

Міністерство освіти і науки України
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
Фізико-технічний факультет
Кафедра матеріалознавства і новітніх технологій

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор _____

“ 30 ” серпня 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МЕТОДИ ОТРИМАННЯ НАНОМАТЕРІАЛІВ

(шифр і назва навчальної дисципліни)

підготовки _____ **доктор філософії**

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

напряму _____ **105 – Прикладна фізика та наноматеріали**

(шифр і назва напряму)

спеціальності _____ **105 – Прикладна фізика та наноматеріали**

Робоча програма
“ методи отримання наноматеріалів ”

(назва навчальної дисципліни)

для аспірантів за напрямом підготовки **105 – Прикладна фізика та наноматеріали**

спеціальності **Прикладна фізика та наноматеріали**. „___” _____, 20__ р. –
17 с.

Розробники: (вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Ільницький Роман Васильович – доктор фізико-математичних наук, доцент, професор кафедри матеріалознавства і новітніх технологій Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника _____

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри матеріалознавства і новітніх технологій

Протокол № 1 від “29” серпня 2022 р.

Завідувач кафедри матеріалознавства і новітніх технологій

“29” серпня 2022 р. _____ Богдан ОСТАФІЙЧУК

Схвалено методичною комісією фізико-технічного факультету.

Протокол від “30” серпня 2022 р. № 1

“30” серпня 2022 р.

Голова _____
(підпис)

Михайло ЯЦУРА
(прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань <u>0402 Фізико-математичні науки</u> (шифр і назва)	За вибором навчального закладу	
	Напрямок підготовки <u>Доктор філософії</u> (шифр і назва)		
Модулів –1	Спеціальність (професійне спрямування): <u>Прикладна фізика і наноматеріали</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів –2		2-й	–
Індивідуальне науково-дослідне завдання <hr/> <hr/> (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин - 90		3-й	–
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента –1,5	Освітньо-кваліфікаційний рівень: <u>Доктор філософії</u>	Консультації	
		14 год.	–.
		Практичні, семінарські	
			–.
		Лабораторні	
		__ год.	–
		Самостійна робота	
		52год.	–
Індивідуальні завдання: __ год.			
Вид контролю: <u>екзамен</u>			

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання –

для заочної форми навчання –

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: забезпечити відповідні сучасним вимогам знання аспірантів про хіміко-фізичні властивості ультрадисперсних матеріалів, методи їх отримання та діагностики.

Завдання: сформувати у аспірантів уявлення про структурні, електричні, магнітні, оптичні, механічні, властивості ультрадисперсних систем, розмірні ефекти, роль поверхні особливості технологій їх отримання та обробки, проблеми діагностики фізичних параметрів наночастинок та їх систем.

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен **знати:**

- основні визначення, фундаментальні аспекти і практичні застосування наноматеріалів, класифікацію дисперсних систем за розмірністю, агрегатним станом і структурою, основні характеристики наночастинок і дисперсних систем, суть розмірних ефектів;
- основи термодинаміки поверхневих явищ;
- способи синтезу кристалічних фаз: рідкої, газоподібної і кристалічної, кінетичні особливості утворення кристалічних фаз;
- основні методи обробки поверхні та отримання атомарно-чистої поверхні твердого тіла;
- суть та методологію основних експериментальних методів дослідження структури і властивостей поверхні твердих тіл і міжфазних границь;
- поняття про природу реальних поверхонь і міжфазних границь;
- природу фізичної і хімічної адсорбції.

вміти:

- аналізувати стану науково-технічної проблеми, формулювати технічне завдання, постановку мети і завдань дослідження на основі підбору і вивчення літературних і патентних джерел;
- здійснювати вибір оптимального методу і програми досліджень, модифікацію існуючих та розробку нових методик отримання наноматеріалів, виходячи із поставлених завдань (отримання матеріалів з наперед заданими властивостями);
- проводити теоретичні і експериментальні дослідження з метою модернізації або створення нових матеріалів, компонентів, процесів і методів;
- здійснювати фізико-математичний аналіз та фізико-хімічне моделювання розроблювальних матеріалів, компонентів і процесів з метою оптимізації їх параметрів; використання типових та розробка нових програмних продуктів, орієнтованих на вирішення наукових, проектних і технологічних завдань у рамках напряму професійної діяльності;
- застосовувати на практиці деякі з експериментальних методів отримання (золь-гель метод, гідроліз, темплатний синтез) та дослідження структурних та морфологічних, оптичних та магнітних характеристик наносистем (оптичні дослідження морфології поверхні, гамма-резонансні методи, мас-спектроскопічні методи, електронна мікроскопія).

Дисципліна націлена на підготовку студентів до:

- науково-дослідної та виробничо-технологічної роботи в області високо-ефективних процесів отримання наноматеріалів та вивчення їх властивостей, пов'язаної з вибором необхідних методів діагностики фізико-хімічних властивостей та дослідження структурних характеристик наноматеріалів;
- умінню правильно робити вибір методів діагностики наноматеріалів в залежності від їх властивостей і функцій;
- вирішенню науково-дослідних і прикладних задач, що виникають при вивченні властивостей наноматеріалів;
- пошуку та аналізу профільної науково-технічної інформації, необхідної для вирішення конкретних інженерних задач, у тому числі при виконанні між-дисциплінарних проектів.

Компетентності.

Інтегральна. Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та / або дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних і створення нових цілісних знань та/або професійної практики.

ЗК.1. Розуміння концептуальних та методологічних засад у галузі науково-дослідної та/або професійної діяльності.

ЗК. 4. Здатність ініціювати та розробляти інноваційні комплексні проекти, проявляти лідерство та автономність під час їх виконання, реалізувати соціальну відповідальність за результати прийняття стратегічних рішень.

ЗК. 9. Здатність до роботи у команді, використання адекватних методів ефективної взаємодії із різних (професійних, соціальних та культурних груп).

ФК.3. Здатність аналізувати і узагальнювати результати сучасних досліджень у галузі, адаптувати їх для вирішення наукових і прикладних проблем у галузі прикладної фізики.

ФК. 4. Здатність здійснювати теоретичні та експериментальні наукові дослідження, застосувати їх методи, трактувати отримані результати, виявляти властивості та характеристики об'єктів дослідження у галузі прикладної фізики та наноматеріалів.

ФК. 5. Здатність створювати та аналізувати різні моделі фізичних систем, оцінювати адекватність їх щодо фізичних явищ і процесів, для пояснення для яких ці моделі створювалися.

ФК. 9. Здатність організувати роботу наукових груп та колективів, здійснювати проектну діяльність, володіння основними навичками проектного менеджменту у науково-технічній та освітній галузі.

ФК. 10 Здатність до науково-освітньої, проектної, організації управлінської діяльності у закладі вищої освіти.

ФК. 11. Викладацькі здатності. Компетентність правильно використовувати набуті знання і навички у викладацькій діяльності та при роботі у науково-дослідних лабораторіях.

Програмні результати навчання

ПРН. 1. У результаті навчання здобувачі повинні набути знання і вміння, які дозволяють застосовувати сучасні концептуальні поняття у галузі фізики, прикладної фізики, суміжних галузей знань, зокрема, методології та принципів побудови наукових досліджень, для здійснення професійної діяльності.

ПРН. 2. Знання – фундаментальних праць провідних вітчизняних і зарубіжних вчених у галузі прикладної фізики і суміжних наук.

ПРН. 3. Знання поглибленого рівня у сфері фізики, технології речовин і матеріалів, сучасних методів дослідження їх властивостей.

ПРН. 4. Знання принципів планування та фінансування науково дослідної роботи, розробки і подання грантових запитів та підготовку звітної документації.

ПРН. 5. Знання основи сучасних засад функціонування науки, основ методології та організації наукових досліджень різних рівнів, формувати методологічну базу власного наукового дослідження.

ПРН. 6. Прогнозувати результати виконання наукового проекту, новизну практичну цінність ініціювати та проводити комплексні дослідження у галузі, які проводять до отримання нових знань.

ПРН. 7. Використовувати інформаційно-комунікаційні технології у науковій та викладацькій діяльності, володіти навичками етичної поведінки в інформаційно-комунікаційному середовищі.

ПРН. 8. Використовувати англійську мову в усній та письмовій формі для розв'язання комунікативних завдань у побутовій, суспільній, навчальній, професійній, науковій сферах життя; здійснювати переклад англомовного фахового наукового тексту; здійснювати анотування статей за фахом;

ПРН. 10. Застосовувати інноваційні педагогічні технології та ефективні стратегії міжособистісної комунікації в освітньому процесі закладу вищої освіти, зокрема в дистанційному та змішаному навчанні.

ПРН. 11. Оцінювати кращі європейські практики, сучасні цифрові ресурси та інструменти на предмет їх застосування для освітньо-наукових цілей.

ПРН. 12. Проводити математичне, аналітичне та комп'ютерне моделювання здійснювати статистичні обчислення або чисельні розрахунки, порівнювати їх результати із експериментами даними для більш повного опису досліджуваних систем.

ПРН.13. Вміти кваліфіковано відображати результати наукових, результатів у провідних вітчизняних і міжнародних наук виданих, виступити у підготовчих презентаціями, доповідачами наукових конференцій і симпозіумів. Вести дискусії з науковцями, представниками громадськості з наукових проблем відстоювати особистісну позицію.

ПРН. 14. Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми правової сфери державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.

ПРН 15. Використовувати інформаційно-комунікаційні технології у науковій і викладацькій діяльності, володіти навичками етичної поведінки в інформаційно-комунікаційному середовищі.

ПРН. 16. Робити огляд та пошук інформації в спеціалізованій літературі, використовуючи різноманітні ресурси: журнали, бази даних, он-лайн ресурси.

ПРН. 17. Ясно та ефективно описувати інтенсивні, глибокі й деталізовані результати наукової роботи державною та іноземною мовами. Вести спеціалізовані наукові семінари та публікувати наукові статті в провідних наукових журналах.

ПРН. 19. Здатність підготувати та успішно захистити дисертаційну роботу на основі індивідуальних досліджень, а також використати (та визнати) результати інших членів наукової групи.

ПРН. 20. Здатність правильно вибрати стратегію синтезу та дослідження наноматеріалів з точки зору їх практичного застосування в заданих умовах з повним уявленням про загальні підходи створення і отримання нових ультрадисперсних матеріалів із заданими властивостями.

ПРН. 21. Здатність правильно використовувати набуті знання і навички у викладацькій діяльності та при роботі у науково-дослідних лабораторіях.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Фізичні передумови особливих властивостей нанодисперсних матеріалів

Тема 1 Дисперсні системи.

Вступ. Предмет курсу, основні визначення, фундаментальні аспекти і практичні застосування. Дисперсний стан речовини. Класифікація дисперсних систем за розмірністю, агрегатним станом і структурою. Нанорозмірні системи. Основні характеристики наночасток і дисперсних систем. Розмірний ефект.

Тема 2. Термодинаміка поверхні.

Основи термодинаміки поверхневих явищ. Термодинамічні функції. Поверхневий натяг і вільна енергія поверхонь розділу фаз. Зв'язок поверхневого натягу з об'ємними властивостями речовин. Термодинамічне рівняння Гібса для поверхні розділу фаз в однокомпонентних системах. Поверхнева енергія твердих тіл. Вплив морфології, рельєфу і адсорбції молекул. Склад поверхні, сегрегація компонентів в приповерхневих шарах.

Тема 3. Стійкість дисперсних систем.

Поняття про нестійкість дисперсних систем. Утворення кластерів. Агрегація наночасток, роль температури і рН середовища. Стабілізація наночасток.

Основні класи хімічних сполук. Кислотні і основні центри. Типи хімічного зв'язку. Хімічні реакції: окислення-відновлення, кислотно-основні, гідроліз,. Класифікація методів синтезу по фазових станах вихідних реагентів і продуктів реакції. Гомогенні і гетерогенні процеси. Основні фізико-хімічні параметри, що визначають хід хімічних перетворень. Термодинамічний прогноз можливості реалізації синтезу в гомогенному середовищі. Фазові діаграми, вибір умов синтезу. Нестехіометрія. Атомні дефекти.

Тема 4. Процеси нуклеації.

Синтез кристалічних фаз з прекурсорів різного фазового складу: рідкої, газоподібної і кристалічної фаз. Кінетичні особливості утворення кристалічних фаз, пов'язані із зародкоутворенням. Гомогенне зародкоутворення. Рівняння Гібса-Томсона.

Критичне пересичення. Критичний розмір зародка. Кінетичні рівняння швидкості зародкоутворення. Гетерогенне зародкоутворення. Епітаксія. Утворення нової фази за участю модифікаторів. Кристалізація і ріст монокристалів. Стабільні і метастабільні кристалічні фази.

Змістовий модуль 2. Фізичні методи отримання та діагностики нанодисперсних матеріалів

Тема 1. Методи синтезу наноматеріалів.

Методи формування наночасток. Класифікація методів за принципами «знизу - вгору» і «зверху-вниз», фізичні і хімічні методи. Помол і диспергування. Нуклеація і агломерація. Ріст з парів і розчинів. Основні параметри росту наночасток. Зародження і ріст наночасток в гомогенному середовищі і на поверхні твердого тіла.

Тема 2. Метод вакуумної конденсації.

Методи вакуумної конденсації. Склад і тиск пари речовин. Вибір прекурсорів. Роль підкладки. Епітаксціальний ріст. Метод молекулярних пучків. Оцінка швидкості росту кристалів з газової фази.

Тема 3. Метод хімічного осадження з газової фази.

Метод хімічного осадження з газової фази (CVD). Піроліз аерозолів органічних і неорганічних прекурсорів. Принципи вибору прекурсорів. Лазерне осадження, магнетронне осадження. Види плазми. Механізми генерації хімічно активних часток. Лазерна електродисперсія. Вплив складу плазми на структуру нанокристалів.

Тема 4. Золь-гель технологія. Гідроліз.

Золь-гель технологія. Гідроліз. Поліконденсація. Перехід істинний розчин - золь. Вплив розчинника, температури, рН. Будова гелів, ксерогелі. Приклад отримання нанодисперсного кремнезему. Лінійні, двовимірні і тривимірні макромолекули. Хімічне осадження з розчинів. Реакція гідролізу. Приклади отримання нанокристалічних оксидів і гідроксидів металів. Нанокompозити. Співосадження. Вплив рН реакційного середовища на перебіг нуклеаційних процесів. Вплив розчинників. Гідрофільність і гідрофобність. Хімічне модифікування поверхні нанокристалів.

Тема 5. Темплатний синтез.

Темплатний синтез. Нанореактори. Класифікація: мезопористі системи (1D), шаруваті подвійні гідроксиди (2D), цеоліти (3D). Структура пористих систем, характеристика пор, приклади темплатів. Мезопористий оксид кремнію.

Мікроемульсії. Зворотні міцели і емульсії. Зростання кластерів в мікроемульсіях. Організація колоїдних систем в присутності ПАР. Плівки Ленгмюра-Блоджет. Приклади росту нанокристалів оксидів металів. Колоїдний синтез нанокристалів напівпровідникових матеріалів. Синтез квантових точок.

Тема 6. Магнітні наноматеріали.

Магнітні наноматеріали: синтез і властивості. Феромагнетизм. Парамагнетизм. Суперпарамагнетизм. Особливості застосування методу месбауерівської спектроскопії до вивчення магнітних наночастинок.

Тема 7. Оптичні властивості наноматеріалів.

Оптичні властивості наноматеріалів. Закон Релея. Основи теорії Мі. Визначення розміру частинок дисперсних систем методом вимірювання спектру мутності

Тема 8. Методи дослідження морфології наноматеріалів.

Методи аналізу нанорозмірних матеріалів. Локальність і глибина аналізу. Особливості аналізу високодисперсних систем. Визначення середнього розміру часток. Можливості і обмеження методу рентгенівської дифракції. Визначення вкладу поверхні і об'єму.

Тема 9. Методи дослідження морфології наноматеріалів.

Визначення складу і структури окремої наночастки; електронна мікроскопія, дифракція електронів.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Фізичні передумови особливих властивостей нанодисперсних матеріалів						
Тема 1 Дисперсні системи	6	2	2			2
Тема 2. Термодинаміка поверхні	16	6	4			6
Тема 3. Стійкість дисперсних систем	14	6	2			6
Тема 4. Процеси нуклеації	14	6	2			6
Разом за змістовим модулем 1	50	20	10			20
Змістовий модуль 2. Фізичні методи отримання та діагностики нанодисперсних матеріалів						
Тема 4. Методи синтезу наноматеріалів	4	2				2
Тема 5. Метод вакуумної конденсації	4	2				2
Тема 6. Метод хімічного осадження з газової фази	4	2				2
Тема 7. Золь-гель технологія. Гідроліз	12	4	2			6
Тема 8. Темплатний синтез	4	2				2
Тема 9. Магнітні наноматеріали.	8	2	2			4
Тема 10. Оптичні властивості наноматеріалів	8	2	2			4
Тема 11. Методи дослідження структурних та електричних властивостей наноматеріалів	8	2	2			4
Тема 12. Методи дослідження морфології наноматеріалів	6	2	2			2
Разом за змістовим модулем 2	58	20	10			28
Усього годин	108	40	20			48

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Змістовий модуль 1. Фізичні передумови особливих властивостей нанодисперсних матеріалів		
1.	Основи термодинаміки поверхневих явищ. Надлишкові термодинамічні функції. Поверхневий натяг і вільна енергія поверхонь розділу фаз. Зв'язок поверхневого натягу з об'ємними властивостями речовин. Термодинамічне рівняння Гіббса для поверхні розділу фаз в однокомпонентних системах.	2
2.	Характеристики морфології наночастинок. Когезія. Адгезія. Адсорбція. Принципи вимірювання питомої поверхні. Ознайомлення з роботою аналізатора морфології поверхні методом низькотемпературної адсорбції газів.	2
3.	Нуклеація і агломерація. Ріст з парів і розчинів. Основні параметри росту наночастинок. Зародження і ріст наночастинок в гомогенному середовищі і на поверхні твердого тіла	2
4.	Реакція гідролізу. Приклади отримання нанок ристалічних оксидів і гідроксидів металів. Наноккомпозити. Співосадження. Вплив рН реакційного середовища на перебіг нуклеаційних процесів.	2
Змістовий модуль 2. Фізичні методи отримання та діагностики нанодисперсних матеріалів		
5.	Темплатний синтез. Мезопористі системи, шаруваті подвійні гідроксиди, цеоліти. Методи отримання та діагностики. Структура пористих систем, характеристика пор, приклади темплатів.	2
6.	Визначення розміру частинок дисперсних систем методом вимірювання спектру мутності	2
7	Структура поверхні. Дифракція рентгенівських променів та електронів.	2
8	Дослідження наноматеріалів методом месбауерівської спектроскопії	2
9	Магнітні нанорідини. Синтез і властивості.	2
10	Наноінженерія. Барвниково-сенсibiliзований сонячний елемент.	2
11	Вуглецеві наноматеріали. Фуллерени.	2

Семінарські заняття відносяться до практичних занять, але являють собою особливу форму поєднання теорії та практики. Оскільки в лекційному курсі не може бути даний весь курс в повному обсязі передбаченому державним освітнім стандартом, студенти отримують додатковий обсяг знань з предмета на семінарських і лабораторно-практичних заняттях. Семінарські заняття спрямовані на поглиблення, розширення і застосування знань, отриманих в ході самостійного вивчення.

При підготовці до семінарського заняття студент вивчає теоретичний матеріал за рекомендованими підручниками (навчальними посібниками). Щоб робота студента в ході підготовки до семінару була цілеспрямованою, викладач повинен заздалегідь дати студентам план семінару із зазначенням питань по даній темі.

Рекомендується наступна методика проведення семінарського заняття. У відповідності з планом семінару, викладач веде опитування студентів по кожному питанню. Якщо студент дає недостатньо повний або глибокий відповідь з даного питання, то інші студенти виправляють, доповнюють його, роблять узагальнення. Викладач, при необхідності, дає додаткові роз'яснення з важких питань.

Для розвитку самостійності і активації пізнавальної діяльності студентів в якості домашніх завдань студенти отримують підготовку невеликих доповідей, обсяг яких менше реферату та становить приблизно 1-2 сторінки тексту. Доповідь не вимагає відповідного оформлення.

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Змістовий модуль 1. Фізичні передумови особливих властивостей нанодисперсних матеріалів		
1	Історія розвитку наноматеріалознавства. Класифікація наноматеріалів . Основні типи структур, фізичні причини специфіки властивостей наноматеріалів.	2
2	Будова колоїдної міцели, сутність критичної концентрації міцелоутворення, типи міцелярних наноструктур, умови формування кластерів в емульсіях, принципи синтезу у зворотніх міцелах, причини організації і самоорганізації колоїдних структур	8
3	Властивості межі розділу напівпровідник / електроліт. Поняття електродного потенціалу та методи його вимірювання	8
4	Молекулярні накопичувачі енергії на основі пористих та нанодисперсних вуглецевих матеріалів	6
Змістовий модуль 2. Фізичні методи отримання та діагностики нанодисперсних матеріалів		
5	Принцип дії барвникових-сенсibilізованих сонячних елементів. Матеріали для барвникових-сенсibilізованих сонячних елементів. Барвник – сенсibilізатор	2
6	Контактні явища. Контактна різниця потенціалів на границі розділу метал-метал напівпровідник / напівпровідник	10
7	Фізичні процеси в поверхневих шарах. Область просторового заряду в стані термодинамічної рівноваги. Поверхнева провідність і ефект поля. поверхнева рекомбінація	8
8	Елементи наноелектроніки. Наноласери.	6
9	Нанопристрої на основі вуглецевих нанотрубок. Діод . Транзистор.	4

9. Індивідуальні завдання

Студенти пишуть реферати з питань, що виносяться на самостійне вивчення або з питань які необхідно вивчити більш детально.

З питань, що виносяться на самостійне вивчення, студент пише невеликий реферат (обсягом 7-8 сторінок рукописного тексту), використовуючи не менше 2-3 літературних джерел. По темі реферату робить повідомлення на семінарському занятті. Викладач, при необхідності, дає пояснення, доповнює відповідь студента, обов'язково оцінює його. Кращі реферати можуть служити матеріалом для підготовки до іспиту з даного питання.

Критерії оцінки реферату:

«Зараховано» - в роботі має бути правильно складений план, розкрито основні питання теми, зроблені відповідні висновки.

«Не зараховано» ставиться у випадку, коли неправильно складений або не складений план по відповідних розділах, зроблені неправильні висновки, що говорить про практично повній відсутності знань по відповідному розділу дисципліни.

Теми рефератів

1. Особливі властивості наноматеріалів.
2. Розмірний ефект у властивостях наноматеріалів і нанотехнологій.
3. Основні типи і властивості вантових наноструктур.
4. Зерногранічна дифузія
5. Напівпровідникові гетероструктури.
6. Літографія і нанолітографії.
7. Особливості фізико-хімічних властивостей нанопорошків.
8. Об'ємні наноструктуровані матеріали.
9. Фулерени.
10. Нанотрубки і нановолокна.
11. Неуглеродні тубулярні наноструктури.
12. Самоорганізація і самозбірки наноструктур.
13. Отримання композиційних наноматеріалів і покриттів.
14. Нанокераміка. Особливі властивості нанокераміки.
15. Наноструктуровані стекла.
16. Магнітні рідини.
17. Наноструктуровані гелі.
18. Колоїдні частинки металів.
19. Тонкі плівки. Властивості і методи отримання.
20. Плівки Ленгмюра-Блоджет. Історія, властивості і одержання.
21. Кластери.
22. Молекулярні і супрамолекулярні пристрої.
23. Наномеханічні пристрої
24. Нанотехнологія та медицина.
25. Токсичність наноматеріалів

10. Методи навчання

Лекції та семінарські заняття.

11. Методи контролю

Колоквіуми, усні відповіді, робота в командах, аналіз якості виконання семінарських завдань, заслуховування рефератів

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота													Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль №1				Змістовий модуль № 2										
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13		
5	5	5	5	3	3	4	3	4	4	4	3	3	50	100

T1, T2 ... T12 – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
80 – 89	B	добре	
70 – 79	C		
60 – 69	D	задовільно	
50 – 59	E		
26 – 49	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-25	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

13. Методичне забезпечення

1. Мультимедійний курс лекцій.
2. Електронний підручник «Методи отримання наноматеріалів»

14. Рекомендована література

Базова

1. Адамсон А. Физическая химия поверхностей / А. Адамсон // М.- Мир.- 1979. - 568с.
2. Андриевский Р.А. Наноматериалы: концепции и современные проблемы / Р.А. Андриевский // Российский химический журнал. - 2002. - Т. 46, №5.
3. Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля // М.- Издательский центр "Академия".- 2005. - 192с.
4. Балабанов В.И. Нанотехнологии. Наука будущего / В.И. Балабанов // М.- Эксмо, 2009. - 248с.
5. Ашкрофт, Н. Физика твердого тела : в 2 т. / Н. Ашкрофт, Н. Мермин. - М. : Мир, 1979. - Т. 1. - 400 с.
6. Ашкрофт, Н. Физика твердого тела : в 2 т. / Н. Ашкрофт, Н. Мермин. - М. : Мир, 1979. - Т. 2. - 424 с.
7. Ашмарин, И. П. Ингибиторы синтеза белка / И. П. Ашмарин, Л. И. Ключарев. - Ленинград : Медицина, 1975. - 207 с.
8. Гусев, А. И. Нанокристаллические материалы / А. И. Гусев, А. А. Ремпель. - М. : Физматлит, 2000. - 224 с.
9. Балекин С.А. Основы физической и коллоидной химии / С.А. Балекин, Г.С. Парфенов // М. - Просвещение.- 1964. - 454с.
10. Болдырев А.И. Физическая и коллоидная химия / А.И. Болдырев // М.- Высш. шк.- 1983. - 408с.
11. Наноструктурные материалы. Учебное пособие для студ. высш. учебн. заведений. // Р.А.Андриевский, А.В.Рагуля. – М.Издательский центр "Академия", 2005, - 192 с.
12. Ч. Пул, Ф. Оуэнс. Нанотехнологии. Мир материалов и технологий. Техносфера, Москва, 2005.
13. Волков С.В. Нанохімія наносистеми наноматеріали / С.В. Волков, Є.П. Ковальчук, В.М. Огненко, О.В. Решетняк // К. - Наукова думка. - 2008. - 422с.
14. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии / С.С. Воюцкий // М.- Химия. - 1976. - 512с.
15. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И. Гусев // М.- ФИЗМТЛИТ.- 2005. - 416с.
16. Елецкий А.В. Углеродные нанотрубки и их эмиссионные свойства / А.В. Елецкий // Успехи физических наук. – 2002. – Т.172, №4.
17. Евстратова К.И. Физическая и коллоидная химия / К.И. Евстратова, Н.А. Купина, Е.Е. Малахова // М.- Высш. шк. - 1990. – 487с.

18. Захарова Г.С. Нанотрубки и родственные наноструктуры оксидов металлов / Г.С. Захарова, В.Л. Волков, В.В. Ивановская, А.Л. Ивановский // Екатеринбург. - УрО РАН. - 2005. - 238с.
19. Захарченко В.Н. Коллоидная химия / В.Н. Захарченко // М. - Высш. шк., 1989.-238с.
20. Кац Е.А. Фуллерены, углеродные нанотрубки и нанокластеры: Родословная форм и идей / Е.А. Кац // М.- Издательство ЛКИ.- 2008. - 296с.
21. Киреев В.А. Краткий курс физической химии / В.А. Киреев // М.- Химия.- 1978. - 620с.
22. Пархоменко В.Д. Плазмохимические методы получения порошкообразных веществ и их свойства / В.Д. Пархоменко, П.И. Сорока, Ю.И. Краснокутский, В.Г. Верещак // Всесоюзный журнал химического общества им. Д.И. Менделеева. - 1991. - Т.36, №2.
23. Письменко В.Т. Дисперсные системы / В.Т. Письменко, Е.Н. Калюкова // Ульяновск.- УлГТУ. - 2005. - 196с.
24. Пул Ч. Нанотехнологии / Ч. Пул, Ф. Оуэнс // М.- Техносфера. - 2005. - 336с.
25. Раков Э.Г. Химия и применение углеродных нанотрубок / Э.Г. Раков // Успехи химии. - 2001. - Т.70, №10.
26. Рыбалкина М. Нанотехнологии для всех: большое - в малом / М. Рыбалкина // М. - 2005. - 444с.
27. Сергеев Г.Б. Нанохимия / Г.Б. Сергеев // М.- Изд-во МГУ.- 2003. - 288с.
28. Суздалев И.П. Нанотехнология: физикохимия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П. Суздалев // М.- КомКнига. - 2006. - 592с.
29. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии / Д.А. Фридрихсберг // Л. - Химия. - 1974. - 352с.

Допоміжна

1. Хмельницкий Р.А. Физическая и коллоидная химия / Р.А. Хмельницкий // М.- Высш. шк.- 1988. - 400с.
2. Щукин Е.Д. Коллоидная химия / Е.Д. Щукин, А.В. Перцев, Е.А. Амелина // М.- Изд-во МГУ.- 1982. - 416с.
3. Щур А.Л. Высокомолекулярные соединения / А.Л. Щур // М.-Высш. шк. - 1971. - 656с.
4. Ярославцев А.Б. Основы физической химии / А.Б. Ярославцев // М.- Научный мир. -1998.- 230с
5. Третьяков Ю.Д. Гомогенные солевые и гидроксидные системы как прекурсоры для получения керамических порошков / Ю.Д. Третьяков, Н.Н. Олейников, А.А. Вертегел // Журн. неорганической химии. - 1996. - Т.41, №6.
6. Мелихов И.В. Тенденции развития нанохимии / И.В. Мелихов // Российский химический журнал. - 2002. - Т. XLVI, №5.
7. Мовчан Б.А. Электронно-лучевая гибридная нанотехнология осаждения неорганических материалов в вакууме / Б.А. Мовчан // Актуальные

проблемы современного материаловедения. - К.- Изд. Академперіодика, 2008. – Т.1.

8. Москаленко В.Ф. Нанонаука: стан, перспективи досліджень / В.Ф. Москаленко, Л.Г. Розенфельд, І.С. Чекман, Б.О. Мовчан // Науковий вісник Національного медичного університету імені О.О.Богомольця. - 2008. - №4.
9. Хайрутдинов Р.Ф. Химия полупроводниковых наночастиц / Р.Ф. Хайрутдинов // Успехи химии. - 1998. - Т.67, №2.

Інформаційні ресурси

1. «Нанотехнологическое общество» (<http://www.nanometer.ru>)
2. Журнал «Российские нанотехнологии» (<http://www.nanoru.ru>)
3. Хімічна енциклопедія (<http://www.cnsnb.ru/AKDIL/0048/default.shtm>)
4. Електронні книги, словники, енциклопедії (<http://www.y10k.ru>)

Примітки:

1. Робоча програма навчальної дисципліни є нормативним документом вищого навчального закладу і містить виклад конкретного змісту навчальної дисципліни, послідовність, організаційні форми її вивчення та їх обсяг, визначає форми та засоби поточного і підсумкового контролів.
2. Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри, у методичній комісії факультету, інституту, підписується завідувачем кафедри, головою методичної комісії і затверджується проректором з науково-педагогічної роботи.