



ТЕОРІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ СИНТЕЗУ ДИСПЕРСНИХ НАНОМАТЕРІАЛІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна) / дистанційна/ змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ECTS, 36 годин лекцій, 18 годин лабораторних занять</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен / модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>Лекція -1 раз на тиждень, лабораторне заняття – 1 раз на два тижні http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент, Биба Євген Георгійович, e-mail: egby-iff@ill.kpi.ua Лабораторні роботи: к.т.н., доцент, Биба Євген Георгійович</i>
Розміщення курсу	<i>campus.kpi.ua</i>

Програма навчальної дисципліни

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

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

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

Основні завдання навчальної дисципліни:

- набуття знань, навиків і умінь студентами про наноматеріали і наноструктури, основні їх властивості, методи Отримання і дослідження, сучасні області застосування;*
- ознайомлення з новими явищами, котрі спостерігаються в квантоворозмірних структурах матеріалів;*
- Ознайомлення з сучасним методами досліджень наноматеріалів та з сучасними дослідницькими приладами та принципами їх роботи;*
- навчити студентів використовувати базові знання з наноматеріалів та нанотехнології для вирішенню практичних завдань.*

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

Дисципліна викладається в шостому семестрі підготовки за освітньою програмою підготовки бакалаврів. Для успішного засвоєння дисципліни, студент повинен володіти набором компетентностей бакалаврського рівня, зокрема:

- здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних матеріалознавчих проблем;

- здатність використовувати практичні інженерні навички для вирішення професійних завдань;

- здатність визначати умови отримання порошків із заданими властивостями у дисперсному та нанодисперсному стані з металів, сплавів та тугоплавких сполук;

- здатність обирати технологічний процес та його оптимальні умови для отримання виробів з композиційних, наноструктурованих та порошкових матеріалів;

- здатність визначати вид та необхідну кількість технологічного обладнання та його конструктивних елементів для одержання порошків та виробів з них.

Дисципліна забезпечує розширення інженерного кругозору в галузі матеріалознавства та інженерії матеріалів чим формує набір компетентностей для подальшого вивчення дисциплін матеріалознавчого напрямку. Результати вивчення дисципліни можуть бути використані при виконанні курсових та дипломних робіт та проектів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Організація очного/дистанційного навчання.

Розділ.1. Фундаментальні властивості наноматеріалів.

Розділ 2. Аморфні наноматеріали.

Розділ 3. Наноконпозиційні та нанопористі матеріали.

Розділ 4. Вуглець та вуглецеві наноматеріали.

Розділ 5. Плівки та покриття з нанокристалічною структурою.

Розділ 6. Методи отримання і дослідження наноматеріалів.

Розділ 7. Застосування наноматеріалів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. *Наноматеріали і нанотехнології: Навчальний посібник / Азаренков М. О., Неклюдов І. М., Береснев В. М., Воєводін В. М., Погребняк О. Д., Ковтун Г. П., Соболев О. В., Удовицький В. Г., Литовченко С. В., Турбін П. В., Чишкала В. О. – 2014. – 323 с.*

2. *Богуслаев В. А., Качан А. Я., Калинина Н. Е. и др. Наноматериалы и нанотехнологии : учеб. для студентов вузов. / под общ. ред. проф. д-ра техн. наук В. А. Богуслаева. Запорожье : Мотор Сич, 2014. 207 с.*

3. *Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури : навч. посібник / Д. М. Заячук; Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Львів, 2009. – 580 с.*

4. *Афтандіянц Є.Г. Наноматеріалознавство: підручник / Є.Г. Афтандіянц, О.В. Зазимко, К.Г. Лопатько. – Перше вид. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. – 550 с.*

Додаткова література:

5. *«Наноматериалы. Нанотехнологии. Наносистемная техника». Сборник статей под редакцией П.П. Мальцева, М., Техносфера, 2006.*

6. *Андрієвський Р.А., Рагуля А.В. «Наноструктурные материалы», М., Академия, 2005.*

7. *Андрюшин Е.А. «Сила нанотехнологий: наука & бизнес», М., Фонд «Успехи физики», 2007.*

8. Ратнер М., Ратнер Д. «Нанотехнология: простое объяснение очередной гениальной идеи», Изд-во «Вильямс», 2005.

9. Харрис П. «Углеродные нанотрубы и родственные структуры», М., Техносфера, 2003.

10. Таланов В.М., Ерейская Г.П., Юзюк Ю.И. Введение в химию и физику наноструктур и наноструктурированных материалов. М.: Изд. "Академия Естествознания", 2008. -389 с.

11. Смирнов А.Н., Абабков Н.В., Пимонов М.В. Физические основы нанотехнологий. Учебное пособие. - Кемерово, КузГТУ, 2012. - 123 с.

12. Михайлов М.Д., Современные проблемы материаловедения, Нанокompозитные материалы, Учебное пособие. – Санкт-Петербург, СПбГПУ, 2010. – 208 с.

13. Мошников В.А., Спивак Ю.М. Атомно-силовая микроскопия для нанотехнологии и диагностики. Учеб. пособие СПб.: Изд-во СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2009, 80 с.

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

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зміст лекційних занять

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

Заняття 2-3. Основні властивості наноматеріалів. Способи формування наноструктур. Загальна класифікація наноматеріалів. Нанокристалічний структурний стан. Структура та функціональні особливості міжкристалічної границі в наноматеріалах. Фізичні причини специфіки властивостей наночастинок і наноструктурних матеріалів. Класифікація наноб'єктів. Класифікація наноб'єктів за їх розмірністю. Кластери. Зародження та зростання кластерів. Структурні особливості нанокластерного стану матеріалу. Особливості формування структури у нерівноважних умовах. [1,2,4]

Заняття 4-5. Аморфні матеріали. Історія відкриття металевих стекол. Аморфні матеріали та їх утворення. Протікання процесу аморфізації. Методи отримання аморфних і наноструктурних матеріалів. Властивості аморфних металевих систем. Кінетика кристалізації. Схильність металів і сплавів до некристалічного твердіння. Структурні дефекти в аморфних металевих матеріалах. [1,2,3]

Заняття 6. Нанокompозиційні матеріали. [1]

Заняття 7. Нанопористі матеріали. [1] **Тематична контрольна робота**

Заняття 8. Вуглець і вуглецеві матеріали. Вуглець як хімічний елемент. Поширеність вуглецю в природі. Коротка історія відкриття та вивчення атомарного вуглецю. Будова атома вуглецю, гібридизація його атомних орбіталей і характер утворюваних ним зв'язків. [1,2]

Заняття 9-10. Алотропні форми вуглецю та матеріали на їх основі. Графіт. Алмаз. Загальна характеристика алмазу. Історія отримання штучних алмазів. Карбін – наноалотропна форма вуглецю. Фулерени. Історія відкриття фулеренів. Види фулеренів, їх позначення та термінологія. Будова і властивості молекул фулеренів C₆₀ та C₇₀. Кристалічна будова й основні фізичні властивості фулеритів C₆₀ та C₇₀. Основні хімічні властивості фулеренів. Природні фулерени. Синтез похідних фулеренів. Виділення та розділення фулеренів. [1,2]

Заняття 11. Плівки і покриття з нанокристалічною структурою. Формування нанокристалічних плівок. Роль енергії у формуванні наноструктурних плівок. Особливості формування нанокристалічних покриттів. Вплив іонного бомбардування на формування покриттів. Процес змішування. Багатошарові покриття з наноструктурою. Нанокompозитні

покриття. Нанокристалічні покриття з високою твердістю. Механічні властивості нанокристалічних покриттів. [1,3,4] **Тематична контрольна робота**

Заняття 12. Порошкова металургія отримання наноматеріалів. Отримання аморфних матеріалів. [1,5]

Заняття 13. Методи з використанням інтенсивної пластичної деформації. [1,2,3]

Заняття 14. Тонкоплівкові технології модифікації поверхні. Методи фізичного осадження з парової фази (PVD). Методи хімічного осадження з парової фази (CVD). [1,2,3]

Заняття 15. Методи отримання фулеренів і нанотрубок. [1,2,3]

Заняття 16. Пучки заряджених частинок низьких і середніх енергій в нанотехнологіях. Взаємодії прискорених заряджених частинок з резистивними матеріалами. Зондові системи формування пучків заряджених частинок. [1,2,3]

Заняття 17 Методи структурного та хімічного аналізу нанооб'єктів. Позитронна анігіляційна спектроскопія. Позитронна мікроскопія. Скануючий позитронний мікроскоп. Просвічуючий позитронний мікроскоп. Механічні випробовування твердих тіл на нанотвердість. Триботехнічні випробовування нанокристалічних матеріалів. [1,2,4]

Заняття 18. Використання наноматеріалів в електроніці, оптоелектроніці та приладобудуванні. Застосування наноматеріалів в інформатиці. Використання наноматеріалів в енергетиці (у тому числі атомній). Застосування наноматеріалів в сільському господарстві. Застосування наноматеріалів в медицині та охороні здоров'я. Медичні нанороботи. Селективна хіміо- та радіотерапія. Використання наноматеріалів в екології. Використання наноматеріалів у військовій промисловості. [1,2,4] **Залік**

Зміст лабораторних робіт

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

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

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

Лабораторна робота №4-5 Визначення розміру частинок порошку по числу рефлексів на кільці рентгенограми.

Лабораторна робота №6-7 Основні методи дослідження наноматеріалів.

Лабораторна робота №8 Вимірювання питомої поверхні порошків методом БЕТ (Метод Брунауера, Еммета і Теллера).

Лабораторна робота №9 Заключне заняття.

Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів (загальна тривалість 96 годин) з дисципліни полягає в:

- самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем (15 годин);
- підготовці до лекційних занять – в розрахунку 1 година на 1 лекцію (18 годин)
- підготовці до виконання лабораторних робіт, аналізі одержаних результатів та формулюванні висновків – в розрахунку 1,5 години на 1 годину виконання лабораторної роботи = 27 годин;
- підготовці до тематичних контрольних робіт – 6 години.
- підготовці до підсумкової атестації – екзамену (30 годин).

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентом:

- Відвідування усіх видів занять не є обов'язковим.
- Пропущене без поважної причини лекційне заняття студент повинен відпрацювати шляхом написання тестування з кожної пропущеної теми.

- Завдання пропущеної лабораторної роботи студент повинен виконати в час, узгоджений з викладачем. Якщо пропуск відбувся без поважної причини – з загальної оцінки за практичне заняття знімається 10% за кожні дві години пропуску.

• Під час усіх видів лабораторних робіт забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі.

• Результати виконаних лабораторних робіт оформлюються у вигляді звітів, написаних рід руки. Звіт супроводжується формулами, графіками – елементами, які підтверджують виконання завдань та одержані результати. За дистанційної форми навчання звіт може виконуватися як «від руки», так і в будь-якому текстовому редакторі і на перевірку надається у роздрукованому вигляді. Безпосередній захист відбувається у формі співбесіди, запитань-відповідей.

• Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – застосування творчого підходу до виконання лабораторних робіт, у тому числі, використання даних для робіт з тематики власних наукових досліджень. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 10 балів.

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

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

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

Поточний контроль:

- Захист звітів з лабораторних всього максимально 20 балів, відповідно:

- Лабораторна робота 1 максимум 5 балів
- Лабораторна робота 2 максимум 5 балів
- Лабораторна робота 3 максимум 5 балів
- Лабораторна робота 4 максимум 5 балів

- МКР розбита на 2 Тематичні контрольні роботи, які проводяться у вигляді контрольної роботи з трьох питань на 7-му та 11-му навчальних тижнях. Максимальна оцінка за кожну роботу 15 балів (кожне питання по 5 балів), всього складає 30 балів за семестр.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для позитивного першого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист як мінімум однієї лабораторної роботи та Тематичної контрольної роботи №1. Для позитивного другого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист як мінімум двох лабораторних робіт та тематичної роботи №2.

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 30 балів за умови виконання усіх практичних та лабораторних робіт та кількості балів за видами робіт, відповідно:

- Тематичні контрольні роботи не менше 18 балів
- Захист звітів з лабораторних робіт не менше 12 балів

Бали за екзамен нараховуються за оцінювання 3-х питань, відповідно:

- Питання 1- 15 балів
- Питання 2- 15 балів
- Питання 3- 20 бали

На екзамені студент може отримати максимальну кількість балів - 50 за 100-бальною шкалою, відповідно:

Оцінка за відповідь знижується – за принципові помилки у відповіді на 10-7 балів, за неповну відповідь на 7-5 балів, за неправильне використання термінів на 3 бали.

Після оцінювання відповідей на екзамені (виконання екзаменаційної контрольної роботи) підсумовуються стартові бали та бали за екзамен, зводяться до рейтингової оцінки та переводяться до оцінок за університетською шкалою (табл.).

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

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

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

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

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент каф. Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії, к.т.н., Биба Євген Георгійович

Ухвалено кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії (протокол № ____ від _____ 2021р.)

Погоджено Методичною комісією Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О.Патона (протокол № ____ від _____ 2021р.)

ДОДАТОК А

Перелік питань на семестровий та календарний контроль з дисципліни «Хімія наносистем та основи нанотехнологій»

1. Назвіть основні етапи розвитку нанотехнологій.
2. Опишіть шляхи формування наноструктур, та на яких принципах вони базуються.
3. Привести класифікацію наноматеріалів.
4. Пояснити фізичні причини специфіки властивостей наночастинок і наноструктурних матеріалів.
5. Що таке «кластер»?
6. Які передумови створення кластерів?
7. Назвіть структурні особливості нанокластерного стану матеріалу.
8. Які особливості формування структури в нерівноважних умовах?
9. Дати визначення самоорганізації та дисипативної структури.
10. Назвати дві можливості спонтанного виникнення упорядкованих наноструктур та описати типи структури, які можуть утворюватися.
11. Дайте визначення аморфного стану твердого тіла.
12. Схарактеризуйте близький і дальній порядок у твердому тілі.
13. Назвіть основні умови склоутворення.
14. Назвіть основні способи отримання аморфних сплавів.
15. Назвіть основну відмінність понять «аморфний стан» і «склоподібний стан».
16. Що таке наноконпозиційний матеріал?
17. У чому полягає відмінність металевого наноконпозиту від полімерного?
18. Які існують типи наноконпозитів?
19. Як змінюються магнітні властивості полімерних конпозитів?
20. Наведіть приклади формування металополімерних наноконпозитів.
21. Перерахуйте типи нанопористих матеріалів.
22. Чим характеризується пористість?
23. Назвіть і схарактеризуйте види взаємодії нанопористих матеріалів з навколишнім середовищем.
24. З яких двох стабільних ізотопів складається природний вуглець і яке їх кількісне співвідношення в природі?
25. Для чого використовується метод радіовуглецевого датування і в чому полягає його суть?
26. Що таке гібридизація атомних орбіталей? Які типи гібридизації атомних орбіталей мають атоми вуглецю в карбоні, графіті, алмазі?
27. Що таке алотропія? Які алотропні модифікації відомі для вуглецю?
28. Схарактеризуйте структуру графіту. Кристалічні решітки яких типів може мати графіт?
29. Що таке нанографіт? Назвіть галузі застосування графіту і нанографіту.
30. Кристалічні решітки яких типів може мати алмаз? Чим обумовлена особлива міцність алмазу?
31. Що таке наноалмази і яку розмірність вони можуть мати?
32. Назвіть галузі застосування алмазів і наноалмазів.
33. Що таке карбін і ким його вперше було штучно синтезовано?
34. Дайте визначення таких термінів: фулерени, фулерити, фулериди, ендофулерени, екзофулерени, гетерофулерени.
35. Які типи кристалічних решіток може мати фулерит C₆₀?
36. Схарактеризуйте основні фізичні і хімічні властивості фулеренів і матеріалів на їх основі.

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