



ФІЗИКА І ХІМІЯ НАНОСИСТЕМ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія¹</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітньо-професійна програма	<i>Матеріалознавство</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ECTS / 150 годин, лекцій – 36 годин, лабораторних занять – 18 годин, СРС – 96 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен / МКР</i>
Розклад занять	<i>http://roz.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доктор технічних наук, професор, Юркова Олександра Іванівна, e-mail: yurkova2403@gmail.com ² Практичні: доктор технічних наук, професор, Юркова Олександра Іванівна, e-mail: yurkova2403@gmail.com
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна належить до переліку вибіркових освітніх компонент освітньої програми (ОНП) підготовки другого (магістерського) рівня вищої освіти «Матеріалознавство» 2025 року за спеціальністю «Матеріалознавство».

Предметом вивчення навчальної дисципліни є особливості впливу нанорозмірності та поверхневих явищ, що виникають на границі поділу фаз в наносистемах, на фізико-хімічні та механічні властивості порошкових і композиційних матеріалів і покриттів з них при їх отриманні різними методами, в т.ч. методами порошкової металургії, для прогнозування їх властивостей в залежності від складу, структури, розміру елементів структури, для створення нових матеріалів з наперед заданими функціональними властивостями.

Вивчення навчальної дисципліни надає здобувачу можливість ознайомитися з сучасним рівнем наукових досліджень в області фізики та хімії наносистем, поглибити професійну підготовку в межах спеціальності та освітньої програми, здобути додаткові результати

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».

² Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

навчання. Цю дисципліну варто вчити для того, щоб стати конкурентоспроможним фахівцем. Отримання матеріалів/покриттів завтрашнього дня з підвищеними фізико-хімічними та механічними властивостями для екстремальних умов експлуатації – це утворення та розвиток наносистем. Для створення нових наноматеріалів та раціонального управління технологічними процесами необхідно володіти знаннями законів, яким підкоряються гетерогенні наносистеми, і умінням кількісно характеризувати і описати їх структуру та властивості. Отримані знання стануть в пригоді як у дослідницької діяльності, так й у повсякденному житті.

Метою викладання навчальної дисципліни є підсилення у здобувачів вищої освіти компетентностей у відповідності до ОНП «Матеріалознавство», 2025 року, а саме:

– здатність аналізувати вплив нанорозмірності та поверхневих явищ, що виникають на границі розділу фаз в наносистемах, на фізико-хімічні та механічні властивості порошкових і композиційних матеріалів та покриттів з них при їх отриманні різними методами, в т.ч. методами порошкової металургії, та прогнозувати їх властивості в залежності від складу, структури, розміру елементів структури, для створення нових матеріалів з наперед заданими функціональними властивостями для певних умов експлуатації;

– здатність аналізувати роль розмірних ефектів в фізико-хімії наносистем 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;

– здатність обирати сучасні методи дослідження структури, хімічного складу, фізико-хімічних та механічних властивостей наноматеріалів (порошкових, композиційних, керамічних, та ін.)

– здатність обґрунтовано обирати сучасні методи та технологічні варіанти отримання наноматеріалів та покриттів з них для заданих умов експлуатації. з урахуванням вимог надійності, економічності, а також сфер застосування.

Студенти мають продемонструвати знання, що поглиблюють результати навчання:

- термінології (основні поняття та визначення);
- основних кількісних характеристик роздробленості речовини;
- основних специфічних ознак і класифікації дисперсних та наносистем і поверхневих явищ;
- ролі об'єму та поверхні в фізико-хімічних властивостях наноматеріалів, молекулярно-кінетичних властивостей наносистем та їх кількісних характеристик;
- факторів, що впливають на стійкість наносистем та їх еволюцію,,
- особливостей поверхневих явищ на границі поділу фаз, термодинамічні параметри поверхневого шару;
- впливу нанорозмірності на реакційну здатність, розчинність речовини, рівновагу хімічної реакції, температуру фазових переходів;
- особливостей структурного стану та ролі розмірних ефектів в наносистемах;
- особливостей методів та технологічних варіантів отримання наноматеріалів;
- сучасних методів діагностики наносистем.

студенти повинні уміти:

- 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 та механічні 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 наносистем;

- обирати сучасні методи дослідження структури, хімічного складу, фізико-хімічних та механічних властивостей наноматеріалів (металевих, композиційних, керамічних, полімерних та ін.)
- 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.
- враховувати вплив складу, структури та розміру її елементів, їх розподілу за розмірами на фізико-хімічні та механічні властивості матеріалів із різним ступенем дисперсності із наперед заданими функціональними властивостями;
- Використавувати знання сучасних композитів і покриттів із матеріалів різного ступеня дисперсності, теорії і технології їх отримання для проектування і створення нових композитів і покриттів з необхідним комплексом експлуатаційних характеристик;

студенти повинні мати досвід:

- уявляти особливості впливу нанорозмірності та поверхневих явищ, що виникають на границі розділу фаз в наносистемах, на фізико-хімічні та механічні властивості порошкових і композиційних матеріалів і покриттів з них при їх отриманні різними методами, в т.ч. методами порошкової металургії.

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

Дисципліна базується на освітніх компонентах першого (бакалаврського) рівня вищої освіти інженерно-технічних спеціальностей.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Характеристика наносистем.

Тема 1.1. Вступ. Предмет та завдання курсу. Основні етапи розвитку нанонауки.

Тема 1.2. Загальна характеристика наносистем. Дисперсний та наностан речовини. Основні поняття та визначення. Класифікація дисперсних та наносистем.

Розділ 2. Фізико-хімічні особливості наносистем. Молекулярно-кінетичні властивості наносистем та їх стійкість

Тема 2.1. Фізико-хімічні особливості наносистем. Роль об'єму та поверхні в фізико-хімічних властивостях дисперсних матеріалів. Молекулярно-кінетичні властивості наносистем, їх кількісна характеристика.

Тема 2.2. Стійкість наносистем та їх еволюція. Види стійкості наносистем.

Розділ 3. Поверхневий шар і поверхневі явища в наносистемах

Тема 3.1. Термодинамічні параметри поверхневого шару в наносистемах.

Тема 3.2. Вплив дисперсності на фізико-хімічні властивості наносистем.

Розділ 4. Особливості структурного стану та розмірні ефекти в наносистемах

Тема 4.1. Загальна характеристика структурного стану наносистем. Класифікація наносистем за топологічними ознаками Класифікація наносистем: за складом, розподілом та формою структурних складових. Структурні елементи.

Тема 4.2. Дефекти, поверхні поділу, пограничні сегрегації. Дислокації в малорозмірних об'єктах. Характеристика полідисперсності.

Тема 4.3 Розмірні ефекти в наносистемах. Розмірна залежність властивостей наноматеріалів

Розділ 5. Методи та технології отримання наноматеріалів

Тема 5.1 Основні методи отримання наноматеріалів. Фізичні та хімічні методи отримання. Методи порошкової металургії.

Тема 5.2 Методи інтенсивної пластичної деформації. Тонкоплівкові технології модифікування поверхні

Розділ 6. Діагностика наносистем

Тема 6.1. Комплексний підхід до дослідження наноматеріалів. Методи атестації структури наноматеріалів.

Тема 6.2. Атестація хімічного складу наноматеріалів. Спектральні методи дослідження
Методи хімічного аналізу.

Тема 6.3. Атестація механічних властивостей наноматеріалів. Методи визначення комплексу
механічних властивостей наноматеріалів на мікро- та нанорівні.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Мchedалов-Петросян М.О. Колоїдна хімія: підручник [Текст] / М.О. Мchedалов-Петросян, В.І. Лебідь, О.М. Глазкова, О.В. Лебідь, за ред. проф. М.О. Мchedалова-Петросяна. – 2-ге вид. випр. і доп. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2012. – 500 с.

2. Скороход В.В. Фізико-хімічна кінетика в наноструктурних системах [Текст] / В.В. Скороход, І.В. Уварова, А.В. Рагуля. – Київ: Академперіодика, – 2001. – 180 с.

3. Маслюк В.А. Фізико-хімічні основи поверхневих явищ в твердих дисперсних системах. [Текст]: навч. посіб. / Маслюк В.А., Лобода П.І., Мініцький А.В. Київ: НТУУ «КПІ», 2012. – 212 с.

4. Конспект лекцій

Перераховані книги є у вільному доступі в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського і можуть бути використані для отримання базових знань з фізики і хімії наносистем.

Додаткова література

5. Наноматеріали і нанотехнології: Навчальний посібник [Текст] / М. О. Азаренков, І. М. Неклюдов, В. М. Береснев, В. М. Воєводін, О. Д. Погребняк., Г. П. Ковтун, О. В. Соболев, В. Г. Удовіцький, Литовченко С. В., Турбін П. В., Чишкала В. О. – Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2014. – 323 с.

6. Наноматеріали, нанопокриття, нанотехнології: Навчальний посібник [Текст] / М. О. Азаренков, В. М. Береснев, О. Д. Погребняк, Л. В. Маліков П. В. Турбін. – Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2009. – 209 с.

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

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

5.1 Зміст лекційних занять

Розділ 1. Характеристика наносистем

Лекція 1. Вступ. Мета і завдання дисципліни. Виникнення та роль дисперсних матеріалів в історії еволюції людства. Історія формування галузі знань: основні етапи розвитку нанонауки. Стислий огляд основних питань дисципліни. (презентація)

Література [1]; [3]; [4].

Лекція 2. Загальні відомості та характеристика дисперсних та наносистем. Основні поняття та визначення науки про наносистеми. Дисперсні та наносистеми як сукупність дисперсної фази та дисперсійного середовища. Основні кількісні характеристики роздрібненості речовини. (презентація)

Завдання на СРС: Основні параметри геометричної структури дисперсних матеріалів

Література [1]; [2]; [4].

Лекція 3. Класифікація дисперсних та наносистем. Характеристика полідисперсності. Методи одержання дисперсних та наносистем. (презентація)

Завдання на СРС: Методи одержання дисперсних та наносистем

Література [1]; [2]; [4]; [5].

Розділ 2. Фізико-хімічні особливості наносистем. Молекулярно-кінетичні властивості наносистем

Лекція 4. Фізико-хімічні особливості наносистем. Роль об'єму та поверхні в фізико-хімічних властивостях дисперсних матеріалів. Молекулярно-кінетичні властивості наносистем, їх кількісна характеристика та залежність від дисперсності. *(презентація)*

Завдання на СРС: Осмос, осмотичний тиск, зворотний осмос.

Література: [1]; [4].

Лекція 5. Стійкість наносистем та їх еволюція. Види стійкості наносистем: термодинамічна, седиментаційна, фазова та поверхнева. Шляхи укрупнення частинок. Фактори стійкості. *(презентація)*

Завдання на СРС Умова термодинамічної (агрегативної) стійкості дисперсних систем

Література: [1]; [4]; [5].

Розділ 3. Поверхневий шар і поверхневі явища в наносистемах

Лекція 6. Наносистеми та особливості поверхневих явищ. Роль об'єму та поверхні в фізико-хімічних властивостях матеріалів. Термодинамічні параметри поверхневого шару. *(презентація)*

Завдання на СРС: Принцип Гіббса-Кюрі для твердих тіл.

Література: [1]; [4].

Лекція 7. Вплив дисперсності на фізико-хімічні властивості наноматеріалів: реакційну здатність, розчинність речовини, рівновагу хімічної реакції, температуру фазових переходів. Термодинаміка утворення нової фази. Кінетика утворення нової фази в системі "Р – Т". *(презентація)*

Завдання на СРС: Керування ступенем дисперсності

Література: [1]; [4].

Модульна контрольна робота, частина 1 (перелік питань на тематичну контрольну роботу у Додатку А).

Розділ 4. Особливості структурного стану та розмірні ефекти в наносистемах

Лекція 8. Характеристика структурного стану наносистем. Класифікація наносистем. Елементи структури: частинки, кристаліти, зерна, шари, включення та пори в наноматеріалах. Полідисперсність. Геометричні параметри мікроструктури наносистем *(презентація)*

Завдання на СРС: Класифікація наносистем.

Література: [2]; [4]; [5]; [6].

Лекція 9. Дефекти, поверхні поділу (границі зерен/кристалітів, потрійні стики зерен, міжзеренний простір), пограничні сегрегації, пори в наноматеріалах. Дислокації в малорозмірних об'єктах. Особливості структурного стану наноматеріалів. *(презентація)*

Завдання на СРС: Вплив розміру зерна на мікродефекти в наноматеріалах.

Література: [2]; [4]; [5]; [6].

Лекція 10. Розмірні ефекти в наноматеріалах. Залежність властивостей наносистем від розміру елементів структури. Розмірна залежність властивостей наноматеріалів (термічних, кінетичних, електричних, магнітних, оптичних, механічних). *(презентація)*

Завдання на СРС: Фізичні причини специфіки властивостей наночастинок і наноматеріалів. Вплив розміру елементів структури на магнітні властивості матеріалів.

Література: [2]; [4]; [5]; [6].

Розділ 5. Методи та технології отримання наноматеріалів

Лекція 11. Основні методи отримання наноматеріалів. Класифікація консолідованих ультрадисперсних та наноматеріалів за методами виготовлення та типу структури. Методи отримання нанопорошків. Характеристика та особливості основних методів отримання ультрадисперсних та нанопорошків *(презентація)*

Завдання на СРС: Синтез нанопорошків в умовах ультразвукового впливу. Хімічні методи отримання нанопорошків.

Література: [4]; [5]; [6].

Лекція 12. Особливості та специфічні вимоги щодо компактування нанопорошків. *(презентація)*

Завдання на СРС: Вимоги до зберігання нанопорошків.

Література: [4]; [5].

Лекція 13. Методи компактування нанопорошків зі збереженням структурного стану та фазового складу. (презентація)

Завдання на СРС: Динамічні, високоенергетичні і імпульсні методи пресування нанопорошків.

Література: [4]; [5]; [6].

Лекція 14. Методи отримання наноматеріалів: методи інтенсивної пластичної деформації, контрольована кристалізація з аморфного стану, технологія плівок і покриттів. (презентація)

Завдання на СРС: Технологія плівок і покриттів: хімічне осадження з газової фази; фізичне осадження з газової фази; електроосадження; золь-гель-технологія.

Література: [4]; [5]; [6].

Розділ 6. Діагностика наносистем

Лекція 15. Комплексний підхід до дослідження наноматеріалів. Методи дослідження структури наноматеріалів: рентгеноструктурний аналіз, електронна мікроскопія, польова іонна (Іонно-польова) мікроскопія. (презентація)

Завдання на СРС: Можливості методу рентгеноструктурного аналізу щодо дослідження наноматеріалів.

Література: [4]; [5]; [6].

Лекція 16. Експериментальні методи дослідження структури наноматеріалів: скануюча зондова мікроскопія. (презентація)

Завдання на СРС: Можливості методів скануючої зондової мікроскопії щодо дослідження наноматеріалів.

Література: [4]; [5]; [6].

Модульна контрольна робота частина 2 (перелік питань на тематичну контрольну роботу у Додатку А)

Лекція 17. Атестація хімічного складу наноматеріалів. Експериментальні методи визначення хімічного складу та структури поверхні. Спектральні методи дослідження. (презентація)

Завдання на СРС: Призначення методу Мессбауерівської або ядерної гамма резонансної (ЯГР) спектроскопії.

Література: [4].

Лекція 18. Атестація механічних властивостей. Методи механічних випробувань для визначення комплексу механічних властивостей наноматеріалів на мікро- та нанорівні (методи індентування). (презентація)

Завдання на СРС: Переваги методів локального навантаження щодо визначення комплекс механічних властивостей матеріалів та покриттів.

Література: [4]; [5]; [6].

5.2 Перелік тем лабораторних занять

	ауд. год.
Заняття 1. Характеристика наносистем. Основні кількісні характеристики роздрібненості речовини: Характеристичний розмір, дисперсність, питома поверхня.	2
Взаємозв'язок питомої поверхні та дисперсності	
Заняття 2. Молекулярно-кінетичні властивості наносистем: тепловий рух, дифузія та їх кількісні характеристики.	2
Заняття 3. Молекулярно-кінетичні властивості наносистем; седиментація та її кількісні характеристики, дифузійно-седиментаційна рівновага	2
Заняття 4. Поверхневі явища. Поверхнева енергія та питома вільна поверхнева енергія (поверхневий натяг). Повна поверхнева енергія.	2
Заняття 5. Особливості структурного стану наноматеріалів: Дефекти, поверхні поділу, границі зерен, потрібних стиків зерен, міжзеренний простір та їх об'ємна частка в наноматеріалах залежно від розміру зерен/кристалітів і ширини границь зерен	2
Заняття 6. Розмірні ефекти в наноматеріалах: розмірна залежність кінетичних властивостей наноматеріалів. Залежність ефективного коефіцієнту дифузії азоту	2

та вуглецю в залізі від розміру зерна та ширини границь зерен

Заняття 7. Розмірні ефекти в наноматеріалах: розмірна залежність механічних властивостей в високодисперсних матеріалах: твердість та міцність 2

Заняття 8. Розмірна залежність механічних властивостей в високодисперсних матеріалах: характеристика пластичності 2

Заняття 9. Захист лабораторної роботи № 8 2

Разом: 18

6. Самостійна робота студента

Вид самостійної роботи студента	Кількість годин	Норма часу на підготовку, год.	Термін часу, год.
Підготовка до лекцій	36	0,3	11
Підготовка до лабораторних занять та опрацювання результатів	18	1,5	27
Підготовка до МКР	2	4	4
Виконання завдань на СРС та засвоєння додаткових питань			24
Підготовка до екзамену		30	30
Всього			96

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентами:

- Тему пропущеного лекційного заняття студент повинен опрацювати самостійно шляхом написання конспекту.
- Завдання пропущеного лабораторного заняття студент повинен виконати в час, узгоджений з викладачем.
- У випадку пропуску заняття, коли виконується МКР (1 частина, 2 частина), студент одержує для самостійного виконання завдання, рівноцінне пропущеному.
- 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 ресурсів, тощо.
- Умовою допуску до лабораторних занять є наявність у студента написаного протоколу, який складається з: номерів та назви роботи; мети роботи; теоретичних відомостей, до яких включають основні визначення та умовні позначення, порядок виконання роботи.
- Перевірка правильності виконання завдань проводиться викладачем безпосередньо на занятті. Студенти можуть обробляти отримані на лабораторному занятті результати (виконувати розрахунки, аналіз одержаних результатів та формулювання висновків) самостійно вдома і надавати їх на перевірку викладачу на наступному занятті. За умови проведення занять у дистанційному режимі оформлені протоколи робіт із виконаними завданнями надсилаються викладачу на e-mail або в Telegram для перевірки упродовж тижня після останнього заняття за відповідною темою.
- Результати виконаних лабораторних робіт оформлюються у вигляді звітів з застосуванням текстового редактора. Звіт супроводжується формулами, розв'язком задач, таблицями, 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 дистанційної чи змішаної форми 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 МКР (частина 1, частина 2) проводиться за взаємною домовленістю викладача та студента.
- Перескладання екзамену 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 робіт виконуються і подаються на перевірку не пізніше 2-х тижнів з моменту завершення.
- 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>

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

Поточний контроль:

- Виконання та захист звітів з лабораторних робіт, всього максимально 40 балів (5×8), мінімально – 24 бали (3×8). 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) – 5 балів;
- робота виконана самостійно, але є неточності у розрахунках та оформленні (добре) – 4 бали;
- робота виконана самостійно, але є помилки у розрахунках та оформленні, неповні відповіді на запитання (задовільно) – 3 бали;
- робота виконана несамоствійно, є помилки у розрахунках та оформленні, незадовільні відповіді на запитання – 2 б. і менше.

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

На занятті студенти після опитування допускаються до виконання лабораторної роботи. Після чого викладач проводить ознайомлення студентів із алгоритмом проведення роботи та виконують її. У продовж тижня студенти дооформляють протокол роботи відповідно до вимог завдання і на наступному занятті її захищають

- МКР поділена на 2 частини, які проводяться у вигляді тестів на 6-му та 12-му навчальних тижнях. Максимальна оцінка за кожну частину МКР 5 балів, всього складає 10 балів за семестр. Мінімальна позитивна оцінка за МКР 3 бали, всього 6 балів. Бали знижуються за неповні та неправильні відповіді.

Критерії оцінювання та кількість балів за кожну частину МКР.

- повна відповідь – 5 балів;
 - неповна відповідь – 4 бали;
 - неповна відповідь з неточностями – 3 бали;
 - незадовільна відповідь – 2 бали. і менше
- **Календарний контроль:** провадиться двічі на семестр на 7 та 13 тижні, як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для позитивного першого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист лабораторних робіт № 1-3 (мінімальна позитивна оцінка 3 бали за кожну роботу, всього 9 балів за три роботи) та МКР частина 1 (мінімальна позитивна оцінка 3 бали) і сумарна мінімальна

позитивна оцінка 12 балів. Для позитивного другого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист лабораторних робіт №№ 4–7 (мінімальна позитивна оцінка 12 балів за 4 роботи) та МКР частина 2 (мінімальна позитивна оцінка 3 бали) і сумарна мінімальна позитивна оцінка 15 балів.

- **Семестровий контроль:** екзамен, проводиться у письмовій, усній або змішаній формі, у кожному білеті три питання.

Умови допуску до семестрового контролю (мінімальний стартовий рейтинг): семестровий рейтинг не менше 30 балів за умови виконання усіх лабораторних робіт та кількості балів за видами робіт, відповідно:

- Модульна контрольна робота не менше 6 балів (частина 1 не менше 3 балів; частина 2 не менше 3 балів).
- Захист звітів з лабораторних робіт не менше 24 балів (3 б. × 8).

Відповіді на екзамені оцінюються за 50-бальною шкалою, яка складається з балів, які студент отримує за відповіді на питання білету (максимально 15 балів за кожне питання білету; кожен білет складається з 3-х питань) та надання відповіді на 1 додаткове питання (максимально 5 балів). Тобто, 15 б.×3+5 б. =50 балів.

Критерії оцінювання відповідей на питання білету на екзамені та кількість балів:

Критерії	Бали
правильна відповідь:	
– без зауважень, повнота відповіді більша за 97 %	15
– з несуттєвими зауваженнями, повнота відповіді не менше 95 %	14
правильна відповідь є неprincipові зауваження:	
– повнота відповіді більша за 90 %	13
– повнота відповіді більша за 85 %	12
хороші знання навчального матеріалу, але є деякі неточності:	
– повнота відповіді не менша за 80 %	11
задовільні знання навчального матеріалу, є деякі зауваження:	
– повнота відповіді не менша за 70 %	10
неповна відповідь, студент задовільно засвоїв теоретичний матеріал, але є суттєві неточності:	
– повнота відповіді не менша за 60 %	9
суть питання не розкрита та/або повнота відповіді менша за 60 %	менше 9

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

Критерії оцінювання відповіді на додаткове питання:

- 5 балів – повна відповідь;
- 4 бали – достатньо повна відповідь;
- 3 бали – неповна відповідь;
- менше 2 балів – незадовільна відповідь.

Загальна кількість балів за відповідь на екзамені визначається шляхом підсумовування балів за відповіді на питання екзаменаційного білету та балів за відповідь на додаткове питання.

Рейтинг з дисципліни (РД) враховує роботу студента протягом семестру (стартові бали, максимально 50 б., мінімально 30 б.) та рівень знань і навичок, виявлених ним на екзамені (максимально 50 б., мінімально 30 б.). Після оцінювання відповідей на екзамені 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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- Студенти можуть отримати до 10 заохочувальних балів за сертифікати проходження дистанційних або онлайн курсів за тематикою дисципліни, творчі роботи (участь у олімпіадах, конференціях, конкурсах тощо), але підсумкова оцінка не може перевищувати 100 балів.
- Перелік питань, які виносяться на МКР (частини 1 та 2) знаходиться в Додатку А.
- Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (екзамен) 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.
- Результати навчання за даною дисципліною здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних он-лайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому може бути перезарахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі практичні заняття). Можливість перезарахування (відповідність змісту дисципліни) та обсяг навчальних годин визначається викладачем для кожного конкретного випадку і здійснюється за процедурою, яка відповідає "Положенню про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті".

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 № 3 від 30.09.2025 р.)

Погоджено:

Методичною комісією навчально-наукового Інституту матеріалознавства та зварювання імені Є.О. Патона (протокол № 2 / 25 від 16 жовтня 2025 р.)

**ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ,
які виносяться на модульну контрольну роботу (МКР)**

Частина 1:

1. Загальна характеристика дисперсних систем. Ознаки дисперсних систем, основні визначення та особливості. Наведіть приклади дисперсних систем.
2. Які характеристики є кількісною мірою роздрібненості речовини?
3. Надайте визначення дисперсності, питомої поверхні. Одиниці вимірювання.
4. Від чого залежить площа питомої поверхні? Як геометрія частинок дисперсної фази впливає на площу питомої поверхні?
5. За якими основними ознаками класифікують дисперсні системи?
6. Класифікація дисперсних систем. Надати приклади.
7. Класифікація дисперсних систем в залежності від розміру елементів/частинок дисперсної фази, за агрегатним станом дисперсної фази та дисперсійного середовища, за взаємодією між частинками, за міжфазною взаємодією, за топологічними ознаками.
8. Чим обумовлено різноманіття дисперсних систем?
9. Які методи диспергування матеріалів Ви знаєте?
10. Молекулярно-кінетичні явища в дисперсних системах. Надайте їх характеристику.
11. Яка природа броунівського руху частинок? Як характеризувати інтенсивність броунівського руху частинок?
12. Надайте визначення дифузії. Чи є процес дифузії оборотним і яким чином можливо повернення системи у вихідний стан? Що є рушійною силою процесу дифузії? Чим обумовлена дифузія? Який напрям має дифузія?
13. Фізична сутність коефіцієнту дифузії. Як розрахувати розмір частинок за коефіцієнтом дифузії?

Який зв'язок між середнім зсувом частинки та коефіцієнтом дифузії?

14. Надайте визначення седиментації. Коли відбувається седиментація? Як використовують явище седиментації?
15. На якому фізичному принципі засновано метод седиментаційного аналізу? З якою метою використовують ультрацентрифуги? Для яких систем застосовується седиментаційний аналіз у відцентровому полі, а для яких в гравітаційному?
16. Які сили діють на частинки, що осідають в процесі седиментації? Чому процеси дифузії та седиментації є конкуруючими?
17. Від чого залежить швидкість седиментації? Як можна прискорити седиментацію?
18. Що таке дифузійно-седиментаційна рівновага? Яким законом характеризується? В яких системах встановлюється седиментаційно-дифузійна рівновага?
19. В чому полягають відмінності структури поверхневого шару від структури внутрішнього об'єму? В чому причина виникнення надлишкової енергії поверхневого шару?
20. Надайте поняття поверхневого натягу як термодинамічної функції. Термодинамічний вираз для величини σ . Надайте силові та енергетичне визначення поверхневого натягу.
21. Пояснить, за рахунок чого виникає поверхневий натяг. Які сили відповідають за його виявлення?
22. Правило фаз Гіббса для дисперсних та наносистем. В чому різниця з класичним правилом фаз Гіббса?
23. Яка форма тіла є найбільш термодинамічно стійкою? Принцип Гіббса-Кюри. Принцип Гіббса-Кюри для рідини. Яка форма є термостабільною для монокристала? Константа Вульфа.
24. Керування ступенем дисперсності: як отримати ультрадисперсні системи, грубодисперсні, полі- та монодисперсні системи?

Частина 2:

1. В чому полягають особливості структури наноматеріалів?
2. В чому полягають особливості структури границь зерен в нанокристалічних матеріалах?

3. Від чого та як залежить об'ємна частка міжзеренного простору, границь зерен та потрійних стиків зерен в нанокристалічній речовині? На що впливає?
4. Розмірна залежність (розмірний ефект) фізико-хімічних властивостей дисперсних систем. Як змінюються властивості матеріалів при подрібненні?
5. Для яких розмірів елементів структури розмірна залежність властивостей дисперсних систем проявляється найбільш інтенсивно? Чому?
6. Чи змінюються властивості матеріалу зі збільшенням ступеню роздробленості і чому?
7. З чим пов'язані розмірні ефекти (залежності) в наносистемах? Чому виникають розмірні ефекти?
8. Розмірна залежність термодинамічних та термічних властивостей наноматеріалів.
9. Вплив розміру кристалітів на реакційну та дифузійну здатність і каталітичну активність наноматеріалів.
10. Вплив дисперсності на механічні властивості наноматеріалів: розмірна залежність характеристик міцності та пластичності.
11. Класифікація основних методів отримання дисперсних та наноматеріалів за структурою (розмір елементів структури, розорієнтуванням границь розділу)..
12. Які вимоги повинні забезпечити методи отримання порошків та методи їх компактування для забезпечення наноструктурного стану?
13. Порошкова технологія отримання ультрадисперсних та наноматеріалів. Методи отримання наноматеріалів: методи порошкової металургії.
14. Методи консолідації нанопорошків.
15. Методи високоенергетичного подрібнення (методи ІПД) для отримання нанокристалічної структури.
16. Методи отримання ультрадисперсних та наноматеріалів: методи інтенсивної пластичної деформації.
17. Методи отримання об'ємних нано- та субмікроструктурних матеріалів.
18. Методи та технології отримання НМ: методи поверхневої інтенсивної деформації особливості методів, особливості структури.
19. Технології отримання НМ: тонкоплівкові технології модифікування поверхні.
20. Які матеріали отримують контрольованою кристалізацією з аморфного стану?

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

1. Загальна характеристика дисперсних систем. Ознаки дисперсних систем, основні визначення, особливості. Наведіть приклади дисперсних систем.
2. Кількісні характеристики дисперсності.
3. Які характеристики є кількісною мірою роздрібненості речовини?
4. Надайте визначення дисперсності. Одиниці вимірювання.
5. Що таке площа питомої поверхні або «питома поверхня»? Яким чином визначається «питома поверхня», одиниці вимірювання?
6. Від чого залежить площа питомої поверхні? Як геометрія частинок
7. дисперсної фази впливає на площу питомої поверхні?
8. За якими основними ознаками можна провести класифікацію дисперсних систем?
9. Класифікація дисперсних систем за структурою. Надати приклади.
10. Класифікація дисперсних систем в залежності від розміру частинок дисперсної фази.
11. Класифікація дисперсних систем по виду (геометричної формі) дисперсної фази?
12. Класифікація дисперсних систем за агрегатним станом дисперсної фази та дисперсійного середовища. Чим обумовлено різноманіття дисперсних систем?
13. Скільки та яких комбінацій агрегатного стану дисперсної фази та дисперсійного середовища існує? Навести приклади.
14. Які методи диспергування матеріалів Ви знаєте?
15. Які властивості дисперсних систем відносять до молекулярно-кінетичних? Надайте їх характеристику.
16. Яка природа броунівського руху частинок? Як характеризувати інтенсивність броунівського руху частинок?
17. Надайте визначення дифузії. Чи є процес дифузії оборотним і яким чином можливо повернення системи у вихідний стан?
18. Що є рушійною силою процесу дифузії? Чим обумовлена дифузія? Який напрям має дифузія?
19. Фізична сутність коефіцієнту дифузії. Як розрахувати розмір частинок за коефіцієнтом дифузії?
20. Який зв'язок між середнім зсувом частинки та коефіцієнтом дифузії?
21. Надайте визначення седиментації. Коли відбувається седиментація? Як використовують явище седиментації?
22. На якому фізичному принципі засновано метод седиментаційного аналізу? З якою метою використовують ультрацентрифуги? Для яких систем застосовується седиментаційний аналіз у відцентровому полі, а для яких в гравітаційному?
23. Які сили діють на частинки, що осідають в процесі седиментації?
24. Чому процеси дифузії та седиментації є конкуруючими?
25. Від чого залежить швидкість седиментації? Як можна прискорити седиментацію?
26. Що таке дифузійно-седиментаційна рівновага? Яким законом характеризується? В яких системах встановлюється седиментаційно-дифузійна рівновага?
27. В чому полягають відмінності структури поверхневого шару від структури внутрішнього об'єму? В чому причина виникнення надлишкової енергії поверхневого шару?
28. Надайте поняття поверхневого натягу як термодинамічної функції. Термодинамічний вираз для величини σ .
29. Надайте силове та енергетичне визначення поверхневого натягу.
30. За рахунок чого виникає поверхневий натяг. Які сили відповідають за його виявлення?
31. Правило фаз Гіббса для дисперсних систем. В чому різниця з класичним правилом фаз Гіббса?
32. Яка форма тіла є найбільш термодинамічно стійкою? Принцип Гіббса-Кюрі.

33. Принцип Гіббса-Кюрі для рідини. Яка форма є термостабільною для монокристала? Константа Вульфа.
34. Керування ступенем дисперсності: як отримати ультрадисперсні та наносистеми, грубодисперсні, полі- та монодисперсні системи?
35. Загальна характеристика структури НМ та її особливості.
36. Особливості структури границь зерен в нанокристалічних матеріалах.
37. Від чого та як залежить об'ємна частка міжзеренного простору, границь зерен та потрійних стиків в нанокристалічній речовині? На що впливає?
38. Розмірна залежність (розмірний ефект) фізико-хімічних властивостей дисперсних систем. Як змінюються властивості матеріалів при подрібненні до нанорозмірів?
39. Для яких розмірів елементів структури розмірна залежність властивостей наносистем проявляється найбільш інтенсивно? Чому?
40. Чи змінюються властивості матеріалу зі збільшенням ступеню роздробленості і чому?
41. З чим пов'язані розмірні ефекти (залежності) в наносистемах?
42. Вплив дисперсності (розмірна залежність) на термічні властивості матеріалів.
43. Вплив розміру кристалітів на термодинамічні властивості матеріалів.
44. Вплив розміру кристалітів на реакційну та дифузійну здатність і каталітичну активність.
45. Вплив дисперсності на механічні властивості матеріалів: розмірна залежність характеристик міцності та пластичності.
46. Методи отримання наноматеріалів. Класифікація основних методів отримання дисперсних та наноматеріалів за структурою (розмір елементів структури, разорієнтуванням границь розділу)..
47. Які вимоги повинні забезпечити методи отримання порошків та методи їх компактування для забезпечення наноструктурного стану?
48. Порошкова технологія отримання ультрадисперсних та наноматеріалів. Методи отримання наноматеріалів: методи порошкової металургії.
49. Методи консолідації нанопорошків.
50. Методи високоенергетичного подрібнення (методи ІПД) для отримання нанокристалічної структури.
51. Методи отримання ультрадисперсних та наноматеріалів: методи інтенсивної пластичної деформації.
52. Методи отримання об'ємних нано- та субмікроструктурних матеріалів.
53. Методи та технології отримання НМ: методи поверхневої інтенсивної деформації особливості методів, особливості структури.
54. Технології отримання НМ: тонкоплівкові технології модифікування поверхні.
55. Які матеріали отримують контрольованою кристалізацією з аморфного стану?
56. В чому полягає комплексний підхід до дослідження дисперсних матеріалів. Методи дослідження структури наноматеріалів.
57. Призначення методів скануючої електронної мікроскопії (СЕМ)?
58. Які задачі вирішують спектральні методи дослідження (ВІМС ЕОС, РОР, ЯГР)?
59. Які задачі вирішують методами скануючої зондової мікроскопії (АСМ та СТМ)?
60. Які задачі вирішують методами польової іонної мікроскопії?
61. Призначення методів просвічувальної електронної мікроскопії (ПЕМ) та просвічувальної електронної мікроскопії високої роздільної здатності (ВРПЕМ).
62. Призначення методів рентгеноструктурного аналізу.
63. Які механічні характеристики наноматеріалів можна визначити методами індентування?