



ОСНОВИ НАНОТЕХНОЛОГІЙ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія¹</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>заочна/дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS /120 годин, 6 годин лекцій, 2 год. лабораторних занять,, 112 годин СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік/ ДКР</i>
Розклад занять	http://roz.kpi.ua
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>доктор технічних наук, професор, Юркова Олександра Іванівна, e-mail: yurkova2403@gmail.com</i> Лабораторні заняття: <i>доктор технічних наук, професор, Юркова Олександра Іванівна, e-mail: yurkova2403@gmail.com</i>
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=257843 https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=257844 https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=257845

Програма навчальної дисципліни

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

Нанотехнології – це наука, інженерія та технології, що проводяться на нанорівні, що становить від 1 нм до 100 нм. Нанотехнології розташовані на передньому краю різноманітних наукових, економічних та соціальних напрямків розвитку. Нанотехнології розвиваються за різними напрямками: це і створення матеріалів з унікальними, наперед заданими властивостями, це і конструювання нанокомп'ютерів, збирання нанороботів – систем, що саморозмножуються і призначені для ведення будівництва на молекулярному рівні і т. і. З найостанніших відкриттів в наносфері можна назвати створення крихітного пристрою для передачі голографічного зображення (якому вже пророкують використання в рекламній індустрії, а також як доповнення в інтернет-комунікаціях), створення наноплівки для використання в гнучких сонячних батареях і в якості провідника електрики, створення нанороботів, здатних переміщуватися в рідині і в перспективі стати новим витком в наномедицині, створення нанороботів, здатних самостійно лагодити пошкодження в своїх електроланцюгах. Використання нанотехнологій настільки перспективно, що їх дослідження не припиняється ані на день. Нанотехнології мають потенціал вирішити найбільші проблеми, з якими сьогодні зіткнувся світ.

¹ В полях Галузь знань/Спеціальність/Освітня програма:

Для дисциплін професійно-практичної підготовки зазначається інформація відповідно до навчального плану.
Для соціально-гуманітарних дисциплін вказується перелік галузей, спеціальностей, або «для всіх».

Вивчення навчальної дисципліни надає здобувачу можливість ознайомитися з сучасним рівнем наукових досліджень в області наноматеріалів та нанотехнологій, отримати професійну підготовку в межах спеціальності та освітньої програми. Цю дисципліну варто вчити для того, щоб стати конкурентоспроможним фахівцем сучасного рівня. Отримання матеріалів/покривів завтрашнього дня з підвищеними фізико-хімічними та механічними властивостями для екстремальних умов експлуатації – це створення та розвиток наноматеріалів та нанотехнологій. Для створення нових наноматеріалів необхідно володіти знаннями основ методів та технологій їх отримання. Отримані знання стануть в пригоді як у дослідницької діяльності, так й у повсякденному житті.

Предмет дисципліни «Основи нанотехнологій» включає основні поняття та визначення нанотехнологій, як ключового напрямку розвитку технологій XXI століття, інструментарій нанотехнологій, інформацію стосовно основ нанотехнологій та методів створення низько розмірних матеріалів, закономірності поведінки/властивостей наноматеріалів з врахуванням особливостей структури, розмірних ефектів та технології отримання.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів фахові компетентності спеціальності, такі як:

- здатність забезпечувати якість матеріалів та виробів;
- здатність визначати умови отримання порошків із заданими властивостями у дисперсному та нанодисперсному стані металів, сплавів та тугоплавких сполук.
- здатність обирати технологічний процес та його оптимальні умови для отримання виробів з композиційних, наноструктурованих та порошкових матеріалів.

Окрім того **набуття здатностей:**

- до аналізу методів та технологій для створення наноматеріалів та виробів із заданими фізико-хімічними, механічними та експлуатаційними властивостями;
- аналізу впливу нанорозмірності на фізико-хімічні та механічні властивості порошкових і композиційних матеріалів та покриттів з них при їх отриманні різними методами, у т.ч. методами порошкової металургії, та прогнозувати їх властивості в залежності від складу, технології отримання, структури, розміру елементів структури для створення нових матеріалів з наперед заданими функціональними властивостями для певних умов експлуатації;
- аналізувати роль розмірних ефектів в наноматеріалах та прогнозувати фізико-хімічні та механічні властивості наноматеріалів в залежності від розміру елементів структури, їх розподілу за розмірами для створення нових матеріалів з наперед заданими функціональними властивостями;
- обирати сучасні методи дослідження структури, хімічного складу, фізико-хімічних та механічних властивостей наноматеріалів (порошкових, композиційних, керамічних тощо);
- обґрунтовано обирати сучасні методи та технологічні варіанти отримання наноматеріалів та покриттів з них для заданих умов експлуатації. з урахуванням вимог надійності, економічності, екологічної безпеки, а також сфер застосування.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати програмні результати навчання::

ПРН 1. Володіти логікою та методологією наукового пізнання.

ПРН 2. Знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації матеріалознавства, на рівні необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми.

ПРН 12. Знати інженерні дисципліни, що лежать в основі спеціальності, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів програми, в тому числі мати певну обізнаність в їх останніх досягненнях.

ПРН 13. Розуміти будову металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріал для виробів різного призначення.

ПРН 28. Знання фізико-хімічних основ одержання порошків металів, сплавів та тугоплавких сполук;

ЗНАННЯ:

- термінології (основні поняття та визначення), що використовується у нанотехнологіях та при опису структури та властивостей наноматеріалів;
- основних специфічних і класифікаційних ознак наноматеріалів;
- впливу нанорозмірності на фізико-хімічні, механічні та експлуатаційні властивості наноматеріалів;
- особливостей структурного стану та ролі розмірних ефектів в наноматеріалах;
- основних методів та технологій створення наноматеріалів,
- особливостей методів та технологічних варіантів створення наноматеріалів, покриттів та наноструктурного стану;
- сучасних методів діагностики наноматеріалів, нанооб'єктів;
- сучасних та перспективних напрямків застосування наноматеріалів та нанотехнологій у різних галузях;

УМІННЯ:

- самостійно встановлювати зв'язок структури та властивостей в наноматеріалах;
- аналізувати та прогнозувати вплив розміру елементів структури та їх розподілу за розмірами на властивості наноматеріалів з метою їх керованої зміни та створення нових матеріалів;
- прогнозувати фізико-хімічні, механічні та експлуатаційні властивості наноматеріалів в залежності від складу, структури, розміру елементів структури та їх розподілу за розмірами для створення нових матеріалів з наперед заданими функціональними властивостями;
- використовувати теоретичні знання для аналізу та пояснення фізичних і хімічних процесів, які відбуваються під час утворення, обробці та функціонування наноматеріалів;
- обирати сучасні методи дослідження структури, хімічного складу, фізико-хімічних та функціональних властивостей наноматеріалів (металевих, композиційних, керамічних, полімерних тощо) та проводити експериментальні дослідження структури і властивостей наносистем і аналізувати отримані результати;
- обирати сучасні методи та технологічні варіанти отримання наноматеріалів для заданих умов експлуатації. з урахуванням вимог надійності, економічності та екологічних наслідків їх застосування, а також сфер застосування;
- виконувати оптимальний вибір технології створення наноматеріалів заданого призначення;
- визначати принципи формоутворення наноматеріалів конструкційного та інструментального призначення за допомогою нанотехнологій,
- аналізувати можливості нанотехнологій для створення наноматеріалів з необхідним комплексом властивостей.

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

Дисципліна викладається у четвертому семестрі підготовки за освітньою програмою підготовки бакалаврів з матеріалознавства.

Дисципліни, знання з яких необхідні для успішного засвоєння дисципліни «Основи нанотехнологій»: фізика; хімія; фізична хімія; кристалографія, кристалохімія та мінералогія; фізика конденсованого стану.

Знання, що студент отримає під час вивчення дисципліни «Основи нанотехнологій», необхідні для вивчення таких нормативних дисциплін як «Теорія та технологія процесів консолідації дисперсних матеріалів», «Технології виробництва порошкових, композиційних та нанодисперсних матеріалів», «Корозія та захист металів» та у підготовці курсового та дипломного проєктів, звітів з виробничої та переддипломної практики, виконанні

дипломної роботи та забезпечує розширення інженерного кругозору в галузі матеріалознавства.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна «Основи нанотехнологій» містить один змістовний модуль «Основи нанотехнологій».

Розділ 1. Фізичні основи нанотехнологій

Тема 1.1. Вступ.

Тема 1.2. Загальна характеристика наноматеріалів.

Тема 1.3. Особливості структурного стану наноматеріалів.

Тема 1.4. Розмірні ефекти в наноматеріалах.

Розділ 2. Методи та технології отримання наноматеріалів

Тема 2.1 Основні методи отримання наноматеріалів.

Тема 2.2 Особливості та специфічні вимоги щодо компактування нанопорошків.

Тема 2.3 Характеристика методів отримання наноматеріалів

Тема 2.4 Контрольована кристалізація з аморфного стану.

Розділ 3. Діагностика наносистем та наноматеріалів

Тема 3.1. Комплексний підхід до дослідження матеріалів. Атестація структури наноматеріалів

Тема 3.2. Атестація хімічного складу наноматеріалів.

Тема 3.3. Атестація механічних властивостей наноматеріалів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

4.1 Базова

1. Куцова В.З. Наноматеріали та нанотехнології [Текст] : навч. посіб. : у двох частинах / В. З. Куцова, Т. В. Котова, Т. А. Аюпова. – Дніпропетровськ : НМетАУ, 2013. – 103 с.

2. Яблонь Л. С. Фізичні основи нанотехнологій [Електронний ресурс]: курс лекцій / Л. С. Яблонь, В. М. Бойчук. – Івано-Франківськ, 2015. – 103 с. – Режим доступу: <http://194.44.152.155/elib/local/1978.pdf>.

3. Наноматеріали та нанотехнології [Текст] : навч. посіб. / Віктор Малишев, Ніна Куцевська, Олена Папроцька, Оксана Терещенко. – Київ : Університет «Україна», 2018. – 140 с.

4. Нанохімія, наносистеми, наноматеріали [Текст] / С. В. Волков, Є. П. Ковальчук, В. М. Огієнко, О. В. Решетняк. – Київ : Наукова думка, 2008. – 424 с.

5. Скороход В. В. Фізико-хімічна кінетика в наноструктурних системах [Текст] / Скороход В. В., Уварова І. В., Рагуля А. В. – Київ : Академперіодика, 2001. – 150 с.

6. Наноструктури та нанокapsули [Електронний ресурс] : методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «Наноструктури та нанокapsули» для студентів спеціальності 163 «Біомедична інженерія» всіх форм навчання / уклад. О. М. Сорочан. – Маріуполь : ПДТУ, 2019. – 44 с. – Режим доступу: https://events.pstu.edu/bioart/wp-content/uploads/sites/3/2020/04/nanostruktury-ta-nanokapsuly_lab.pdf.

7. Інформаційні, інтелектуальні та нанотехнології: лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка», освітньої програми «Інформаційні вимірювальні технології екологічної безпеки» / Г. В. Дорожинська, В. П. Маслов, М. О. Маркін; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,88 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 72 с. – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/323531131.pdf>.

8. Литвин В. А. Наноструктурні системи і матеріали [Електронний ресурс] : навчально-методичний посібник для студентів спеціальності 7.04010101 – Хімія / В. А. Литвин. – Черкаси : ЧНУ, 2015. – 86 с. – Режим доступу: <http://eprints.cdu.edu.ua/473/1/5059ad69-d879-4431-96ee-4d762c5c08f8.pdf>.

Перераховані книги є у вільному доступі в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського і можуть бути використані для отримання базових знань по основам нанотехнологій.

4.2 додаткова

9. Нанотехнологія та її інноваційний розвиток [Текст] : монографія / В. С. Пономаренко, Ю. Ф. Назаров, В. П. Свідерський, І. М. Ібрагімов. – Харків : ІНЖЕК, 2008. – 280 с.

10. Альтман Ю. Военные нанотехнологии. Возможности применения и превентивного контроля вооружений [Текст] : учебное пособие / пер. с англ. А. В. Хачояна, под ред. Р. А. Андреевского. – Москва : Техносфера, 2008. – 423 с.

11. Копань В. Композиційні матеріали [Текст] : навч. посібник / В. Копань. – Київ : Пульсари, 2004. – 200 с.

Книги, зазначені у списку додаткових навчальних матеріалів, є у вільному доступі бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Рекомендується ознайомитись зі змістом вказаних базових та додаткових джерел, більш глибоко опрацювати рекомендовані викладачем розділи, що відповідають тематиці лекцій та/чи лабораторних занять.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

2.1 Зміст лекційних занять

Кількість год.

Розділ 1. Фізичні основи нанотехнологій (Лекція 1)

2

Вступ. Предмет та завдання дисципліни. Історія розвитку нанонауки, нанотехніки, нанотехнологій, нановиробництва та основні напрямки нанотехнологій. Основні етапи розвитку науки про наносистеми. Нанотехнології як ключовий напрямок розвитку технологій XXI століття. Інструментарій нанотехнологій. Розвиток і перспективи нааноіндустрії. Економічні, соціальні та екологічні наслідки розвитку нанотехнологій. Основні поняття та визначення нанотехнологій. (електронна презентація)

0,5

Загальна характеристика наноматеріалів. Принципи класифікації наноматеріалів: за структурними ознаками (ступенем структурної складності): наночастинки, наноструктурні матеріали (консолідовані та нанодисперсії); за топологічними ознаками; за складом, розподілом та формою структурних складових. (електронна презентація)

0,5

Особливості структурного стану наноматеріалів. Загальна характеристика структурного стану наноматеріалів. Структурні елементи. Дефекти, поверхні поділу (границі кристалітів, потрійні стики зерен, міжзеренний простір), пограничні сегрегації, пори в наноматеріалах. Дислокації в малорозмірних об'єктах. Характеристика полідисперсності. Особливості структурного стану наноматеріалів, що забезпечують унікальність їх властивостей (електронна презентація)

0,5

Розмірні ефекти в наносистемах. Залежність властивостей наноматеріалів від розміру елементів структури. Розмірна залежність властивостей наноматеріалів (термічних, кінетичних, електричних, механічних) (електронна презентація)

0,5

Розділ 2 Методи та технології отримання наноматеріалів (Лекція 2)

2

Основні методи отримання наноматеріалів. Класифікація консолідованих наноматеріалів за методами виготовлення та типу структури. Фізичні та хімічні методи отримання. Методи порошкової металургії. Методи отримання нанопорошків. Характеристика та особливості основних методів отримання нанопорошків (Технологія випаровування і осадження із парової фази; Термічне випаровування; Вибухове випаровування; Електроерозійне диспергування; Сонохімічний синтез (використання ультразвукового впливу); Левітаційно-струминний метод; Хімічні методи; Золь-гель технології). (електронна презентація)

0,5

Особливості та специфічні вимоги щодо компактування нанопорошків. Методи

0,5

компактування нанопорошків зі збереженням структурного стану та фазового складу (спікання під тиском; електро-розрядне спікання (Іскро-плазмове спікання), динамічні, високоенергетичні і імпульсні методи пресування тощо).

Методи об'ємної інтенсивної пластичної деформації: рівноканальне кутове пресування; кручення під високим тиском; гвинтова екструзія; акумульована прокатка зі з'єднанням. Особливості методів, механізми подрібнення та формування структури. Методи поверхневої інтенсивної пластичної деформації: розмелювання в кульовому млині; дробострумінна обробка; високошвидкісне свердління, тертя; силове точіння. Особливості методів, механізми подрібнення та формування структури.

Методи отримання аморфних матеріалів: гартування з рідкого стану; осадження під час іоно-плазмового та термічного напилення; лазерна обробка; розпилення електричним полем; іонна імплантація; аморфізація електроіскровим розрядом. Контрольована кристалізація з аморфного стану. Технологія плівок і покриттів фізичні методи осадження (PVD), так і хімічні методи (CVD) та їх варіанти.

Розділ 3. Діагностика наносистем та наноматеріалів (Лекція 3) 2

Комплексний підхід до дослідження матеріалів. Вимоги до методів діагностики наносистем та наноматеріалів. Атестація структури наноматеріалів Методи структурного аналізу. Рентгеноструктурний аналіз. Скануюча та просвічувальна електронна мікроскопія, польова іонна мікроскопія, скануюча зондова мікроскопія (СЗМ) – скануюча тунельна мікроскопія (СТМ), атомно-силова мікроскопія (АСМ). Призначення, можливості та особливості методів структурного аналізу.

Атестація хімічного складу наноматеріалів. Методи хімічного аналізу. Спектральні методи дослідження: вторинна іонна мас спектрометрія (ВІМС); оже-електронна спектроскопія (ОЕС); Спектроскопія Резерфордівського зворотного розсіювання, Мессбауерівська або Ядерна гамма резонансна (ЯГР) спектроскопія, Ядерна магнітно-резонансна спектроскопія (ЯМР спектроскопія).

Атестація механічних властивостей наноматеріалів. Методи визначення комплексу механічних властивостей наноматеріалів на мікро- та нанорівні (методи індентування). Визначення модуля Юнга, мікро- та нанотвердості, характеристики пластичності, границі пружності та границі плинності.

Всього: 6

2.2 Перелік тем лабораторних занять

годин

Заняття 1. Ознайомлення студентів з вимогами щодо підготовки до лабораторних занять, правилами оформлення протоколів та захисту лабораторних робіт. 2

Лабораторна робота. Дослідження можливості застосування методу механічного легування (МЛ) для виробництва наноматеріалів. Дослідження структури та властивостей наноматеріалів отриманих методом МЛ.

Всього: 2

3. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів (загальна тривалість 112 годин) з дисципліни полягає в

- самостійному опрацюванні літературних джерел для опанування матеріалу лекцій, які не читаються (91 година);
- підготовці до виконання лабораторних занять, аналізу одержаних результатів та формулюванні висновків – в розрахунку 1,5 години на 1 годину виконання лабораторних занять (3 години);
- підготовці ДКР (12 годин);
- підготовці до семестрового контролю – заліку (6 годин).

4. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентами:

- Тему пропущеного лекційного заняття студент повинен опрацювати самостійно шляхом написання конспекту з кожної пропущеної теми. За дистанційної форми навчання заняття проводяться у он-лайн форматі.
- Завдання пропущеного лабораторного заняття студент повинен виконати в час, узгоджений з викладачем.
- Під час усіх видів аудиторних занять забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі. Під час лабораторних занять дозволяється застосування персональних комп'ютерів для пошуку інформації, використання власних хмарних ресурсів, тощо.
- Умовою допуску до лабораторних занять є наявність у студента написаного протоколу, який складається з: номерів та назви лабораторної роботи; мети лабораторної роботи; теоретичних відомостей, до яких включають основні визначення та умовні позначення; порядок виконання лабораторної роботи.
- Перевірка правильності виконання завдань проводиться викладачем безпосередньо на занятті. Студенти можуть обробляти отримані на лабораторному занятті експериментальні результати (виконувати розрахунки, аналіз одержаних результатів та формулювання висновків) самостійно вдома і надавати їх на перевірку викладачу на наступному занятті. За умови проведення лабораторних занять у дистанційному режимі оформлені протоколи лабораторних робіт із виконаними завданнями надсилаються на e-mail або в Telegram викладачу для перевірки упродовж тижня після останнього заняття за відповідною темою.
- Результати виконаної лабораторної роботи оформлюються у вигляді звіту з застосуванням текстового редактора. Звіт супроводжується формулами, таблицями, мікроструктурами, дифрактограмами, графіками, елементами, які підтверджують виконання завдань та одержані результати. За дистанційної форми навчання перевірка правильності виконання завдання здійснюється під час заняття дистанційно із використанням Telegram чату. За дистанційною чи змішаною формою навчання звіт оформлюється в будь-якому текстовому редакторі і на перевірку надсилається на e-mail викладача або в Telegram. За звичайної аудиторної форми навчання звіт виконується в будь-якому текстовому редакторі і на перевірку надається у роздрукованому вигляді. Безпосередній захист відбувається у формі співбесіди, запитань-відповідей.
- Перескладання заліку проводиться під час додаткової сесії за положенням КПІ ім. Ігоря Сікорського відповідно до графіку перескладань, оприлюдненому на сайті НН ІМЗ ім. Є.О. Патона
- Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Звіти з лабораторних занять 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>.

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

Поточний контроль:

- Виконання та захист звіту з **лабораторної роботи** всього максимально 50 балів (50 б.×1), мінімально – 30 балів.

- . Оцінюється самостійність виконання роботи, грамотність в оформленні та правильність виконання.

Критерії оцінювання та кількість балів за лабораторні роботи:

- *робота виконана правильно та самостійно та звіт зданий з першого разу (відмінно) – 50-47 балів;*
- *робота виконана самостійно, але є неточності у розрахунках та оформленні (добре) – 46-38 балів;*
- *робота виконана самостійно, але є помилки у розрахунках та оформленні неповні відповіді на запитання (задовільно) – 37-30 балів;*
- *робота виконана несамотійно, є помилки у розрахунках та оформленні, незадовільні відповіді на запитання – 29 б. і менше.*

До кожної лабораторної роботи студент повинен підготувати протокол, який складається із: номера; назви; мети; теоретичних відомостей, до яких включають основні визначення та умовні позначення; порядок виконання.

На занятті студенти після опитування допускаються до виконання лабораторної роботи. Після чого викладач проводить ознайомлення студентів із обладнанням і алгоритмом проведення лабораторної роботи. В кінці лабораторної роботи студенти отримують результати дослідження. У продовж тижня студенти дооформлюють протокол лабораторної роботи відповідно до вимог завдання та її захищають

- *Виконання та захист **Домашньої контрольної роботи (ДКР)** всього максимально 50 балів, мінімально – 30 балів.*

Метою проведення домашньої контрольної роботи є засвоєння матеріалу, поглиблення та закріплення знань студента, на розвиток умінь.

Критерії оцінювання та кількість балів за ДКР.

- *повна відповідь – 50-47 б.*
- *неповна відповідь – 46-43 б.*
- *неповна відповідь з неточностями – 42-36 б.*
- *неповна відповідь з неточностями та помилками – 35-30 б.*
- *незадовільна відповідь – 29 б. і менше*

Семестровий контроль: залік

Умова допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг не менше 60 балів за умови виконання ДКР і лабораторної роботи та кількості балів за видами, відповідно:

- *Захист звіту з лабораторної роботи не менше 30 балів.*
- *Захист ДКР не менше 30 балів.*

Студенти, що набрали упродовж семестру не менше 60 балів мають можливість отримати оцінку, згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою.

Для підвищення рейтингової оцінки студент може написати залікову контрольну роботу, але у цьому випадку попередній рейтинг студента скасовується і він отримує оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи, згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою.

Залікова контрольна робота складається з чотирьох питань. Проводиться письмово, на написання відводиться 2 академічні години часу. Сумарна максимальна оцінка складає 100 балів. яка складається з балів, які студент отримує за відповіді на питання, максимально 25 балів за кожне питання, тобто, 25 балів × 4 = 100 балів.

Критерії оцінювання відповідей на питання та кількість балів за залікову контрольну роботу:

- *«відмінно» (25-24 бали), повна відповідь (не менше 95 % потрібної інформації), студент демонструє повні і глибокі знання навчального матеріалу;*
- *«дуже добре» (23-22 бали), достатньо повна відповідь (не менше 85 % потрібної інформації), студент демонструє хороші знання навчального матеріалу;*

- «добре» (21-19 балів), достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), студент демонструє хороші знання навчального матеріалу, але допускає деякі неточності;
- «задовільно» (18-17 балів), неповна відповідь (але не менше 65 % потрібної інформації), студент задовільно засвоїв теоретичний матеріал, але допускає суттєві неточності, щодо використання отриманих знань;
- «достатньо» (16-15 балів), неповна відповідь (але не менше 60 % потрібної інформації), студент задовільно засвоїв теоретичний матеріал, але допускає суттєві помилки, щодо використання отриманих знань;
- «незадовільно» (14 балів і менше), незадовільне знання теорії (менше 60 % потрібної інформації) та відсутність вміння та навичок у вирішенні поставлених завдань, відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

Оцінка за відповідь знижується – за принципові помилки у відповіді, за неповну відповідь, неточності, за неправильне використання термінів.

Загальна кількість балів за відповіді залікової контрольної роботи визначається шляхом підсумовування балів за відповіді на чотири питання.

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

6. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- У випадку проходження дистанційних чи он-лайн курсів за тематикою курсу, що підтверджується відповідними сертифікатами, додатково нараховуються 10 балів.
- Перелік питань на домашню контрольні роботи знаходиться в Додатку А
- Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (залік) знаходиться в Додатку Б.
- Лабораторні роботи плануються з максимальним використанням обладнання лабораторій ЦККНО «Матеріалознавство тугоплавких сполук та композитів» в структурі ННІМЗ ім. Є. О. Патона, яке застосовується при одержанні та дослідженні широкого спектру порошкових, композиційних матеріалів та покриттів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено:

професором кафедри Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії, доктором технічних наук, професором, Юрковою Олександрою Іванівною

Ухвалено:

кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії(протокол № 17 від 26.06.2024 р.)

Погоджено:

Методичною комісією навчально-наукового Інституту матеріалознавства та зварювання імені Є.О.Патона (протокол № 12/24 від 28 червня 2024 р.)

**ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ,
які виносяться на домашню контрольну роботу**

1. Надати визначення понять нанонаука, наноматеріали (НМ), нанотехнологія, та їх значення для науково-технічного прогресу?
2. Історія виникнення та розвитку наноматеріалів та нанотехнологій.
3. Пріоритетні напрями розвитку наноматеріалів та нанотехнологій.
4. Для чого потрібні нанотехнології, наноматеріали? Нанобум та його причини.
5. Що таке «нано»? Якими розмірами структурних елементів характеризуються наноматеріали та чому?
6. Основні напрями застосування наноматеріалів в промисловості.
7. Використання природних прототипів для розвитку знань про «наностан» речовини.
8. Характеристика основних типів наноматеріалів.
9. Класифікація НМ (за формою елементів структури, хімічного складу).
10. Загальна характеристика структури НМ, її особливості у порівнянні зі звичайною полікристалічною структурою.
11. Основні дефекти в НМ; розмір кристалів та дефекти. Чи можуть нанокристали бути бездефектними?
12. Термодинамічні особливості НМ?
13. Границі поділу (границі зерен, потрійних стиків зерен) в НМ; залежність їх частки від розміру елементів структури.
14. Розмірна залежність фізичних властивостей НМ.
15. Загальна характеристика структури НМ, її особливості.
16. Сутність «розмірного ефекту»? Навести приклади.
17. Вплив розміру кристалітів на електричні та магнітні властивості НМ.
18. Вплив розміру зерен/кристалітів на механічні властивості НМ.
19. Вплив розміру кристалітів на термодинамічні властивості НМ.
20. Вплив розміру кристалітів на реакційну, дифузійну здатність та каталітичну активність НМ.
21. Термодинамічні особливості НМ.
22. Термічна стабільність НМ.
23. Особливості виявлення розмірних ефектів в НМ.
24. Вплив розміру кристалітів на механічні властивості НМ.
25. Особливості фізичних взаємодій на наномасштабі.
26. Основні методи отримання наноматеріалів. Охарактеризувати основні методи отримання нанопорошків.
27. Порошкова технологія одержання НМ.
28. Методи високоенергетичного подрібнення, механохімічного та плазмохімічного синтезу.
29. Класифікація консолідованих НМ за методами виготовлення та типам структури.
30. Методи консолідації нанопорошків.
31. Отримання НМ методами інтенсивної пластичної деформації.
32. Методи отримання аморфних матеріалів.
34. Отримання НМ методами контролюємої кристалізації з аморфного стану.
35. Отримання НМ за технологіями плівок та покриттів.
36. Методи хімічного осадження з парової фази (CVD).
37. Методи фізичного осадження з парової фази (PVD).
38. Технологія напівпровідників.

39. Комплексний підхід у дослідженні наноматеріалів.
40. Методи дослідження структури наноматеріалів.
41. Застосування методів рентгеноструктурного аналізу (РСА) для дослідження наноматеріалів. Призначення методів рентгеноструктурного аналізу.
42. Скануюча електронна мікроскопія. Які задачі вирішують методами СЕМ?
43. Застосування просвічувальної електронної мікроскопії (ПЕМ) та просвічувальної електронної мікроскопії високої роздільної здатності (ВРПЕМ) для дослідження наноматеріалів. (призначення, особливості, методики).
44. Порівнювальний аналіз та обґрунтування переваг та недоліків РСА та ПЕМ.
45. Методи скануючої зондової мікроскопії (АСМ та СТМ).
46. На чому заснована сканувальна тунельна мікроскопія?
47. В чому полягають відмінності АСМ та СТМ?
48. Які задачі вирішують методами польової іонної мікроскопії?
49. Методи дослідження хімічного складу наноматеріалів.
50. Методи дослідження механічних властивостей наноматеріалів.
51. Які механічні характеристики наноматеріалів можна визначити методами індентування?
52. Які методи застосовують для визначення комплексу механічних характеристик наноматеріалів?
53. Наноконпозиційні наноматеріали.
54. Вуглецеві наноматеріали.
55. Методи отримання вуглецевих наноструктур (фулеренів, нанотрубок).
56. Можливості застосування нанотрубок.
57. Нанопористі матеріали.
58. Види взаємодії нанопористих матеріалів з оточуючим середовищем.
59. Застосування нанопористих матеріалів.
60. Технології отримання полімерних НМ.
61. Технології отримання пористих НМ.
62. Типи нанопористих матеріалів.
63. Види взаємодії нанопористих матеріалів з оточуючим середовищем.
64. Технології отримання трубчастих НМ.
65. Технології отримання біологічних НМ.
66. Біо-нанотехнології.
67. Застосування НМ в приладобудуванні.
68. Многошарові покриття з наноструктурою.
69. Нанофільтрування як новий спосіб очищення питної води.
70. Нанополімери.

**ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ,
які виносяться на семестровий контроль**

1. Надайте загальну характеристику структури наноматеріалів.
2. Наведіть класифікацію наносистем за топологічними ознаками.
3. Надайте класифікацію наносистем по формі, складу, розподілу елементів структури.
4. Які основні особливості структури наноматеріалів Вам відомі?
5. Чому існує великий інтерес вчених до вивчення наноматеріалів?
6. Що таке полідисперсність наносистем, чому і як вона впливає на їх властивості?
7. Чим обумовлений нерівноважний стан наносистем?
8. Що є визначальним для кількісної характеристики поверхневої енергії наносистем?
9. Які характеристики дисперсності наносистем Вам відомі?
10. Які елементи структури існують в наноматеріалах?
11. В чому полягають особливості структури наноматеріалів?
12. В чому полягають особливості структури границь зерен в нанокристалічних матеріалах?
13. Від чого та як залежить об'ємна частка міжзеренного простору, границь зерен та потрійних стиків зерен в нанокристалічній речовині? На що впливає?
14. Розмірна залежність (розмірний ефект) фізико-хімічних властивостей дисперсних систем. Як змінюються властивості матеріалів при подрібненні?
15. Для яких розмірів елементів структури розмірна залежність властивостей дисперсних систем проявляється найбільш інтенсивно? Чому?
16. Чи змінюються властивості матеріалу зі збільшенням ступеню роздробленості (зменшенням розміру структурних елементів) і чому?
17. З чим пов'язані розмірні ефекти (залежності) в наносистемах? Чому виникають розмірні ефекти?
18. Розмірна залежність термодинамічних та термічних властивостей наноматеріалів.
19. Вплив розміру зерен/кристалітів на реакційну та дифузійну здатність і каталітичну активність наноматеріалів.
20. Охарактеризуйте особливості дифузії в наноструктурах.
21. Як впливає розмір кристалітів на коефіцієнти дифузії в наноматеріалах?
22. Вплив дисперсності на механічні властивості наноматеріалів: розмірна залежність характеристик міцності та пластичності.
23. Як змінюється твердість, міцність та пластичність наноматеріалів зі зменшенням розмірів структурних елементів?
24. Основні методи отримання наноматеріалів.
25. Класифікація основних методів отримання наноматеріалів за структурою (розмір елементів структури, розорієнтуванням границь поділу).
26. Які вимоги повинні забезпечити методи отримання порошків та методи їх компактування для забезпечення наноструктурного стану?
27. Порошкова технологія отримання ультрадисперсних та наноматеріалів. Методи отримання наноматеріалів: методи порошкової металургії.
28. Які ефективні методи консолідації нанопорошків існують? Динамічні, високоенергетичні і імпульсні методи пресування, їх особливості.
29. В чому полягає особливість методу Глейтера?
30. Методи високоенергетичного подрібнення (методи ІПД) для отримання нанокристалічної структури.
31. Методи отримання наноматеріалів: методи інтенсивної пластичної деформації.
32. Методи отримання об'ємних нано- та субмікроструктурних матеріалів.
33. Методи поверхневої інтенсивної деформації, особливості методів, особливості структури.
34. Які матеріали отримують контрольованою кристалізацією з аморфного стану?
35. Технології отримання НМ: тонкоплівкові технології модифікування поверхні.
36. Які методи відносяться до адитивних? Їх особливості, переваги, проблеми?
37. Методи хімічного осадження з парової фази (CVD).
38. Методи фізичного осадження з парової фази (PVD).
39. В чому полягає комплексний підхід у дослідженні наноматеріалів.
40. Призначення методів скануючої електронної мікроскопії (СЕМ)?

41. Призначення спектральних методів дослідження (ВІМС, ОЕС, РЗР, ЯГР, ЯМР)?
42. Які задачі вирішують методами скануючої зондової мікроскопії (АСМ та СТМ)?
43. На чому заснована сканувальна тунельна мікроскопія?
44. В чому полягають відмінності АСМ та СТМ?
45. Які задачі вирішують методами польової іонної мікроскопії?
46. Які задачі вирішують методами СЕМ?
47. Призначення методів просвічувальної електронної мікроскопії (ПЕМ) та просвічувальної електронної мікроскопії високої роздільної здатності (ВРПЕМ).
48. Призначення методів рентгеноструктурного аналізу.
49. Які механічні характеристики наноматеріалів можна визначити методами індентування?
50. Які методи застосовують для визначення комплексу механічних характеристик наноматеріалів?
51. Які методи випробувань можуть бути застосовані для визначення комплексу механічних характеристик крихких, твердих та надтвердих матеріалів, наноматеріалів, тонких поверхневих шарів та покриттів?
52. Чи співпадають між собою значення мікротвердості, визначені різними за формою інденторами, а саме, інденторами Віккерса, Кнупа, Берковича?
53. Як визначають порівняльні значення мікротвердості в умовах пружно-пластичного контакту?
54. Для випробувань яких матеріалів необхідно обов'язково встановити значення критичного навантаження F_c ?
55. Яким методом мікромеханічних випробувань та на якому приладі можна визначити модуль пружності (модуль Юнга) E ?
56. На які складові поділяється загальна деформація матеріалу під індентором у загальному випадку?
57. Дайте визначення характеристики пластичності δ_n .
58. На яких приладах проводять випробування для визначення параметрів пластичності δ_n , δ_A ?
59. В якому діапазоні змінюються значення характеристик пластичності δ_n та δ_A ?
60. Як обирають метод визначення (спрощена модель або модифікована) параметру δ_n в залежності від пружних властивостей матеріалу, що випробовують?
61. Як визначають порівняльні значення мікро-, нанотвердості, характеристики пластичності δ_n в умовах пружно-пластичного контакту?
62. Яка величина характеристики пластичності δ_n притаманна металевим матеріалам, які виявляють пластичність до руйнування в умовах стандартних механічних випробувань?
63. Якій з характеристик пластичності δ_n або δ_A надають перевагу та чому?
64. Які характеристики міцності можна визначити за кривою «напруження-деформація»?
65. Чому стандартні методи випробувань не можуть бути застосовані для визначення механічних характеристик крихких, твердих та надтвердих матеріалів, тонких поверхневих шарів та покриттів?
66. Яким параметром в основному визначається деформація на контактній площадці «індентор–зразок» для пірамідальних інденторів?
67. За рахунок чого можна змінювати ступінь деформації під індентором та в яких межах?
- 68.** Як побудувати криву «напруження–деформація» при застосуванні індентування?
69. В чому полягає головна ідея методики побудови кривих «напруження –деформація» методом індентування? Який параметр можна застосовувати в якості напруження при індентуванні?
70. Скільки точок містить крива «напруження–деформація», побудована методом індентування?
71. Скільки інденторів та с якими кутами загострення в комплекті для побудови кривих деформації? Чому не всі (скільки?) інденторів можна залучити для вимірювання твердості для крихких керамічних та малопластичних матеріалів?
72. Які характеристики та як необхідно визначити експериментально для побудови кривої «напруження–деформація» методом індентування?
73. Які характеристики та як необхідно розрахувати для побудови кривої «напруження–деформація» методом індентування?