанопористі матеріали.

Розділ 4. Вуглець та вуглецеві наноматеріали.

Розділ 5. Плівки та покриття з нанокристалічною структурою.

Розділ 6. Методи отримання, дослідження і застосування наноматеріалів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. *Наноматеріали і нанотехнології: Навчальний посібник* / Азаренков М. О., Неклюдов І. М., Береснев В. М., Воеводін В. М., Погребняк О. Д., Ковтун Г. П., Соболев О. В., Удовичий В. Г., Литовченко С. В., Турбін П. В., Чишкала В. О. – 2014. – 323 с.
2. Буренніков, Ю. А. *Нові матеріали та композити : навчальний посібник* / Ю.А.Буренніков, І. О. Сивак, С. І. Сухоруков – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 161с.
3. Афтандіянц Є.Г. *Наноматеріалознавство: підручник* / Є.Г. Афтандіянц, О.В. Зазимко, К.Г. Лопатько. – Перше вид. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. – 550 с.
4. Заячук Д. М. *Нанотехнології і наноструктури : навч. посібник* / Д. М. Заячук; Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Львів, 2009. – 580 с.
5. Дурягіна З.А. *Сплави з особливими властивостями : навч. посібник* / З.А. Дурягіна, О.Я. Лизун, В.Л. Пілюшенко. – Львів : Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2007. – 236 с.

Додаткова література:

6. Азаренков М. О. *Сучасні конструкційні матеріали – композити : навчально-методичний посібник* / М. О. Азаренков, В. Є. Семененко, М. М. Пилипенко. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2004. – 75 с.
7. *Технологія конструкційних матеріалів: Підручник* / М.А.Сологуб, І.О.Рожнецький, О.І.Некоз та ін. – К.: Вища школа, 2002. – 374 с.
8. Середа Б.П. *Нові матеріали в металургії. Навчальний посібник.* – Запоріжжя: Видавництво Запорізької державної інженерної академії, 2009. – 395 с.
9. Степанчук А.М. *Теоретичні та технологічні основи отримання порошків металів, сплавів і тугоплавких сполук: Підручник.* – К.: НТУУ „КПІ”, 2006. – 353 с. 3.

Рекомендується ознайомитись зі змістом вказаних базових та додаткових джерел, більш глибоко опрацювати рекомендовані викладачем розділи, що відповідають тематиці лекцій та/чи лабораторних робіт. Для окремих розділів доцільно створити електронний конспект.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Опанування навчальної дисципліни здійснюється з використанням елементів змішаного навчання, що поєднує традиційні та цифрові підходи до організації освітнього процесу. Для забезпечення ефективної взаємодії між викладачем і здобувачами освіти застосовуються електронна пошта, месенджери (Viber, WhatsApp) та забезпечено відкритий доступ до навчального курсу на платформі Google Classroom, де регулярно публікуються навчальні матеріали, інструкції до виконання завдань, презентації та додаткові інформаційні ресурси.. Такий підхід сприяє підвищенню доступності навчальної інформації, оперативному зворотному зв'язку та формуванню відповідальності здобувачів за власне навчання.

Зміст лекційних занять

Заняття 1. Загальні уявлення про наноматеріали та нанотехнології. Історія розвитку. Загальна характеристика нанотехнологій та наноматеріалів. Природні нанооб'єкти і наноефекти. Види штучних наноструктур. Особливі властивості наноматеріалів. Наукове розгалуження НТ. Области застосування нанотехнологій. [1,2,3]

Заняття 2. Основні властивості наноматеріалів. Способи формування наноструктур. Загальна класифікація наноматеріалів. Нанокристалічний структурний стан. Структура та функціональні особливості міжкристалітної границі в наноматеріалах. Фізичні причини специфіки властивостей наночастинок і наноструктурних матеріалів. Класифікація нанооб'єктів. Класифікація нанооб'єктів за їх розмірністю. Кластери. Зародження та зростання кластерів. Структурні особливості нанокластерного стану матеріалу. Особливості формування структури у нерівноважних умовах. [1,2,4,5]

Заняття 3. Аморфні матеріали. Історія відкриття металевих стекол. Аморфні матеріали та їх утворення. Протікання процесу аморфізації. Методи отримання аморфних і

наноструктурних матеріалів. Властивості аморфних металевих систем. Кінетика кристалізації. Схильність металів і сплавів до некристалічного твердіння. Структурні дефекти в аморфних металевих матеріалах. [1,2,3,4]

Заняття 4. Наноконпозиційні матеріали. [1]

Заняття 5. Нанопористі матеріали. [1] **Тематична контрольна робота**

Заняття 6. Вуглець і вуглецеві матеріали. Вуглець як хімічний елемент. Поширеність вуглецю в природі. Коротка історія відкриття та вивчення атомарного вуглецю. Будова атома вуглецю, гібридизація його атомних орбіталей і характер утворюваних ним зв'язків. [1,2,3,4]

Заняття 7-8. Алотропні форми вуглецю та матеріали на їх основі. Графіт. Алмаз. Загальна характеристика алмазу. Історія отримання штучних алмазів. Карбін – наноалотропна форма вуглецю. Фулерени. Історія відкриття фулеренів. Види фулеренів, їх позначення та термінологія. Будова і властивості молекул фулеренів C₆₀ та C₇₀. Кристалічна будова й основні фізичні властивості фулеритів C₆₀ та C₇₀. Основні хімічні властивості фулеренів. Природні фулерени. Синтез похідних фулеренів. Виділення та розділення фулеренів. [1,2,4]

Заняття 9. Плівки і покриття з нанокристалічною структурою. Формування нанокристалічних плівок. Роль енергії у формуванні наноструктурних плівок. Особливості формування нанокристалічних покриттів. Вплив іонного бомбардування на формування покриттів. Процес змішування. Багатошарові покриття з наноструктурою. Наноконпозитні покриття. Нанокристалічні покриття з високою твердістю. Механічні властивості нанокристалічних покриттів. [1,3,4] **Тематична контрольна робота**

Заняття 10. Порошкова металургія отримання наноматеріалів. Отримання аморфних матеріалів. [1,5]

Заняття 11. Методи з використанням інтенсивної пластичної деформації. [1,2,3,4]

Заняття 12. Тонкоплівкові технології модифікації поверхні. Методи фізичного осадження з парової фази (PVD). Методи хімічного осадження з парової фази (CVD). [1,2,3,4]

Заняття 13. Методи отримання фулеренів і нанотрубок. [1,2,3,4]

Заняття 14. Пучки заряджених частинок низьких і середніх енергій в нанотехнологіях. Взаємодії прискорених заряджених частинок з резистивними матеріалами. Зондові системи формування пучків заряджених частинок. [1,2,4]

Заняття 15 Методи структурного та хімічного аналізу нанооб'єктів. Позитронна анігіляційна спектроскопія. Позитронна мікроскопія. Скануючий позитронний мікроскоп. Просвічуючий позитронний мікроскоп. Механічні випробовування твердих тіл на нанотвердість. Триботехнічні випробовування нанокристалічних матеріалів. Використання наноматеріалів в електроніці, оптоелектроніці та приладобудуванні. Застосування наноматеріалів в інформатиці. Використання наноматеріалів в енергетиці (у тому числі атомній). Застосування наноматеріалів в сільському господарстві. Застосування наноматеріалів в медицині та охороні здоров'я. Медичні нанороботи. Селективна хіміо- та радіотерапія. Використання наноматеріалів в екології. Використання наноматеріалів у військовій промисловості. [1,2,4]

Екзамен

Зміст практичних робіт

Основні завдання циклу практичних робіт є формування у студентів уявлень про методи отримання та дослідження наноматеріалів; отримання комплексу знань про будову та фазовий склад вихідних порошків та виробів з них і вибір методів нанодіагностики.

Практична робота №1 Вступне заняття. Правила техніки безпеки при роботі з лабораторним обладнанням.

Практична робота №2-3 Отримання нанопорошків оксидів за кріохімічною технологією.

Практична робота №4 Визначення розміру частинок порошку по числу рефлексів на кільці рентгенограми.

Практична робота №5 Отримання наночастинок Ag цитратним способом.

Практична робота №6-7 Основні методи дослідження наноматеріалів.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота здобувачів здійснюється протягом всього семестру в рамках годин відповідно до робочого навчального плану підготовки.

Підготовка до лекцій: ознайомлення з матеріалами попередніх лекцій.

Підготовка до практичних робіт: ознайомлення з матеріалами лекцій стосовно тематики практичних робіт.

Таблиця 1. – Розподіл годин між аудиторною і самостійною роботою

Назви змістовних модулів	Кількість годин			
	Всього	У тому числі		
		Лекції і	Практичні	СР С
Розділ.1. Фундаментальні властивості наноматеріалів.	12	4	-	8
Розділ 2. Аморфні наноматеріали.	14	2	4	8
Розділ 3. Наноконпозиційні та нанопористі матеріали.	14	4	4	6
Календарний контроль 1	2	1	—	1
Розділ 4. Вуглець та вуглецеві наноматеріали.	30	6	4	20
Розділ 5. Плівки та покриття з нанокристалічною структурою.	12	2	—	10
Календарний контроль 2	2	1	—	1
Розділ 6. Методи отримання, дослідження і застосування наноматеріалів.	34	10	4	20
Іспит	30	—	—	30
ВСЬОГО	150	30	16	104

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентом:

- Відвідування усіх видів занять не є обов'язковим.
- Пропущене без поважної причини лекційне заняття студент повинен відпрацювати шляхом написання тестування з кожної пропущеної теми.
- Завдання пропущеної практичної роботи студент повинен виконати в час, узгоджений з викладачем. Якщо пропуск відбувся без поважної причини – з загальної оцінки за практичне заняття знімається 10% за кожні дві години пропуску.
- Під час усіх видів практичних робіт забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі.
- Результати виконаних практичних робіт оформлюються у вигляді звітів, написаних від руки. Звіт супроводжується формулами, графіками – елементами, які підтверджують виконання завдань та одержані результати. За дистанційної форми навчання звіт може виконуватися як «від руки», так і в будь-якому текстовому редакторі і на перевірку надається у роздрукованому вигляді. Безпосередній захист відбувається у формі співбесіди, запитань-відповідей.
- Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – застосування творчого підходу до виконання лабораторних робіт, у тому числі, використання даних для

робіт з тематики власних наукових досліджень. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 10 балів.

- Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Тестування за пропущену лекцію має бути пройдено не пізніше 2-х тижнів з часу пропущеної лекції. Звіти з лабораторних робіт виконуються і подаються на перевірку не пізніше 2-х тижнів з моменту завершення. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.

- Усі учасники освітнього процесу: викладачі і студенти в процесі роботи вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль:

- експрес-опитування або тестування на лекційних заняттях – максимум 1 бал, всього 15 балів.
- захист звітів з лабораторних робіт всього максимально 48 балів – максимум 12 балів з кожної роботи
- МКР розбита на 2 Тематичні контрольні роботи, які проводяться у вигляді тестів на 7-му та 11-му навчальних тижнях. Максимальна оцінка за кожний тест 18 і 19 балів відповідно, всього складає 37 бали за семестр.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для позитивного першого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист практичних робіт №2-3, №4 та Тематичної контрольної роботи №1. Для позитивного другого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист практичних робіт №5 та тематичної роботи №2.

Семестровий контроль: іспит.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 60 балів за умови виконання усіх лабораторних робіт та кількості балів за видами робіт, відповідно:

- Експрес-опитування або тестування на лекційних заняттях не менше 5
- Тематичні контрольні роботи не менше 20
- Захист звітів з лабораторних не менше 35 балів.

У випадку незгоди з семестровим рейтингом, студент має право здавати залікову контрольну роботу, що складається з двох завдань. Проводиться письмово, на написання відводиться 2 академічної години. У випадку, якщо оцінка за залікову контрольну менша ніж за рейтингом, застосовується «м'який» PCO (студент отримує більшу з оцінок із отриманих за результатами залікової контрольної або за рейтингом).

Відповідь на кожне з питань оцінюється у 50 балів за 100-бальною шкалою, відповідно:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання);
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями);
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками);
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

Оцінка за відповідь знижується – за принципові помилки у відповіді на 15-10 балів, за неповну відповідь на 10-5 балів, за неправильне використання термінів на 5 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
<i>100-95</i>	<i>Відмінно</i>
<i>94-85</i>	<i>Дуже добре</i>
<i>84-75</i>	<i>Добре</i>
<i>74-65</i>	<i>Задовільно</i>
<i>64-60</i>	<i>Достатньо</i>
<i>Менше 60</i>	<i>Незадовільно</i>
<i>Не виконані умови допуску</i>	<i>Не допущено</i>

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *Перелік питань, які виносяться на семестровий та календарний контроль знаходиться в Додатку А.*
- *Лабораторні роботи плануються з максимальним використанням обладнання лабораторій ЦККНО «Матеріалознавство тугоплавких сполук та композитів» в структурі ІМЗ ім. Є. О. Патона, яке застосовується при одержанні та дослідженні широкого спектру дисперсних порошкових та композиційних матеріалів, а також з частковим проведенням в профільних наукових установах.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом каф. Ливарного виробництва, к.т.н., Бибією Євгеном Георгійовичем

Ухвалено кафедрою Ливарного виробництва (протокол № 11 від 15 травня 2025 р.)

Погоджено Методичною комісією Навчально-наукового Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона (протокол № 10/25 від 26.05.2025 р.)

ДОДАТОК А

Перелік питань на семестровий та календарний контроль з дисципліни «Технологія синтезу дисперсних матеріалів»

До тематичної контрольної роботи №1

1. Назвіть основні етапи розвитку нанотехнологій.
2. Опишіть шляхи формування наноструктур, та на яких принципах вони базуються.
3. Привести класифікацію наноматеріалів.
4. Пояснити фізичні причини специфіки властивостей наночастинок і наноструктурних матеріалів.
5. Що таке «кластер»?
6. Які передумови створення кластерів?
7. Назвіть структурні особливості нанокластерного стану матеріалу.
8. Які особливості формування структури в нерівноважних умовах?
9. Дати визначення самоорганізації та дисипативної структури.
10. Назвати дві можливості спонтанного виникнення упорядкованих наноструктур та описати типи структур, які можуть утворюватися.
11. Дайте визначення аморфного стану твердого тіла.
12. Схарактеризуйте близький і дальній порядок у твердому тілі.
13. Назвіть основні умови склоутворення.
14. Назвіть основні способи отримання аморфних сплавів.
15. Назвіть основну відмінність понять «аморфний стан» і «склоподібний стан».
16. Що таке нанокомпозиційний матеріал?
17. У чому полягає відмінність металевого нанокомпозиту від полімерного?
18. Які існують типи нанокомпозитів?
19. Як змінюються магнітні властивості полімерних композитів?
20. Наведіть приклади формування металополімерних нанокомпозитів.
21. Перерахуйте типи нанопористих матеріалів.
22. Чим характеризується пористість?
23. Назвіть і схарактеризуйте види взаємодії нанопористих матеріалів з навколишнім середовищем.

До тематичної контрольної роботи №2

24. З яких двох стабільних ізотопів складається природний вуглець і яке їх кількісне співвідношення в природі?
25. Для чого використовується метод радіовуглецевого датування і в чому полягає його суть?
26. Що таке гібридизація атомних орбіталей? Які типи гібридизації атомних орбіталей мають атоми вуглецю в карбоні, графіті, алмазі?
27. Що таке алотропія? Які алотропні модифікації відомі для вуглецю?
28. Схарактеризуйте структуру графіту. Кристалічні решітки яких типів може мати графіт?
29. Що таке нанографіт? Назвіть галузі застосування графіту і нанографіту.
30. Кристалічні решітки яких типів може мати алмаз? Чим обумовлена особлива міцність алмазу?
31. Що таке наноалмази і яку розмірність вони можуть мати?

32. Назвіть галузі застосування алмазів і наноалмазів.
33. Що таке карбін і ким його вперше було штучно синтезовано?
34. Дайте визначення таких термінів: фулерени, фулерити, фулериди, ендофулерени, екзофулерени, гетерофулерени.
35. Які типи кристалічних решіток може мати фулерит C₆₀?
36. Схарактеризуйте основні фізичні і хімічні властивості фулеренів і матеріалів на їх основі.
37. Що таке метод Кретчмера і в чому він полягає?
38. Які методи нагрівання і випаровування вуглецю використовуються в технологіях отримання фулеренів?
39. У чому суть отримання фулеренів у полум'ї і CVD-синтезу фулеренів?
40. В яких земних породах виявлені фулерени?
41. Як отримують похідні фулеренів – ендофулерени, екзофулерени, гетерофулерени?
42. Які відомі методи виділення фулеренів з сажі і поділу їх за молекулярною масою?
43. Де і як можуть застосовуватися фулерени?
44. В яких умовах формуються нанокристалічні плівки?
45. Роль енергії заряджених іонів в іонно-плазмових методах.
46. Механізми управління формуванням нанокристалічних покриттів.
47. Що таке нанокомпозитні покриття?
48. Які існують групи нанокомпозитних покриттів і як вони класифікуються?
49. З чим пов'язане підвищення твердості в нанокомпозитних покриттях?
50. Як впливає структура покриттів на термічні властивості?
51. Перерахуйте основні методи отримання наноматеріалів.
52. Які особливості отримання нанопорошків?
53. Способи отримання безпористих нанокристалічних матеріалів.
54. Недоліки методу інтенсивної пластичної деформації для отримання нанокристалічних матеріалів.
55. Які методи покладені в основу тонкоплівкової технології отримання наноструктурних плівок і покриттів?
56. У чому відмінності методу магнетронного розпилення від методу вакуумно-дугового осадження?
57. За допомогою яких методів можна отримувати фулерени?
58. Основні відмінності електронної пучкової літографії від скануючої електронної мікроскопії.
59. Назвіть основні напрями застосування нанокристалічних матеріалів у промисловості.
60. Наведіть приклади застосування наноструктур у приладобудуванні.
61. Назвіть можливості застосування вуглецевих нанотрубок.
62. Можливості застосування наноструктур у біотехнології. Наведіть приклади.