МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Хімічний факультет
Кафедра фізичної та колоїдної хімії

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри фізичної
та колоїдної хімії хімічного факультету
Львівського національного
університету імені Івана Франка
(протокол № 1 від 31 серпня 2022 р.)

Завідувач кафедри _____

Олександр РЕШЕТНЯК

Силабус з навчальної дисципліни

“СИНТЕЗ ТА ФІЗИКОХІМІЯ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ”

що викладається в межах освітньо-наукової програми ХІМІЯ

другого (магістерського) рівня вищої освіти

для здобувачів зі спеціальності 102 «Хімія»

Львів 2022 р.

Назва дисципліни	«Синтез та фізикохімія наноструктурованих матеріалів»
Адреса викладання дисципліни	Навчальний корпус хімічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка, вул. Кирила і Мефодія 6/6а.
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Хімічний факультет, кафедра фізичної та колоїдної хімії
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	10 Природничі науки. 102 Хімія
Викладачі дисципліни	Бойчишин Лідія Михайлівна, к.х.н., доцент кафедри фізичної та колоїдної хімії
Контактна інформація викладачів	Хімічний факультет, кафедра фізичної та колоїдної хімії, вул. Кирила і Мефодія 6/6а, к. 129; тел. (032) 2600397 електронна пошта: lidiya.boichyshyn@lnu.edu.ua
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	*Консультації під час семестру*: 1) очно при попередній домовленості з викладачем за адресою: хімічний факультет, вул. Кирила і Мефодія, 6, ауд. 1 чи ауд. 122; 2) дистанційно через електронну пошту
Сторінка дисципліни	Матеріали до курсу розміщені у системі MOODLE ЛНУ імені Івана Франка за адресою: http://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=152
Інформація про дисципліну	“Синтез та фізикохімія наноструктурованих матеріалів” (2 семестр) є нормативною навчальною дисципліною для студентів хімічного факультету 1 року навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 102 Хімія. Обсяг дисципліни – 4 кредити ECTS. Дисципліна “Синтез та фізикохімія наноструктурованих систем” є складовою циклу професійної підготовки фахівців в межах другого (магістерського) рівня вищої освіти та розширює і доповнює знання, отримані внаслідок вивчення інших нормативних хімічних дисциплін (“Фізична хімія”, “Колоїдна хімія” “Хімічна технологія”, “Хімія високомолекулярних сполук”) та є необхідною для опанування дисциплін вільного вибору студента, а саме: “Електропровідні полімери”, а також закріплення знань, отриманих при вивченні вибіркових дисциплін “Процеси на заряджених міжфазних межах”, “Корозія та антикорозійний захист” та «Хімічні джерела струму».
Коротка анотація дисципліни	Нормативна дисципліна «Синтез та фізикохімія наноструктурованих матеріалів» має за мету донести до студентів знання про властивості нанооб'єктів і процесів з їх участю. Предметом викладання є синтез, фізико-хімічні властивості та практичне застосування природних та синтетичних 0-, 1-, 2-, 3-D розмірних наносистем, а також супрамолекулярних агрегатів, композитів з нанорозмірними наповнювачами різної природи. Фізико-хімічні основи синтезу

	нанорозмірних матеріалів, їх властивості і застосування є предметом розгляду даної дисципліни.
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення курсу «Синтез та фізикохімія наноструктурованих матеріалів» є ознайомлення здобувачів з найновішими досягненнями й напрямами розвитку у сучасній міждисциплінарній області практичних наукових знань – нанотехнологіях і наноматеріалах, зокрема їх класифікацією, структурою і особливими властивостями, методами отримання та галузями застосування.
Література для вивчення дисципліни	Основна: 1. Волков С.В., Ковальчук Є.П., Огенко В.М. Решетняк О.В. Нанохімія, нанооб'єкти та наносистеми. - К.: Наукова думка, 2008. - 424 с. 2. Назаров О.М., Нищенко М.М. Наноструктури та нанотехнології: Навчальний посібник.- К.: НАУ, 2010. - 256с. 3. Нанохімія: підручник для студентів хімічних факультетів педагогічних університетів / Уклад.: Т.І. Хорошилова, В.О. Хромишев, С.В. Рябов, О.О. Хромишева. – Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014. – 206 с. 4. Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури: Навч. посібник. – Львів: В-во «Львівська політехніка», 2009. – 580 с. 5. Литвин В.А. Наноструктурні системи і матеріали: збірник задач –Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2014. – 152 с. 6. Литвин В.А. Наноструктурні системи і матеріали. Навчально-методичний посібник для студентів спеціальності 7.04010101 – Хімія / В. А. Литвин – Черкаси: ЧНУ, 2015. – 86 с. 7. Синтез наночастинок срібла та визначення їхнього розміру і полідисперсності за спектрами поверхневого плазмонного резонансу / Навчально-методичний посібник з дисципліни вільного вибору «Наноструктури» [для студентів V курсу хімічного факультету, освітньо-кваліфікаційний рівень «Магістр»] / А. Р. Киця, Л. І. Базиляк, Л. М. Бойчишин, Ю. М. Гринда, О. В. Решетняк ; Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України ; Львів. нац. ун-т ім. Ів. Франка. – Львів: Малий видавничий центр хімічного та фізичного факультетів ЛНУ імені Івана Франка, 2014. – 70 с. Додаткова: 1. Ковальчук Є.П. Решетняк О.В. Фізична хімія. –Львів.: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. –800с. 2. С.І. Мудрий. Фізика кластерів і наносистем: навч. посіб. – Л. Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009.- 443 с. 3. Оленич І.Б. Фізичні основи нанотехнологій: навч. посібник / І.Б. Оленич. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2014. – 232 с. 4. Л.М. Бойчишин. Морфологія, структура та властивості аморфних сплавів легованих РЗМ: монографія / Л.М. Бойчишин, О.М. Герцик, М.О. Ковбуз. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2019. – 242 с.

	5. Lidiya M. Boichyshyn, Oksana M. Hertsyk, Myroslava O. Kovbuz Thermal modification of amorphous metal alloys: nanostructuring and properties. – Mississauga, Ontario: Library and Archives Canada Cataloguing in Publication, Nova Printing Inc., 2019. -138 p. 6. Поплавко Ю.М. Нанофізика, наноматеріали, наноелектроніка: навч. посіб. / Ю.М. Поплавко, О.В. Борисов, Ю. І. Якименко. – К. : НТУУ «КПІ», 2012. – 300 с. 7. Епоксидні нанокомпозити : монографія / А. В. Букетов, О. О. Сапронов, В. Л. Алексенко. – Херсон : ХДМА, 2015. – 184 с. 8. Тузяк О. Я., Курляк В. Ю. Основи електронної та зондової мікроскопії: Навч. посібник. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2012. – 296 с. 9. Булавін Л.А., Кармазіна т.В., Клепко В.В., Слісенко В.І. Нейтронна спектроскопія конденсованих середовищ –К.: Академперіодика, 2005. – 640с. 10. Балицький О.,Миколайчук О. Дифракція електронів для дослідження структури матеріалів – Л. Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. – 63с. 11. Шпак А.П., Куницкий Ю.А., Карбовський В.Л.. Кластерные и наноструктурные материалы. –Киев.: Академпериодика, 2001. Том 1. –588с. 12. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Коротченков О.О., Смик С.Ю. Квантові низькорозмірні системи. К.: Академперіодика, 2003. – 310с. 13. Шпак А.П., Черемской П.Г., Куницкий Ю.А., Соболь О.В. Кластерные и наноструктурные материалы. Т.3. Пористось как особое состояние структуры в твердотельных наноматериалах. – Киев.: Академпериодика, 2005. – 516с. 14. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Захаренко М.І., Волощенко А.С. Магнетизм аморфних та нанокристалічних систем. – К.: Академперіодика, 2003. – 207с.
Тривалість курсу	Один семестр
Обсяг курсу	Загальна кількість годин – 120 год., аудиторних 48 год, з них лекції - 16, практичні - 32, самостійної роботи - 72 год.
Очікувані результати навчання	По завершенню вивчення дисципліни «Синтез та фізикохімія наноструктурованих матеріалів» студенти зможуть, формулювати особливості наноструктур; аналізувати структури неорганічних, полімерних і біологічних наноматеріалів, вуглецевих наноматеріалів; описати властивості і технології одержання наноматеріалів; робити аналіз застосування наноматеріалів, а також досліджень структурних характеристик і властивостей вуглецевих матеріалів. Володіти основними технологічними прийомами отримання наноструктурних матеріалів; знати перспективи використання наноматеріалів в сучасній науці і виробництві. Студент внаслідок вивчення нормативної дисципліни повинен: *Знати:* базові терміни та поняття; корпускулярно-хвильовий дуалізм нанооб'єктів. Принцип невизначеності. Квантово-розмірні ефекти. Зв'язок розміру наночастинок з фізико-хімічними властивостями

	наноматеріалів. Методи синтезу наноструктурованих систем. Методи дослідження наноструктурованих систем. Основні класи та галузі застосування наноструктурованих систем. *Вміти:* застосовувати базові терміни та поняття; пояснювати принцип невизначеності. Описувати квантово-розмірні ефекти, пояснювати зв'язок фізико-хімічних властивостей наноматеріалів з їх розміром, застосовувати методи синтезу до одержання наноструктурованих систем, застосовувати методи дослідження до різних класів наноструктурованих систем, характеризувати основні класи та прогнозувати галузі застосування наноструктурованих систем. ***Загальні компетентності:*** **ЗК1.** Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності **ЗК 2.** Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. **ЗК 3.** Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. **ЗК 4**. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. **ЗК 5.**Здатність до адаптації та дії в новій ситуації. **ЗК 6.** Здатність генерувати нові ідеї (креативність). **ЗК 7.** Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології. ***Спеціальні (фахові) компетентності:*** **СК 4.** Здатність інтерпретувати, об'єктивно оцінювати і презентувати результати свого дослідження. **СК 6.** Здатність здобувати нові знання в галузі хімії та інтегрувати їх із уже наявними. **СК 7.** Здатність дотримуватися етичних стандартів досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (академічна доброчесність, ризики для людей і довкілля тощо). ***Програмні результати навчання:*** **ПРН 1.** Знати та розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук. **ПРН 3.** Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення нових якісних та кількісних задач хімії. **ПРН 6.** Знати методологію організації наукового дослідження. **ПРН 8.** Вміти ясно і однозначно донести результати власного дослідження до фахової аудиторії та/або нефахівців. **ПРН 9.** Збирати, оцінювати та аналізувати дані, необхідні для розв'язання складних задач хімії, використовуючи необхідні методи та інструменти роботи з даними. **ПРН 10.** Планувати, організовувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.
Ключові слова	Наноматеріали, нанотехнології, синтез наноматеріалів, методи дослідження, застосування наносистем.
Формат курсу	Очний

Теми	**Схема курсу денної форми навчання** **наведена нижче*
Підсумковий контроль, форма	Іспит в кінці семестру. Іспит – комбінований.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін «Фізика», «Вища математика», «Неорганічна хімія», «Органічна хімія», «Фізична хімія», «Колоїдна хімія», «Високомолекулярні системи», з вибіркових курсів «Хімічні джерела струму», «Фізична хімія поверхневих явищ та мембранних процесів», «Функціональні матеріали» та інші, які викладаються студентам хімічного факультету необхідних для сприйняття категоріального апарату курсу, проведення необхідних математичних перетворень та розуміння описуваних явищ.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Використовуються такі методи навчання: а) *словесні* – лекція, пояснення, консультація, бесіда, інструктаж (вступний та поточний під час виконання лабораторних робіт); б) *наочні* – ілюстрування лекційного матеріалу таблицями, схемами, графіками, фото- та відеоматеріалами; в) *практичні* – виконання лабораторних робіт, індивідуальних тестових та письмових контрольних завдань.
Необхідне обладнання	Мультимедійний проєктор, ноутбук, доступ до мережі Інтернет.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з двох навчальних модулів, а саме: – навчального модуля № 1 «Характеристика, класифікація, типи структур і властивості наноматеріалів». – навчального модуля № 2 «Методи отримання і застосування наноматеріалів». Кожен модуль передбачає виконання практичних робіт, складання 6 тестів поточного та 2 тестів модульного контролю знань студентів. Оцінювання результатів навчання студентів здійснюється у вигляді **поточного** та **підсумкового** контролю. При виставленні балів поточного контролю враховуються теоретичні знання студентів, продемонстровані ними під час опитувань в усній (колоквіуми, допуски до лабораторних робіт) і письмовій (тестові контрольні завдання) формі, письмові звіти про виконання лабораторних робіт. Результати поточної навчальної діяльності студентів упродовж семестру оцінюються за 100-бальною шкалою.

Поточне оцінювання з курсу «Синтез та фізикохімія наноструктурованих матеріалів» **(2 семестр)**

Поточні види роботи	Кількість оцінювань	Кількість* балів	Максимальна сума балів за вид роботи
Виконання тестових завдань	8	4	32
Реферативні роботи	1	10	10
Колоквіуми (модульні тести)	2	4	8
Іспит	1	50	50
Всього протягом семестру (визначається середній бал)			100

* Студент, який отримав позитивні оцінки по всіх видах контролю та одержав 26 і більше балів, допускається до складання іспиту. Максимальна кількість балів при оцінюванні знань студента на іспиті становить 50 балів.

Умови допуску студента до підсумкового контролю (іспиту):
– виконання та здача 8 тестів, реферату та 2 колоквіумів;
– набрати **≥26** балів (у 100-бальній шкалі) за поточні види роботи.
Іспит: максимально – 50 балів;
Підсумкова оцінка: 100 семестрових балів.

Рейтингове підсумкове оцінювання знань студентів (у балах)

Оцінка ЄКТС	Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою		
		Іспит (Залік)		
A	90–100	**5**	відмінно	
B	81–89	**4**	дуже добре	
C	71–80		добре	
D	61–70	**3**	задовільно	
E	51–60		достатньо	
FX	30–50	**2**	незадовільно	можливість повторної здачі
F	1–29			обов'язковий повторний курс

Відвідування занять є важливою складовою процесу навчання. Очікується, що студенти відвідають усі лекції та практичні заняття курсу.

Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття з поважної причини. У випадку хвороби поважність пропуску має бути підтверджена документально. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків та видів робіт, визначених для виконання/здачі звітів про всі поточні види робіт, передбачених курсом.

Пропущені лабораторні заняття мають бути відроблені в обов'язковому порядку в позаурочний час у встановлені терміни. Час та порядок відпрацювання має бути попередньо узгоджений з викладачем та навчально-допоміжним персоналом лабораторії.

	Відпрацювання має бути зареєстроване у відповідному журналі лабораторії. *Письмові звіти про поточні види роботи* Очікується, що реферативні роботи/тести студентів будуть виконані ними особисто та здані викладачеві впродовж семестру у встановлені терміни. Фабрикування чи використання чужих вихідних експериментальних даних, списування, втручання в роботу інших студентів тощо вважаються проявами академічної недоброчесності. Виявлення її ознак є підставою для незарахування викладачем відповідних видів роботи незалежно від масштабів плагіату чи обману. *Література та інші навчальні матеріали.* Уся література та інші матеріали, які студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.
Питання до екзамену	1. Поняття «нано». Класифікація наносистем 2. Класифікація елементів, здатних утворювати наночастинки. 3. Штучні атоми. 4. Принцип невизначеності Гейзенберга. 5. Відкриття Г.А. Гамова. 6. Суть квантового обмеження. 7. Асемблери і дизасемблери. Е.Дрекслер. Туннельнельний ефект. 8. Самозбірка наноструктур. Наноефекти в природі. 9. Корпускулярно-хвильовий дуалізм нанооб'єктів. 10. Квантові розмірні ефекти. 11. Принцип корпускулярно-хвильового дуалізму згідно де Бройля. 12. Суть тунельного ефекту. 13. Термодинаміка гомогенного та гетерогенного зародження нанофази 14. Фізико-хімічні властивості наноструктур: оптичні, механічні, електрохімічні, температура плавлення. 15. Порівняльна характеристика: синтез в розчині і механосинтез. 16. Фулерени. Історія відкриття. Будова фулеренів. 17. Фізико-хімічні властивості фулеренів. 18. Отримання, виділення і очищення фулеренів. 19. Хімічні властивості фулеренів. Реакції з перенесенням електрона. 20. Хімічні властивості фулеренів. Реакції приєднання. 21. Види вуглецевих наночастинок. Оніона. 22. Вуглецеві нанотрубки. Способи отримання. 23. Вуглецеві нанотрубки. Особливості будови. Застосування. 24. Вуглецеві нанотрубки. Фізичні властивості. 25. Вуглецеві нановолокна. Графен. 26. Нанокомпозити. Оксидні наповнюввчі. TiO_2, ZnO, MnO_2, SiO_2, SnO_2 27. Методи дослідження нанооб'єктів. ІЧ-і Раман-спектроскопія. 28. Методи дослідження нанооб'єктів. Фотоемісійні і рентгенівська спектроскопія. Комбінаційне розсіювання.

	29. Методи дослідження нанооб'єктів. Просвічувана електронна мікроскопія. 30. Методи дослідження нанооб'єктів. Магнітний резонанс. Електронографія. 31. Методи дослідження нанооб'єктів. Рентгеноструктурний аналіз. 32. Методи дослідження нанооб'єктів. Скануюча тунельна мікроскопія. 33. Методи дослідження нанооб'єктів. Атомно-силова мікроскопія. 34. Нанореактор. Кінетика реакцій в нанорозмірних системах. 35. ПАР. Реакції в мікроемульсіях і міцелярних розчинах. 36. Епітаксіальний метод одержання квантових точок 37. Колоїдний метод одержання квантових точок. 38. Визначення потенціальної ями. 39. Дайте визначення 0-3D систем. 40. Поясніть фізичну природу і суть відмінностей поведінки в потенціальній ямі класичних і квантово-механічних частинок. 41. Проведіть порівняльний аналіз фізичних методів одержання наноматеріалів. 42. Літографічний метод одержання квантових точок. 43. Золь-гель матричний синтез органічних нанокристалів. 44. Нанолітографія. 45. Проведіть порівняльний аналіз хімічний методів одержання наноматеріалів. 46. В чому суть гель-золевого методу синтезу нанорозмірних частинок диоксиду титану. 47. Утворення гібридних матеріалів гель-золевим методом. 48. Яким загальним вимогам повинні відповідати методи отримання нанопорошків. 49. Опишіть синтез наночастинок із прямих міцел. 50. Опишіть одержання гібридних матеріалів із структурою типу “господар-гість”. 51. Охарактеризуйте метод одержання наноструктурованих систем осадженням з газової фази. 52. Які з методів синтезу наночастинок належать до висхідних. 53. Поясніть одержання молекул органічних речовин методом епітаксії. 54. Охарактеризуйте одержання наноструктурованих систем методом термічного випаровування. 55. Опишіть механізм росту епітаксіальних шарів 56. Методи інтенсивної пластичної деформації та кристалізації аморфних сплавів 57. Охарактеризуйте одержання наноструктурованих систем методом вибухового випарування. 58. В чому суть гель-золевого методу синтезу нанорозмірних частинок диоксиду титану. 59. Які умови вирощування епітаксіальних шарів. 60. Опишіть суть одержання наноструктурованих систем методом розпилення розплаву.

	61. В чому суть золь-гелевого методу синтезу нанорозмірних частинок диоксиду титану. 62. Які з методів синтезу наночастинок належать до висхідних. 63. На чому грунтується пошаровий ріст Франка – ван дер Мерва при гомоепітаксії 64. Опишіть механізм росту епітаксіальних шарів 65. Опишіть синтез наночастинок із прямих та обеонених міцел. 66. Які методи відносяться до технологій синтезу наноматеріалів засновиних на на фізичних процесах. 67. Золь-гель матричний синтез органічних нанокристалів. 68. В чому суть гель-золевого методу синтезу нанорозмірних частинок диоксиду цинку. 69. Перспективи розвитку нанохімії і нанотехнології: матеріалознавство, електроніка, комп'ютерні технології, робототехніка. **70.** Перспективи розвитку нанохімії і нанотехнології: кошти візуалізації нанооб'єктів, екологія, домашній побут, сільське господарство.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано в кінці курсу

***Схема курсу денної форми навчання**

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності заняття	Література	Завдання, год	Термін виконання
Навчальний модуль № 1 «Характеристика, класифікація, типи структур і властивості наноматеріалів»					
1.	**Завдання та предмет курсу «Синтез і фізико-хімія наноструктурованих матеріалів».**	Лекція	Осн. літ. 1,2,3 Додатк. 1,5,11,12,13		
	Основні положення та визначення. Історія розвитку хімії наноструктурованих матеріалів. Загальні відомості про наночастинки.	Практична	Осн. літ. 5,6 Додатк. 1,5,11,12,13	Реферат. Тести. 2 год.	1-й тиждень
2.	Класифікація наноматеріалів.	Практична	Осн. літ. 5,6 Додатк. 1,5,11,12,13	Презентація по класах р-н. 2 год.	2-й тиждень
3.	**Нанорозмірні ефекти в хімії наносистем.**	Лекція	Осн. літ. 1,2,3,4 Додатк. 1,5,11,12,13		
	Квантування енергії електронів у низькорозмірних системах.	Практична	Осн. літ. 5,6 Додатк. 1,3,5,11,12,13	Задачі по розрахунку енергії електронів. 2 год.	3-й тиждень
4.	Тунельний та балістичний ефект.	Практична	Осн. літ. 5,6 Додатк. 1,3,5,11,12,13	Доповідь, презентація. Тести. 2 год.	4-й тиждень
5.	**Основні типи нанооб'єктів і наносистеми на їх основі.**	Лекція	Осн. літ. 1,2,3,4 Додатк. 1,3,5,11,12,13		
	Фулерени. Нанотрубки.	Практична	Осн. літ. 5,6 Додатк. 1,3,5,11,12,13	Задачі по розрахунку структурних параметрів. Тести. 2 год.	5-й тиждень
6.	Неорганічні та органічні наноматеріали. Алмазоїди. Газові гідрати. Кластери в	Практична	Осн. літ. 5,6 Додатк. 1-5,11,12,13	Задачі по розрахунку структурних параметрів. Тести. 2 год.	6-й тиждень

	газах.				
7.	**Фізико-хімічні методи синтезу наночастинок.**	Лекція	Осн. літ. 1,2,3,4 Додатк. 1,2,6,11,12,13		
	Синтез методом хімічного відновлення. Фізичні методи відновлення. Осадження з колоїдних розчинів. Синтез за участі високої енергії та використанням вибуху. Реакції у міцелярних і макромолекулярних порожнинах.	Практична	Осн. літ. 5,6,7 Додатк. 1,2,6,11,12,13	Опис методик синтезу, розрахунок кількісного виходу наночастинок. 2 год.	7-й тиждень
8.	Механосинтез. Компактування порошків. Осадження на підкладку. Епітаксія. CVD- і PVD-процеси. Інтенсивна пластична деформація. Літографія.	Практична	Осн. літ. 5,6 Додатк. 2,6,11,12,13	Реферат. Розв'язок задач. 1 год. Модульна контрольна робота №1. 1 год.	8-й тиждень
Навчальний модуль № 2 «Методи отримання і застосування наноматеріалів»					
9.	**Методи дослідження наночастинок і наноматеріалів.**	Лекція	Осн. літ. 1,2,3,4 Додатк. 8,9,10		
	Електронна мікроскопія. Зондова мікроскопія.	Практична	Осн. літ. 5,6 Додатк. 8,9,10	Реферат. Розв'язок задач. 2 год.	9-й тиждень
10.	Дифракційні, спектральні та інші методи дослідження.	Практична	Осн. літ. 5,6 Додатк. 8,9,10	Реферат. Розв'язок задач. 2 год.	10-й тиждень
11.	**Властивості нанорозмірних частинок і матеріалів.**	Лекція	Осн. літ. 1,2,3,4 Додатк. 1,2,3,4		
	Розмір і форма наночастинок. Фізико-хімічні властивості нанорозмірних частинок та наноматеріалів.	Практична	Осн. літ. 5,6 Додатк. 5,6,7	Реферат. Розв'язок задач. 2 год.	11-й тиждень

12.	Здатність наночастинок до самоорганізації. Супрамолекулярна хімія.	Практична	Осн. літ. 5,6 Додатк. 8,9,10	Реферат. Розв'язок задач. 2 год.	12-й тиждень
13.	**Стабілізація наночастинок**.	Лекція	Осн. літ. 1,2,3,4,7 Додатк. 1,2,6,11		
	Хімічна, низькотемпературна стабілізація.	Практична	Осн. літ. 5,6,7	Реферат. Розв'язок задач. 2 год.	13-й тиждень
14.	Стабілізація в полімерних, металічних, керамічних матрицях.	Практична	Осн. літ. 5,6,7	Реферат. Розв'язок задач. 2 год.	14-й тиждень
15.	**Практичне використання наноматеріалів.**	Лекція	Осн. літ. 1,2,3,4 Додатк. 1,2,6,11,14		
	Медицина і нанотехнології. Нанотехнології в автомобільній індустрії. Нанотехнології в будівництві. Нанотехнології в електроніці.	Практична	Осн. літ. 1,5,6 Додатк. 1,2,3,4	Реферат. Розв'язок задач. 2 год.	15-й тиждень
16.	Нанотехнології в сільському господарстві та охороні навколишнього середовища. Техніка безпеки при роботі з наноматеріалами.	Практична	Осн. літ. 5,6 Додатк. 11,12,13,14	Реферат. Розв'язок задач. 1 год. Модульна контрольна робота №2. 1 год.	16-й тиждень