

Державний вищий навчальний заклад
«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»

Кафедра органічної та аналітичної хімії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор _____
“ ” _____ 2016 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВВ.01 Сучасні аспекти синтезу наноматеріалів
(шифр і назва навчальної дисципліни)

спеціальність _____ 102 Хімія _____
(шифр і назва спеціальності)
інститут, факультет _____ Інститут природничих наук _____
(назва інституту, факультету)

Івано-Франківськ – 2017 рік

Робоча програма _____ Сучасні аспекти синтезу наноматеріалів _____
(назва навчальної дисципліни)
для аспірантів за спеціальністю 102 Хімія – 15 с.

Розробники: (вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)
Миронюк І. Ф., завідувач кафедри органічної та аналітичної хімії, старший науковий співробітник, д.х.н.,
Микитин І.М., викладач кафедри органічної та аналітичної хімії, кандидат технічних наук.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри органічної та аналітичної хімії

Протокол від “__” _____ 201__ р. № __
Завідувач кафедри органічної та аналітичної хімії

“__” _____ 201__ р. _____ (Миронюк І.Ф.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено методичною комісією Інституту Природничих наук

Протокол від № __ від _____ 201__ р.

Голова _____ (Шпарик Ю.С.)
(підпис) (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>10 природничі науки</u> (шифр і назва)	За вибором	
	Напрямок підготовки _____ _____ (шифр і назва)		
Модулів – 1	Спеціальність (професійне спрямування): <u>102 Хімія</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 12		II-й	II-й
		Семестр	
Загальна кількість годин - 90		I-й	I-й
		Лекції	
		38 год.	38 год.
		Практичні, семінарські	
		-	-
		Лабораторні	
		-	-
		Самостійна робота	
		52 год.	52 год.
		Індивідуальні завдання:	
		0 год.	
		Вид контролю: <u>екзамен</u>	
Тижневих годин для денної форми навчання:	Освітньо-кваліфікаційний рівень: <u>доктор філософії (PhD)</u>		
аудиторних – 2			
самостійної роботи студента – 3			

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

для денної форми навчання – 42 % / 58 %
 для заочної форми навчання – 42 % / 58 %

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – дати студенту необхідні знання, які стосуються сучасних методів одержання наноматеріалів, залежності особливостей їх будови та властивостей від способів синтезу, досконало оволодіти методами аналізу наноматеріалів, практичного їх застосування, сформувані практичні навички при одержання наноматеріалів а також обробці отриманих результатів.

Завдання. Сформувані у студентів поглиблене знання класифікації, специфіки наноматеріалів, формування практичних навичок і вмінь для планування і проведення складних хімічних експериментів.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні :

знати:

- сучасні методи аналізу наноматеріалів;
- особливості сучасних способів синтезу наноматеріалів;
- практичне застосування наноматеріалів;

вміти:

- прогнозувати методи розроблення новітніх технологій отримання наноматеріалів з наперед заданими фізичними властивостями;
- уміти користуватися набутими знаннями для розв'язання різноманітних практичних і теоретичних завдань;
- застосовувати наукові знання для впровадження у виробництво інноваційних технологій.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Закономірності одержання нанодисперсних систем.

Тема 1. Термодинамічна теорія Гіббса-Фольмера.

Тема 2. Метод молекулярних струменів. Йонне бомбардування. Конденсація наночастинок у зоні фронту ударної хвилі. Аерозольний метод. Метод низькотемпературної плазми.

Тема 3. Золь-гель технології. Газофазний синтез високодисперсних матеріалів.

Змістовий модуль 2. Розмірні ефекти в нанодисперсних системах.

Тема 1. Залежність температури фазових перетворень та температури плавлення матеріалу від дисперсності наноматеріалів.

Тема 2. Правило Гіббса для дисперсних систем.

Змістовий модуль 3. Властивості дисперсних систем. Агрегаційні процеси в ліофобних системах.

Тема 1. Класифікація дисперсних систем. Броунівський рух. Осмотичний тиск.

Тема 2. Седиментаційно-дифузійна рівновага.

Тема 3. Коагуляція під дією електролітів. Правило Шульце-Гарді.

Змістовий модуль 4. Дослідження наноматеріалів методами мікроскопії та седиментації.

Тема 1. Трансмісійна електронна мікроскопія.

Тема 2. Скануюча зондова мікроскопія.

Тема 3. Скануюча тунельна мікроскопія.

Тема 4. Амонмо-силова мікроскопія.

Тема 5. Вимірювання питомої поверхні дисперсних матеріалів.

Тема 6. Термогравіметричні методи дослідження.

Змістовий модуль 5. Модифікації вуглецю.

Тема 1. Класифікація вуглецевих матеріалів.

Тема 2. Валентні електрони в атомах алотропних модифікацій вуглецю.

Змістовий модуль 6. Фулерени.

Тема 1. Атомна будова алмазу та карбіну.

Тема 2. Методи синтезу фулеренів та способи їх практичного використання.

Змістовий модуль 7. Нанотрубки.

Тема 1. Особливості будови вуглецевих нанотрубок.

Тема 2. Фізико-хімічні властивості нанотрубок.

Змістовий модуль 8. Вуглецеві матеріали з пористою структурою.

Тема 1. Термохімічні методи активації вуглецевих матеріалів.

Тема 2. Методи екзо- або ендотемплатування для синтезу мезопористих вуглецевих матеріалів.

Тема 3. Використання вуглецевих матеріалів для електродів суперконденсаторів.

Змістовий модуль 9. Матеріали на основі кремнезему.

Тема 1. Фізико-хімічні властивості та атомна будова кристалічних модифікацій у системі SiO₂.

Тема 2. Фактори впливу на корисну структуру силікагелю.

Змістовий модуль 10. Одержання органокремнеземів та нанодисперсного кремнезему.

Тема 1. Методи одержання пірогенного кремнезему у промисловості.

Тема 2. Реакції гідролізу SiCl₄ та конденсації утворених олігомерних продуктів у полум'ї.

Тема 3. Синтез органокремнеземів.

Змістовий модуль 11. Синтез нанодисперсного діоксиду титану.

Тема 1. Сучасні методи одержання TiO₂.

Тема 2. Промислове одержання рутилу та анатазу.

Тема 3. Синтез нанокристалічних модифікацій TiO₂ з використанням розчинів [Ti(OH)₆]³⁺·3Cl⁻.

Тема 4. Одержання наночастинок анатазу або рутилу за допомогою кристалогідратного прекурсору Ti(OH)₃Cl·2H₂O.

Тема 5. Використання наночастинок TiO₂ для очистки питної води методом фотокаталітичної деградації органічних поллютантів та патогенних мікроорганізмів.

Тема 6. Вилучення з водного середовища йонів стронцію з використанням наночастинок анатазу.

Змістовий модуль 12. Поліморфні різновиди оксиду алюмінію. Методи їх одержання.

Тема 1. Промислові методи одержання порошкового корунду.

Тема 2. Газофазний синтез Al₂O₃.

Тема 3. Будова та морфологія алюмооксидних матеріалів.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Закономірності одержання нанодисперсних систем.												
Тема 1. Термодинамічна теорія Гіббса-Фольмера.	2	1				1	2	1				1
Тема 2. Метод молекулярних струменів. Йонне бомбардування. Конденсація наночастинок у зоні фронту ударної хвилі. Аерозольний метод. Метод низькотемпературної плазми.	3	1				2	3	1				2
Тема 3. Золь-гель технології. Газофазний синтез високодисперсних матеріалів.	3	1				2	3	1				2
Змістовий модуль 2. Розмірні ефекти в нанодисперсних системах.												
Тема 1. Залежність температури фазових перетворень та температури плавлення матеріалу від дисперсності наноматеріалів.	2	1				1	2	1				1
Тема 2. Правило Гіббса для дисперсних систем.	2	1				1	2	1				1
Змістовий модуль 3. Властивості дисперсних систем. Агрегаційні процеси в ліофобних системах.												
Тема 1. Класифікація дисперсних систем. Броунівський рух. Осмотичний тиск.	2	1				1	2	1				1

Тема 2. Седиментаційно-дифузійна рівновага.	2	1				1	2	1				1
Тема 3. Коагуляція під дією електролітів. Правило Шульце-Гарді.	2	1				1	2	1				1
Змістовий модуль 4. Дослідження наноматеріалів методами мікроскопії та седиментації.												
Тема 1. Трансмісійна електронна мікроскопія.	2	1				1	2	1				1
Тема 2. Скануюча зондова мікроскопія.	2	1				1	2	1				1
Тема 3. Скануюча тунельна мікроскопія.	2	1				1	2	1				1
Тема 4. Амонмо-силова мікроскопія.	2	1				1	2	1				1
Тема 5. Вимірювання питомої поверхні дисперсних матеріалів.	2	1				1	2	1				1
Тема 6. Термогравіметричні методи дослідження.	2	1				1	2	1				1
Змістовий модуль 5. Модифікації вуглецю.												
Тема 1. Класифікація вуглецевих матеріалів.	2	1				1	2	1				1
Тема 2. Валентні електрони в атомах алотропних модифікацій вуглецю.	3	1				2	3	1				2
Змістовий модуль 6. Фулерени.												
Тема 1. Атомна будова алмазу та карбіну.	2	1				1	2	1				1
Тема 2. Методи синтезу фулеренів та способи їх практичного використання.	4	2				2	4	2				2
Змістовий модуль 7. Нанотрубки.												
Тема 1. Особливості будови вуглецевих нанотрубок.	3	1				2	3	1				2
Тема 2. Фізико-хімічні властивості нанотрубок.	2	1				1	2	1				1
Змістовий модуль 8. Вуглецеві матеріали з пористою структурою.												
Тема 1. Термохімічні методи активації вуглецевих матеріалів.	2	1				1	2	1				1

Тема 2. Методи екзо-або ендотемплатування для синтезу мезопористих вуглецевих матеріалів.	3	1				2	3	1				2
Тема 3. Використання вуглецевих матеріалів для електродів суперконденсаторів.	3	1				2	3	1				2
Змістовий модуль 9. Матеріали на основі кремнезему.												
Тема 1. Фізико-хімічні властивості та атомна будова кристалічних модифікацій у системі SiO ₂ .	2	1				1	2	1				1
Тема 2. Фактори впливу на корисну структуру силікагелю.	2	1				1	2	1				1
Змістовий модуль 10. Одержання органокремнеземів та нанодисперсного кремнезему												
Тема 1. Методи одержання пірогенного кремнезему у промисловості.	3	1				2	3	1				2
Тема 2. Реакції гідролізу SiCl ₄ та конденсації утворених олігомерних продуктів у полум'ї.	3	1				2	3	1				2
Тема 3. Синтез органокремнеземів.	3	1				2	3	1				2
Змістовий модуль 11. Синтез нанодисперсного діоксиду титану.												
Тема 1. Сучасні методи одержання TiO ₂ .	2	1				1	2	1				1
Тема 2. Промислове одержання рутилу та анатазу.	2	1				1	2	1				1
Тема 3. Синтез нанокристалічних модифікацій TiO ₂ з використанням розчинів [Ti(OH) ₂] ₆ ³⁺ ·3Cl ⁻ .	2	1				1	2	1				1
Тема 4. Одержання наночастинок анатазу або рутилу за допомогою кристалогідратного прекурсорю Ti(OH) ₃ Cl·2H ₂ O.	2	1				1	2	1				1

Тема 5. Використання наночастинок TiO_2 для очистки питної води методом фотокаталітичної деградації органічних поллютантів та патогенних мікроорганізмів.	3	1				2	3	1				2
Тема 6. Вилучення з водного середовища йонів стронцію з використанням наночастинок анатазу.	3	1				2	3	1				2
Змістовий модуль 12. Поліморфні різновиди оксиду алюмінію. Методи їх одержання.												
Тема 1. Промислові методи одержання порошкового корунду.	3	1				2	3	1				2
Тема 2. Газофазний синтез Al_2O_3 .	3	1				2	3	1				2
Тема 3. Будова та морфологія алюмооксидних матеріалів.	3	1				2	3	1				2
Разом	90	38				52	90	38				52

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не плануються	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не плануються	

7. Теми лабораторних занять

Для денної форми

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не плануються	

Для заочної форми

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не плануються	

8. Самостійна робота

Для денної форми

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Термодинаміка та кінетика фазоутворення.	4
2	Фізичні методи одержання порошкових неорганічних матеріалів із частинками нанометрового масштабу.	4
3	Хімічні методи синтезу наноматеріалів.	4
4	Класифікація дисперсних систем. Дифузія.	3
5	Фактори стійкості ліофобних систем.	3
6	Атомна будова графіту.	3
7	Атомна будова та морфологія фулеренів.	3
8	Атомна будова вуглецевих нанотрубок.	4
9	Методи одержання нанотрубок.	3
10	Вуглецеві синтетичні матеріали з великим об'ємом мікро- та мезопор.	3
11	Синтез нанодисперсних систем у мікроемульсіях і міцелах поверхнево-активних речовин.	4
12	Одержання органокремнеземів.	4
13	Поліморфні різновиди Al_2O_3 .	3
14	Фізико-хімічні властивості модифікованих форм кремнезему.	3
15	Одержання та будова силікагелю.	4
	Разом	52

Для заочної форми

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Термодинаміка та кінетика фазоутворення.	4
2	Фізичні методи одержання порошкових неорганічних матеріалів із частинками нанометрового масштабу.	4
3	Хімічні методи синтезу наноматеріалів.	4
4	Класифікація дисперсних систем. Дифузія.	3
5	Фактори стійкості ліофобних систем.	3
6	Атомна будова графіту.	3
7	Атомна будова та морфологія фулеренів.	3
8	Атомна будова вуглецевих нанотрубок.	4
9	Методи одержання нанотрубок.	3
10	Вуглецеві синтетичні матеріали з великим об'ємом мікро- та мезопор.	3
11	Синтез нанодисперсних систем у мікроемульсіях і міцелах поверхнево-активних речовин.	4
12	Одержання органокремнеземів.	4
13	Поліморфні різновиди Al_2O_3 .	3
14	Фізико-хімічні властивості модифікованих форм кремнезему.	3

15	Одержання та будова силікагелю.	4
	Разом	52

9. Індивідуальні завдання

Не планується

10. Методи навчання

Форма навчання: лекції, лабораторні заняття і самостійна робота.

11. Методи контролю

Поточний контроль **самостійної роботи** (підготовка до практичних занять за попередньо визначеною для кожного аспіранта темою заняття) з метою встановлення у аспірантів рівня знань, необхідних для успішного і **безпечного** виконання лабораторної роботи здійснюється **в усній формі** (перед кожною лабораторною роботою); лабораторні роботи виконуються індивідуально і оцінюються в цілому, **захист лабораторних робіт** включає оформлення звіту про виконання роботи (згідно умов практикуму) та усне опитування по виконанню лабораторної роботи і контрольних питань. По завершенню вивчення дисципліни складається **письмовий іспит**.

Форми контролю: поточні, модульне оцінювання та іспит.

Завдання для поточного контролю

1. Трансмійсна електронна мікроскопія.
2. Термодинаміка та кінетика фазоутворення в розчинах.
3. Скануюча зондова мікроскопія.
4. Термодинамічна теорія Гіббса-Фольмера.
5. Скануюча тунельна мікроскопія.
6. Пористі вуглецеві матеріали.
7. Метод молекулярних струменів.
8. Йонне бомбардування.
9. Конденсація наночастинок у зоні фронту ударної хвилі.
10. Аерозольний метод.
11. Метод низькотемпературної плазми.
12. Одержання нанорозмірних частинок шляхом диспергування матеріалу.
13. Вплив дисперсності на фізико-хімічні властивості матеріалів.
14. Фазові перетворення першого роду в дисперсних матеріалах манометрового масштабу.
15. Розмірні ефекти в дисперсних матеріалах.
16. Атомно-силова мікроскопія.
17. Фулерени – нова алотропна модифікація вуглецю.
18. Атомна будова алмазу.
19. Атомна будова та морфологія фулеренів.
20. Класифікація алотропних модифікацій вуглецю.
21. Вимірювання питомої поверхні дисперсних матеріалів.
22. Актуальність вуглецевих матеріалів.

23. Фізичні методи одержання порошкових неорганічних матеріалів із частинками нанометрового масштабу.
24. Стани валентних електронів в атомах алотропних модифікаціях вуглецю.
25. Схеми класифікації вуглецевих матеріалів.
26. Нанотрубки – п'ята алотропна модифікація вуглецю.
27. Атомна будова вуглецевих нанотрубок.
28. Методи одержання нанотрубок.
29. Рідкофазні та газофазні методи одержання оксиду алюмінію.
30. Термогравіметричні методи дослідження.
31. Фізико-хімічні властивості вуглецевих нанотрубок.
32. Загальні закономірності утворення нанодисперсних систем.
33. Схеми класифікації вуглецевих матеріалів.
34. Стани валентних електронів в атомах алотропних модифікацій вуглецю.
35. Атомна будова графіту.
36. Вуглецеві синтетичні матеріали з великим об'ємом мікро- та мезопор.
37. Синтез мезопористих вуглецевих матеріалів методами екзо- або ендотемплатування.
38. Вуглецеві матеріали для електродів суперконденсаторів.
39. Атомна будова та фізико-хімічні властивості кристалічних модифікацій у системі SiO_2 .
40. Одержання та будова силікагелю.
41. Кремнеземні матеріали.
42. Газофазний синтез нанодисперсного кремнезему.
43. Промислові методи одержання пірогенного кремнезему.
44. Перебіг у полум'ї реакцій гідролізу SiCl_4 та конденсації утворених олігомерних продуктів.
45. Синтез органокремнеземів.
46. Поліморфні різновиди оксиду алюмінію.
47. Використання розчинів $[\text{Ti}(\text{OH})_6]^{3+} \cdot 3\text{Cl}^-$ для синтезу нанокристалічних модифікацій TiO_2 .
48. Застосування кристалогідратного прекурсорю $\text{Ti}(\text{OH})_3\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ для одержання наночастинок анатазу або рутилу.
49. Очистка питної води методом фотокаталітичної деградації органічних поліютантів та патогенних мікроорганізмів на поверхні наночастинок TiO_2 .
50. Створення на основі наночастинок анатазу суперадсорбентів для вилучення з водного середовища йонів стронцію.
51. Золь-гель технології.
52. Газофазний синтез високодисперсних матеріалів.
53. Синтез нанодисперсних систем у мікроемульсіях і міцелах поверхнево-активних речовин.
54. Броунівський рух. Осмотичний тиск.
55. Коагуляція під дією електролітів. Правило Шульце-Гарді.
56. Методи синтезу фулеренів та способи їх практичного використання.
57. Термохімічні методи активації вуглецевих матеріалів.
58. Фактори впливу на корисну структуру силікагелю.
59. Фізико-хімічні властивості модифікованих форм кремнезему.
60. Промислові методи одержання порошкового корунду.

- 61.Методи одержання вуглецевих нанотрубок та їх фізико-хімічні властивості.
- 62.Одержання органокремнеземів.
- 63.Хімічні методи синтезу наноматеріалів.
- 64.Вплив дисперсності на температуру фазових перетворень та температуру плавлення матеріалу.
- 65.Правило Гіббса для дисперсних систем.
- 66.Синтез нанодисперсного діоксиду титану та його гідратованих форм.
- 67.Класифікація дисперсних систем. Дифузія.
- 68.Седиментаційно-дифузійна рівновага.
- 69.Атомна будова карбіну.
- 70.Фактори стійкості ліофобних систем.
- 71.Газофазний синтез Al_2O_3 методом спалювання пари $AlCl_3$ у воднево-повітряному полум'ї.
- 72.Будова та морфологія алюмооксидних матеріалів, одержаних термодеструкцією дев'ятиводного нітрату алюмінію.
- 73.Сучасні методи одержання нанодисперсного TiO_2 .
- 74.Сульфатнокислотна технологія промислового одержання рутилу та анатазу.

Зразок екзаменаційного білету

Державний вищий навчальний заклад

«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»

Освітньо-кваліфікаційний рівень доктор філософії (PhD)

Напрямок підготовки 132 Матеріалознавство Семестр III

Навчальна дисципліна хімія і технологія наноматеріалів

Екзаменаційне завдання № 1

1. Метод низькотемпературної плазми.
2. Рідкофазні та газофазні методи одержання оксиду алюмінію.
3. Очистка питної води методом фотокаталітичної деградації органічних поліютантів та патогенних мікроорганізмів на поверхні наночастинок TiO_2 .
4. Сучасні методи одержання нанодисперсного TiO_2 .

Затверджено на засіданні кафедри органічної та аналітичної хімії

Протокол №__ від «__» _____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____ Миронюк І.Ф.

(підпис) (прізвище та ініціали)

Екзаменатор _____ Миронюк І.Ф.

(підпис) (прізвище та ініціали)

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Для екзамену

Поточне тестування та самостійна робота	Екзамен	Сума
Змістовий модуль 1-12	50	100
Контрольна робота та поточне оцінювання – 50		

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

Критерії оцінювання знань, умінь і навичок студентів з навчальної дисципліни при підсумковому контролі необхідно розробити, виходячи з таких загальних рекомендацій:

"відмінно" – студент демонструє повні і глибокі знання навчального матеріалу, достовірний рівень розвитку умінь та навичок, правильне й обґрунтоване формулювання практичних висновків, вміння приймати необхідні рішення в нестандартних ситуаціях, вільне володіння науковими термінами, аналізує причини – наслідкові зв'язки;

"добре" – студент демонструє повні знання навчального матеріалу, але допускає незначні пропуски фактичного матеріалу, вміє застосовувати його щодо конкретно поставлених завдань, у деяких випадках нечітко формулює загалом правильні відповіді, допускає окремі несуттєві помилки та неточності;

"задовільно" – студент володіє більшою частиною фактичного матеріалу, але викладає його не досить послідовно і логічно, допускає істотні пропуски у відповіді, не завжди вміє інтегровано застосувати набуті знання для аналізу

конкретних ситуацій, нечітко, а інколи й невірно формулює основні теоретичні положення та причинно – наслідкові зв'язки;

"незадовільно" – студент не володіє достатнім рівнем необхідних знань, умінь, навичок, науковими термінами.

13. Методичне забезпечення

Навчально-методичне забезпечення:

- Програма курсу, курс лекцій.
- Підручники в бібліотеці інституту природничих наук;
- Питання для поточного контролю знань;
- Набори завдань для поточного контролю знань.

14. Рекомендована література

Базова

1. Заячук Д.М. Нанотехнології і наноструктури. Львів: "Львівська політехніка", 2009 .-580 с.
2. Мальцев П.П. Наноматериали. Нанотехнологии. Наносистемная техника. М.: Техносфера. 2008.
3. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. М.: Физматлит. 2000.
4. Находкін М.Г., Шека Д.І. Фізичні основи мікро- та наноелектроніки. К.: Київський ун-т, 2005 .-431 с.
5. Б.К. Остафійчук, І.М. Будзуляк, І.І. Григорчак, І.Ф. Миронюк. Наноматеріали в пристроях генерування і накопичення електричної енергії. Ів.-Франк.: ВДВ ЦІТ, 2007 .-206 с.
6. І.Ю. Проценко, Н.І. Шумакова. Основи матеріалознавства наноелектроніки. Суми Вид-во СумДУ 2004.
7. Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. Наноструктурные материалы. М.: Академия, 2005.
8. Ч.Пул, Ф. Оуэнс. Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2004.
9. П. Харрис. Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века. М.: Техносфера, 2005.
10. М.А. Рыбалкина. Нанотехнологии для всех. М.: Nanotechnology News Network, 2005.
11. Г.Б. Сергеев. Нанохимия. М.: Издательство МГУ, 2003.
12. Миронюк І.Ф., Коцюбинський В.О., Остафійчук Б.К. Синтез, структура та електрохімічні властивості оксидних наноматеріалів: монографія. Ів.-Франківськ: Прикарпатський нац. ун-т ім. В. Стефаника, 2011. – 443 с.
13. Рагуля А.В., Скороход В.В. Консолидированные наноструктурные материалы [Текст]: монографія. К. : Наукова думка, 2007. – 376.
14. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології. К.: Академперіодика, 2004 .- 699 с.

Допоміжна

1. Демиховский В.Я. Квантовые ямы, нити, точки: Что это такое? Соросовский Образовательный Журнал. 1997. № 5. С.
2. Борисенко В.Е. Нанoeлектроника – основа информационных систем XXI века. Соросовский Образовательный Журнал. 1997. № 5. С. 100-104.
3. С.П.Губин. Химия кластеров. М.: Наука, 1987.
4. Суздалев И.П., Суздаев П.И. Нанокластеры и нанокластерные системы. Успехи Химии - 2001. Т.70. №.3.
5. Наносистемы, наноматериалы, нанотехнологии. К.:Академперіодика,2004 .- 699 с.

Інформаційні ресурси

1. <http://lib.pu.if.ua/> – наукова бібліотека Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.
2. <http://www.nbuv.gov.ua/> – Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського.
3. <http://www.springer.com/?SGWID=5-102-0-0-0> - Доступ до колекції журналів Springer Journal Collection.
4. <http://www.sciencedirect.com> - Інформаційні продукти Elsevier sciencedirect