

	<b>Силабус навчальної дисципліни</b> <b>“Наноматеріали та нанотехнології”</b>
<b>Напрямок підготовки</b>	Доктор філософії
<b>Галузь знань</b>	13 Механічна інженерія
<b>Спеціальність</b>	132 Матеріалознавство
<b>Освітньо-наукова програма</b>	«Монокристалічні, керамічні та наноструктурні матеріали»
<b>Статус дисципліни</b>	Вибіркова
<b>Семестр</b>	3-4
<b>Кількість кредитів ЄКТС</b>	12
<b>Форма підсумкового контролю</b>	Залік + екзамен
<b>Викладачі</b>	<p><b>Безкровна Ольга Миколаївна</b>, доктор технічних наук, старший науковий співробітник Інституту монокристалів Національної академії наук України  CV: <a href="https://isc.kharkov.ua/wp-content/uploads/2023/01/cv_bezkrovna.pdf">https://isc.kharkov.ua/wp-content/uploads/2023/01/cv_bezkrovna.pdf</a>  e-mail: <a href="mailto:bezkvornaya@isc.kharkov.ua">bezkvornaya@isc.kharkov.ua</a>, <a href="mailto:onbezkvornaya@gmail.com">onbezkvornaya@gmail.com</a>  Scopus: <a href="https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6508141994">https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6508141994</a>  тел. роб.: 341-04-86</p> <p><b>Сафронова Надія Андріївна</b>, кандидат технічних наук, науковий співробітник Інституту монокристалів Національної академії наук України  CV: <a href="https://isc.kharkov.ua/wp-content/uploads/2023/01/cv_safronova.pdf">https://isc.kharkov.ua/wp-content/uploads/2023/01/cv_safronova.pdf</a>  e-mail: <a href="mailto:dulina@isc.kharkov.ua">dulina@isc.kharkov.ua</a>, <a href="mailto:nadiandu@gmail.com">nadiandu@gmail.com</a>  Scopus: <a href="https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35744470300">https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35744470300</a>  тел. роб.: 341-02-77</p>
<b>Анотація навчальної дисципліни</b>	<p>Ознайомлення аспірантів з комплексом основних понять і принципів нанотехнології, з методами та технологіями отримання наноматеріалів, особливостями фізико-хімії наноматеріалів та наносистем, залежностями властивостей від умов отримання, механізмами виникнення розмірних фізичних і хімічних ефектів, основними областями застосування наноматеріалів та наносистем та перспективами розвитку даної галузі знань.</p>
<b>Загальний обсяг</b>	360 годин: лекції – 80 годин; практичні заняття – 40 годин; самостійна робота – 240 годин
<b>Заплановані результати навчання</b>	<p>Згідно з вимогами освітньо-наукової програми аспіранти повинні досягти таких результатів навчання:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- розуміти особливості фізико-хімії нанорозмірних станів об'єктів, наноматеріалів та наносистем;</li> <li>- знати методи і технології отримання наноматеріалів;</li> <li>- розуміти механізм виникнення розмірних фізичних і хімічних ефектів;</li> </ul>

- вміти синтезувати наноматеріали та визначати їх фізичні властивості.

### Тематичний план навчальної дисципліни

**Вступ. Основні класи нанорозмірних систем. (Л – 2 г., СР – 2)** Класифікація наноструктур. Базові терміни і поняття. Місце нанорозмірних об'єктів в навколишньому світі. Критерії визначення наноматеріалів: критичний розмір і функціональні властивості. Наноструктури різної розмірності: 0D-, 1D-, 2D-структури. Квантові точки.

**Розділ 1. Основні методи синтезу і фізико-хімічні основи формування наночастинок та наноструктур.**

#### **ТЕМА 1. Методи отримання наноматеріалів. (Л – 4 г., СР – 10 г.)**

1.1. Два основних технологічних підхода: диспергаційний («зверху-вниз») і конденсаційний («знизу-вгору»). 1.2. Методи отримання наночастинок. Фізичні методи виготовлення наночастинок. Хімічні методи синтезу наночастинок.

1.3. Теорія зародкоутворення. Механізми гомогенного і гетерогенного зародкоутворення. Формування кластерів і наночастинок. 1.4. Формування складних наноструктур. 1.5. Поняття про самоорганізацію. Самоорганізація нанорозмірних упорядкованих структур. Типи упорядкованих структур.

#### **ТЕМА 2. Фізико-хімічні основи утворення нанодисперсних систем. (Л – 4 г., СР – 10 г.)**

2.1. Термодинаміка і кінетика фазоутворення. Загальна класифікація дисперсних систем по агрегативній стійкості. Поверхнева енергія і поверхневий натяг. 2.2. Електроповерхневі властивості оксидів. 2.3. Процеси на поверхні і в приповерхневих шарах: адсорбція і десорбція, реконструкція і релаксація поверхонь. 2.4. Розмірний ефект у наносистемах.

#### **ТЕМА 3. Отримання колоїдних наночастинок різної морфології. (Л – 4 г., СР – 10 г.)**

3.1. Методи отримання колоїдних систем. 3.2. Будова колоїдних міцел. 3.3. Стійкість і коагуляція колоїдних систем. 3.4. Поверхнево-активні речовини. Ліофільні колоїдні дисперсії і їх властивості. 3.5. Суспензії. Емульсії.

#### **ТЕМА 4. Синтез колоїдного кремнезему. (Л – 2 г., ПЗ – 5г., СР – 4 г.)**

4.1 Загальні питання поліконденсації. Гомогенна поліконденсація. Фазоутворення. 4.2. Механізм впливу рН середовища, температури і концентрації компонентів на швидкість поліконденсації кремнієвої кислоти або алкоксисиланів. 4.3. Гелеутворення при синтезі колоїдного кремнезему.

#### **ТЕМА 5. Процес самоупорядкування у наносистемах. (Л – 6 г., СР – 16 г.)**

5.1. Формування одновимірних наноструктур. Вуглицеві нанотрубки. 5.2. Двувимірні структури. Плівки. Плівки Ленгмюра-Блоджет. 5.3. Модифікування поверхні підкладок. Методи одержання плівкових структур з розчинів. 5.4. Трьохвимірні наноструктури. Темплатний синтез. Синтез наночастинок в упорядкованих матрицях. Нанотемплати. Функціоналізація поверхні темплат. 5.5. Кристалічні і нано- алотропи вуглецю. Графіт. Фулерени. Графен. Наноалмази. Алмазоподібні нановолокна. Алмазоподібні нанотрубки.

#### **Розділ 2. Основні методи досліджень властивостей наноматеріалів.**

**ТЕМА 6. Методи дослідження розміру і форми наночастинок. (Л – 4 г., ПЗ – 7г., СР – 16 г.).**

6.1. Електронна мікроскопія: просвічуюча електронна мікроскопія; скануюча електронна мікроскопія; скануюча зондова мікроскопія; скануюча тунельна мікроскопія; атомно-силова мікроскопія.

6.2. Седиментаційний аналіз дисперсних систем. 6.3. Дослідження пористості і питомої поверхні  $\text{SiO}_2$ -матриць адсорбційним методом за допомогою адсорбційного аналізатора адсорбції газів.

**ТЕМА 7. Характеризація зразків оптичними методами. (Л – 2 г., СР – 4 г.).**

7.1. UV-vis-NIR-спектроскопія. Вимірювання спектрів люмінесценції. 7.2. Визначення спектральних параметрів люмінесценції барвників (час гасіння люмінесценції барвників, квантовий вихід люмінесценції). 7.3. ІЧ-спектроскопія.

**Розділ 3. Наноматеріали на основі колоїдного кремнезему.**

**ТЕМА 8. Утворення функціональних наноматеріалів на основі  $\text{SiO}_2$ . (Л – 4 г., СР – 10 г.).**

8.1. Використання наночастинок  $\text{SiO}_2$  і пористого скла ( $\text{SiO}_2$ -матриць) у якості основ для одержання наноматеріалів з різними властивостями. 8.2. Типи  $\text{SiO}_2$ -матриць в залежності від методики їх отримання. 8.3. Способи інкорпорування активних молекул в  $\text{SiO}_2$ -матрицю (в процесі її формування та в відпалену пористу  $\text{SiO}_2$ -матрицю).

**ТЕМА 9. Вплив умов синтезу на властивості  $\text{SiO}_2$ -матриць. (Л – 4 г., ПЗ – 3г., СР – 10 г.).**

9.1. Вплив концентрації прекурсорів та температури відпалу на щільність, пористість і якість  $\text{SiO}_2$ -матриць. 9.2. Залежність часу гелеутворення від молярного співвідношення компонентів синтезу. Вплив концентрації кислоти на пористість  $\text{SiO}_2$ -матриць. 9.3. Дослідження структури  $\text{SiO}_2$ -матриць методами атомно-силової мікроскопії і просвічуючої електронної мікроскопії. 9.4. Вплив умов синтезу на пористість матриць.

**ТЕМА 10. Активні композитні матеріали на основі нанопористих  $\text{SiO}_2$ -матриць і лазерних барвників. (Л – 4 г., ПЗ – 5г., СР – 10 г.).**

10.1. Синтез композитів на основі  $\text{SiO}_2$ -матриць. 10.2. Вплив компонентів синтезу і концентрації барвників на прозорість  $\text{SiO}_2$ -матриць. 10.3. Зниження димеризації молекул барвників (наприклад, барвника Rh6G) в  $\text{SiO}_2$ -матриці. Утворення ексимерів похідної пірену з негативним електростатичним потенціалом в композитах на основі  $\text{SiO}_2$ -матриць. 10.4. Вплив  $\text{SiO}_2$ -матриці в композитах з барвниками на спектральні характеристики композитних матеріалів в порівнянні з розчинами барвників

**Розділ 4. Матеріали для нанофотоніки: формування і властивості наноструктур.**

**ТЕМА 11. Сферичні гетероструктури «ядро-оболонка» як структурні одиниці нових типів функціональних наноматеріалів. (Л - 6 г, СР – 12 г.)**

11.1. Гетерочастинки типу «ядро-оболонка» з зовнішньою оболонкою з нанокристалів благородних металів. 1.2. 2D-структури на основі ансамблів монодисперсних нанокристалів золота. 1.3. Гетерочастинки типу «ядро-оболонка» з зовнішньою оболонкою з нанокристалів напівпровідників. 11.4. Гетерочастинки типу «ядро-оболонка» з

зовнішньою оболонкою з нанокристалів кристалофосфорів. 11.5. Сферичні частинки оксидів рідкісноземельних елементів та консолідовані наноматеріали на їх основі.

**ТЕМА 12. Фотонні кристали та функціональні наноструктури на основі опалових матриць. (Л - 4 г, СР – 12 г.)**

12.1. Синтез, структура та деякі фізичні властивості синтетичних опалів. 12.2. Наноструктури, синтезовані інфільтрацією опалових матриць. 12.3. Нанокompозити зі структурою інвертованого опала.

**ТЕМА 13. Отримання та властивості нанокompозитів на основі мезопористих матриць з функціональним наповнювачем. (Л - 4 г, СР – 12 г.)**

13.1. Отримання, склад і структура нанокompозитів на основі сферичних частинок оксидів рідкоземельних елементів, на прикладі  $Y_2O_3/ZnO$ . 13.2. Структурно-морфологічні та фазові перетворення наповнювача в розмірно-обмеженому стані пір матриці в процесі відпалу. 13.3. Особливості структури кристалічного наповнювача в розмірно-обмеженому стані пір матриць різного діаметру. 13.4. Тестування функціональних властивостей нанокompозитів.

**Розділ 5. Консолідовані наноструктурні матеріали.**

**Тема 14. Вимоги до властивостей керамічного порошку. (Л - 4 г, ПЗ – 4 г, СР – 13 г.)**

14.1. Розмір частинок та методи визначення. Методи електронної мікроскопії. Морфологія частинок, форм-фактор частинок. 14.2. Щільність порошку. 14.3. Питома площа поверхні, визначення за методом сорбції азоту. 14.4. Розподіл часток за розмірами.

**ТЕМА 15. Способи отримання нанопорошків для оптичної кераміки. (Л - 6 г, ПЗ – 8 г, СР – 13 г.)**

15.1. Методи хімічного співосадження. Гомогенне і гетерогенне співосадження. 15.2. Хімічні способи отримання порошків. Гліцин-нітратний метод. Піроліз. 15.3. Метод високоенергетичного помелу. Типи млинів. Залежність властивостей порошку від параметрів помелу.

**ТЕМА 16. Особливості об'ємних наноструктурних матеріалів. (Л - 4 г, СР – 13 г.)**

16.1. Роль границь зерен. 16.2. Умови формування наноструктури матеріалу. 16.3. Вплив інтенсивної пластичної деформації. 16.4. Агломерати наночастинок. 16.5. Мікро- та макроструктура порошкового компакту. 16.6. Тертя в порошковому компактi. 16.7. Градієнти щільності в порошкових компактах. 16.8. Конструкційні наноматеріали. 16.9. Функціональна кераміка.

**ТЕМА 17. Технології компактування матеріалів. (Л - 6 г, ПЗ – 4 г, СР – 13 г.)**

17.1. Холодне статичне пресування в закритих прес-формах. Способи підготовки порошків до формування. 17.2. Гаряче пресування. 17.3. Ізостатичне і квазіізостатичне пресування. 17.4. Динамічні, високоенергетичні та імпульсні методи пресування. 17.5. Ультразвукове квазірезонансне пресування. 17.6. Технології пошарового та селективного формування об'ємних наноматеріалів. 17.7. Спікання в розряді плазми (метод SPS).

**ТЕМА 18. Колоїдні методи формування, шлікерне лиття. (Л - 6 г, ПЗ - 4 г, СР – 14 г.)**

18.1. Схеми наливного та зливного лиття. 18.2. Вимоги, що пред'являються до суспензій і процесу лиття. 18.3. Основні кількісні характеристики процесу шлікерного лиття.

18.4. Методи отримання суспензій. Склад, зв'язуючі, модифікатори. 18.5. Стабілізація суспензій. 18.6. Вплив перемішування, рН, температури на властивості шлікерів. 18.7 Технології шлікерного лиття, лиття під тиском, лиття на стрічку. 18.8. Обладнання для шлікерного лиття: прес-форми, ливарні машини.

### Структура навчальної дисципліни

Розділи і теми	Кількість годин			
	усього	у тому числі		
		лекції	практика	сам. роб.
<b>Вступ</b>				
	<b>4</b>	<b>2</b>		<b>2</b>
<b>Розділ 1</b>				
Тема 1	14	4		10
Тема 2	14	4		10
Тема 3	14	4		10
Тема 4	11	2	5	4
Тема 5	22	6		16
<b>Разом за розділом 1</b>	<b>75</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>50</b>
<b>Розділ 2</b>				
Тема 6	27	4	7	16
Тема 7	6	2		4
<b>Разом за розділом 2</b>	<b>33</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>20</b>
<b>Розділ 3</b>				
Тема 8	14	4		10
Тема 9	17	4	3	10
Тема 10	19	4	5	10
<b>Разом за розділом 3</b>	<b>50</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>30</b>
<b>Залік</b>				
	<b>6</b>			<b>6</b>
<b>Розділ 4</b>				
Тема 11	18	6		12
Тема 12	16	4		12
Тема 13	16	4		12
<b>Разом за розділом 4</b>	<b>50</b>	<b>14</b>		<b>36</b>
<b>Розділ 5</b>				
Тема 14	21	4	4	13
Тема 15	27	6	8	13
Тема 16	17	4		13
Тема 17	23	6	4	13
Тема 18	24	6	4	14
<b>Разом за розділом 5</b>	<b>112</b>	<b>26</b>	<b>20</b>	<b>66</b>

<b>Екзамен</b>					<b>30</b>			<b>30</b>
<b>Усього годин</b>					<b>360</b>	<b>80</b>	<b>40</b>	<b>240</b>
<b>Теми практичних занять</b>								
№ з/п	Назва теми							Кількість годин
1	(Тема 4) Синтез SiO <sub>2</sub> -матриць							5
2	(Тема 6) Визначення морфології наноструктури і розміру пор пористих відпалених до температур 500-680°C SiO <sub>2</sub> -матриць з використанням метода атомно-силової мікроскопії. Оцінка розміру пір SiO <sub>2</sub> -матриць на прикладі фотографічних зображень просвічуючої електронної мікроскопії.							7
3	(Тема 9) Отримання композитів на основі SiO <sub>2</sub> -матриць і молекул барвника							3
4	(Тема 10) Дослідження оптичних властивостей чистих SiO <sub>2</sub> -матриць і SiO <sub>2</sub> -матриць з інкорпорованими молекулами барвників							5
5	(Тема 14, п. 14.1) Визначення морфології та середнього розміру частинок порошків методом електронної мікроскопії.							2
6	(Тема 14, п.14.2) Мікроструктурний аналіз порошку методом електронної мікроскопії.							2
7	(Тема 15, п.15.1) Розрахунок компонентів для отримання порошків різних керамічних матеріалів.							2
8	(Тема 15, п.15.1) Приготування вихідних розчинів для гліцин-нітратного синтезу. Отримання нанопорошків гліцин-нітратним методом.							4
9	(Тема 15, п. 15.2) Отримання нанопорошків методом високоенергетичного помелу.							2
10	(Тема 17, п. 17.1) Компактування порошків методом холодного одновісного пресування.							4
11	(Тема 18, п.18.1) Виготовлення заготовок для шлікерного литва.							2
12	(Тема 18, п.18.1) Компактування порошків методом шлікерного литва.							2
	<b>Разом</b>							<b>40</b>
<b>Методи контролю</b>								
Поточний контроль: Перевірка розуміння аспірантами теоретичного та практичного програмного матеріалу в цілому, здатність творчо використовувати накопиченні знання та вміння. Підсумковий контроль (залік + екзамен).								
<b>Схема нарахування балів</b>								
Поточний контроль, самостійна робота, практичні завдання						Екзамен	Сума	
Розділ 1	Розділ 2	Розділ 3	Розділ 4	Розділ 5	Разом			
T1 - T5	T6 - T7	T8 - T10	T11 - T13	T14 – T18				
12	8	12	4	24	60	40	100	

Шкала оцінювання		
Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка	
	для екзамену	для заліку
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

  

Критерії оцінювання												
<p>Шляхом усного <b>опитування</b> викладач перевіряє розуміння аспірантами теоретичного програмного матеріалу в цілому (оцінюється до 4 балів).</p> <p>Під час <b>практичного</b> заняття перевіряється здатність творчо використовувати накопичені знання та вміння (оцінюється до 4 балів).</p> <p><b>Залік</b> проводиться після 3-го семестру по матеріалу за темами з 1 по 10. Аспіранту, який набув за результатами поточного контролю в семестрі 32 рейтингових бали, залік зараховується автоматично. Якщо аспірант має менше 32 балів, набуті їм бали за поточний контроль одвоюються, і він/вона складає залік за матеріалом тем 1-10 (питання 1-31).</p> <p>Аспіранти складають екзамен після закінчення навчання за обсягом усього навчального матеріалу.</p> <p><b>Екзамен та залік</b> оцінюються за наступною системою балів:</p>												
<table border="1"> <tbody> <tr> <td><b>40 балів</b></td> <td>аспірант продемонстрував глибоке знання змісту питань; відповідь побудована лаконічно, чітко, логічно та послідовно; відповідь демонструє високий рівень засвоєння навчального матеріалу</td> </tr> <tr> <td><b>30-39 балів</b></td> <td>аспірант продемонстрував знання змісту питань; відповідь побудована лаконічно та послідовно, проте допущені певні неточності та похибки у логіці викладу матеріалу;</td> </tr> <tr> <td><b>20-29 балів</b></td> <td>аспірант продемонстрував певне знання змісту питань, відповідь є недостатньо послідовною, та логічною;</td> </tr> <tr> <td><b>10-19 балів</b></td> <td>аспірант продемонстрував уявлення з залікових питань, відповідь є фрагментарною, відповідь не послідовна, не логічна, не зовсім відповідає змісту питань</td> </tr> <tr> <td><b>1-20 балів</b></td> <td>відповідь часткова; відповідь не послідовна, не логічна, не зовсім відповідає змісту питань.</td> </tr> <tr> <td><b>0 балів</b></td> <td>відповідь відсутня, або не відповідає змісту питань</td> </tr> </tbody> </table>	<b>40 балів</b>	аспірант продемонстрував глибоке знання змісту питань; відповідь побудована лаконічно, чітко, логічно та послідовно; відповідь демонструє високий рівень засвоєння навчального матеріалу	<b>30-39 балів</b>	аспірант продемонстрував знання змісту питань; відповідь побудована лаконічно та послідовно, проте допущені певні неточності та похибки у логіці викладу матеріалу;	<b>20-29 балів</b>	аспірант продемонстрував певне знання змісту питань, відповідь є недостатньо послідовною, та логічною;	<b>10-19 балів</b>	аспірант продемонстрував уявлення з залікових питань, відповідь є фрагментарною, відповідь не послідовна, не логічна, не зовсім відповідає змісту питань	<b>1-20 балів</b>	відповідь часткова; відповідь не послідовна, не логічна, не зовсім відповідає змісту питань.	<b>0 балів</b>	відповідь відсутня, або не відповідає змісту питань
<b>40 балів</b>	аспірант продемонстрував глибоке знання змісту питань; відповідь побудована лаконічно, чітко, логічно та послідовно; відповідь демонструє високий рівень засвоєння навчального матеріалу											
<b>30-39 балів</b>	аспірант продемонстрував знання змісту питань; відповідь побудована лаконічно та послідовно, проте допущені певні неточності та похибки у логіці викладу матеріалу;											
<b>20-29 балів</b>	аспірант продемонстрував певне знання змісту питань, відповідь є недостатньо послідовною, та логічною;											
<b>10-19 балів</b>	аспірант продемонстрував уявлення з залікових питань, відповідь є фрагментарною, відповідь не послідовна, не логічна, не зовсім відповідає змісту питань											
<b>1-20 балів</b>	відповідь часткова; відповідь не послідовна, не логічна, не зовсім відповідає змісту питань.											
<b>0 балів</b>	відповідь відсутня, або не відповідає змісту питань											
Питання до заліку/екзамену												
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Класифікація наноструктур, їх розмірність і місце в навколишньому світі. Критерії визначення наноматеріалів.</li> <li>2) Технологічні підходи отримання наноматеріалів: диспергаційний і конденсаційний.</li> <li>3) Фізичні методи отримання наночастинок.</li> <li>4) Хімічні методи синтезу наночастинок.</li> <li>5) Теорія зародкоутворення.</li> <li>6) Механізми гомогенного і гетерогенного зародкоутворення.</li> <li>7) Поняття про самоорганізацію наноструктур. Самоорганізація нанорозмірних упорядкованих структур. Типи упорядкованих структур.</li> <li>8) Термодинаміка і кінетика фазоутворення.</li> </ol>												

- 9) Електроповерхневі властивості оксидів.
- 10) Поверхнева енергія і поверхневий натяг.
- 11) Процеси на поверхні і в приповерхневих шарах; адсорбція і десорбція.
- 12) Методи формування наночастинок в колоїдних розчинах.
- 13) Міцели. Мікроемульсії.
- 14) Стійкість і коагуляція колоїдних систем.
- 15) Поверхнево-активні речовини.
- 16) Суспензії. Емульсії.
- 17) Загальні питання поліконденсації при синтезі колоїдного кремнезему. Гомогенна поліконденсація. Фазоутворення.
- 18) Механізм впливу рН, температури і концентрації на швидкість поліконденсації кремнієвої кислоти (або алкоксисиланів).
- 19) Гелеутворення при синтезі колоїдного кремнезему.
- 20) Самоупорядкування у наносистемах: формування одновимірних і двувимірних наноструктур. Приклади.
- 21) Плівки. Плівки Ленгмюра-Блоджет. Методи одержання плівкових структур з розчинів.
- 22) Трьохвимірні наноструктури. Темплатний синтез.
- 23) Кристалічні і нано-алотропи вуглецю. Графіт. Фулерени. Графен. Наноалмази.
- 24) Методи дослідження розміру і форми наночастинок (мікроскопія).
- 25) Седиментаційний аналіз дисперсних систем. Вивчення пористості і питомої поверхні  $\text{SiO}_2$ -матриць.
- 26) Оптичні методи. Спектри поглинання, спектри люмінесценції. ІЧ-спектроскопія.
- 27) Приклади утворення функціональних наноматеріалів на основі наночастинок  $\text{SiO}_2$ .
- 28) Приклади утворення функціональних наноматеріалів на основі  $\text{SiO}_2$ -матриць.
- 29) Вплив умов синтезу (концентрації прекурсорів та температури) на властивості  $\text{SiO}_2$ -матриць.
- 30) Активні композитні матеріали на основі нанопористих  $\text{SiO}_2$ -матриць і лазерних барвників.
- 31) Вплив  $\text{SiO}_2$ -матриці в композитах з барвниками на їх спектральні властивості в порівнянні з розчинами барвників.
- 32) Гетерочастинки типу «ядро-оболонка» з зовнішньою оболонкою з нанокристалів благородних металів: контрольований ріст та структурний дизайн.
- 33) 2D-структури на основі ансамблів монодисперсних нанокристалів золота: темплатний синтез.
- 34) Гетерочастинки типу «ядро-оболонка» з зовнішньою оболонкою з нанокристалів напівпровідників.
- 35) Гетерочастинки типу «ядро-оболонка» з зовнішньою оболонкою з нанокристалів кристалофосфорів.
- 36) Особливості отримання сферичних частинок оксидів рідкісноземельних елементів та консолідовані наноматеріали на їх основі.
- 37) Синтез, структура та фізичні властивості синтетичних опалів.
- 38) Наноструктури, синтезовані інфільтрацією опалових матриць.
- 39) Отримання, склад і структура нанокомпозитів на основі сферичних частинок оксидів рідкоземельних елементів, на прикладі  $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{ZnO}$ .
- 40) Структурно-морфологічні та фазові перетворення наповнювача в розмірно-обмеженому стані пір матриці в процесі відпалу.
- 41) Особливості структури кристалічного наповнювача в розмірно-обмеженому стані пор матриць різного діаметру.
- 42) Основні вимоги до властивостей порошку у керамічній технології.



- 43) Розмір частинок та методи його визначення. Методи електронної мікроскопії. Морфологія частинок та форм-фактор частинок.
- 44) Питома площа поверхні порошку, визначення за методом сорбції азоту.
- 45) Розподіл частинок за розмірами, методи його визначення.
- 46) Методи хімічного співосадження, гомогенне і гетерогенне співосадження.
- 47) Хімічні способи отримання порошків, гліцин-нітратний метод, піроліз.
- 48) Метод високоенергетичного помелу: типи млинів, залежність властивостей порошку від параметрів помелу.
- 49) Роль границь зерен у наноструктурному матеріалі. Умови формування наноструктури матеріалу.
- 50) Агломерати наночастинок, мікро і макроструктура порошкового компакту.
- 51) Конструкційні наноматеріали. Функціональна кераміка.
- 52) Холодне статичне пресування в закритих прес-формах. Способи підготовки порошків до формування.
- 53) Гаряче пресування: устаткування, переваги та недоліки методу.
- 54) Ізостатичне і квазіізостатичне пресування.
- 55) Спікання в розряді плазми (метод SPS): устаткування, переваги та недоліки методу.
- 56) Шлікерне лиття. Вимоги, що пред'являються до суспензій і процесу лиття.
- 57) Основні кількісні характеристики процесу шлікерного лиття. Методи отримання суспензій. Склад, зв'язуючі, модифікатори.
- 58) Стабілізація суспензій у методі шлікерного лиття.
- 59) Вплив перемішування, рН, температури на властивості шлікерів.
- 60) Технології шлікерного лиття, лиття під тиском, лиття на стрічку.
- 61) Обладнання для шлікерного лиття: прес-форми, ливарні машини.

#### Рекомендована література

1. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики: навчальний посібник для підготовки студентів вищих навчальних закладів, Д.О. Мельничук, С.Д. Мельничук, В.М. Войціцький, В.А. Грищенко, Л.Г. Калачнюк, С.В. Хижняк, В.І. Цвіліховський: за ред. акад. Д.О. Мельничука. – К.: ЦП «Компринт», 2016, 289 с.
2. C.P. Poole, Introduction to nanotechnology, C.P. Poole, F.J. Owens, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey. 388 p.
3. С.В. Волков, Є.П. Ковальчук, В.М. Огенько, О.В. Решетняк. Нанохімія, наносистеми, наноматеріали / Київ: Наукова думка, 2008, 425 с.
4. Environmental Applications of Nanomaterials Synthesis, Sorbents and Sensors, Ed. G.E. Fryxell, Guozhong Cao, Imperial College Press, London, 2007, 507 p.
5. Carbon Nanomaterials, Ed. Y. Gogotsi, Taylor and Francis Group, 2006, 319 p.
6. Handbook of microscopy for nanotechnology, Ed. Nan Yao, ZhongLin Wang, Kluwer Academic Publishers, 2005, 745 p.
7. Л.Д. Тарасова, Матеріалознавство та конструкційні матеріали. Практикум. Київ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022, 143 с.
8. Т.І. Хорошилова, В.О. Хромишев, С.В. Рябов, О.О. Хромишева. Нанохімія. Підручник для студентів хімічних факультетів педагогічних університетів. Мелітополь. Видавництво МДПУ ім. Б.Хмельницького, 2014, 206 с.
9. Колоїдна хімія: підручник / М.О. Мchedlov-Петросян, В.І. Лебідь, О.М. Глазкова, О.В. Лебідь; за ред. проф. М.О. Мchedlova-Петросяна, 2-ге вид., випр. і доп. Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2012, 500 с.

10. Physical chemistry of modern inorganic materials [electronic resource]: A textbook for students specialty 161 "Chemical technologies and engineering", specialization "Chemical technologies of inorganic ceramic materials", В.Ю. Kornilovych, I.V. Pylypenko, I.A. Kovalchuk, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2021, 134 p.
11. Н.М. Буденкова, М.В. Яцков, Фізична хімія та хімія силікатів, Навч. Посібник, Рівне: НУВГП, 2015, 188 с.
12. Конспект лекцій з курсу «Основні процеси та апарати хімічної технології». Розділ «Кристалізація» для студентів усіх спеціальностей, Укл.: Т.Ю. Гіріч, Т.П. Єльцова, П.В. Рябик, Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2010, 26 с.
13. І.С. Щеглова, С.М. Масленко, Розчини та фазові рівноваги: Навч. посібник, Дніпропетровськ: НМетАУ, 2006, 68 с.
14. С.С. Koch, Nanostructured Materials: Processing, Properties, and Applications, William Andrey Publishing, NY, USA, 2007, 760 p.
15. Y. Gogotsi, Nanomaterials handbook, Taylor & Francis Group, CRC Press, Boca Raton, 2006, 779 p.
16. Masuo Hosokawa, Kiyoshi Nogi, Makio Naito Toyokazu Yokoyama, Nanoparticles Technology Handbook, Elsevier, Oxford, 2007, 622 p.
17. G. Wilde, Nanostructured Materials. Elsevier, Oxford, 2009, 374 p.
18. S.J. Gregg, K.S.W. Sing, Adsorption, Surface Area and Porosity, Second Edition, Academic Press, London, 1982, 303 p.
19. H.-E. Schaefer, Nanoscience. Springer, Stuttgart, 2010, 772 p.
20. T.A. Ring, Fundamentals of Ceramic Powder Processing and Synthesis, Academic Press, San Diego, 1996, 985 p.
21. M.N. Rahaman, Ceramic Processing and Sintering, Marcel Dekker Inc, New York, 2003, 896 p.