



# ФІЗИКА І ХІМІЯ НАНОСИСТЕМ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Освітньо-наукова програма Матеріалознавство</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ECTS / 150 годин, 36 годин лекцій, 18 годин практичних занять, 96 годин СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен / МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доктор технічних наук, професор, Юркова Олександра Іванівна, e-mail: yurkova2403@gmail.com Практичні: доктор технічних наук, професор, Юркова Олександра Іванівна, e-mail: yurkova2403@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;show&amp;irid=203924">https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;show&amp;irid=203924</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

*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 навчання. Цю дисципліну варто вчити для того, щоб стати конкурентоспроможним фахівцем. Отримання матеріалів/покривів 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.*

*Предмет дисципліни «Фізика і хімія наносистем» – вивчення особливостей впливу нанорозмірності та поверхневих явищ, що виникають на границі розділу фаз в наносистемах, на фізико-хімічні та механічні властивості порошкових і композиційних матеріалів і покривів 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.*

Метою викладання навчальної дисципліни є формування у студентів фахових компетентностей спеціальності таких як:

– 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.

#### **Програмні результати навчання:**

##### **студенти мають продемонструвати знання:**

- 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, термодинамічних параметрів 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 викладається в третьому семестрі підготовки за освітньою програмою підготовки магістрів з матеріалознавства. Для успішного засвоєння дисципліни, студент повинен володіти набором компетентностей бакалаврського рівня та знань і умінь набутих в результаті вивчення дисциплін «Інженерне матеріалознавство», «Наукові основи створення наноматеріалів».

Знання, що студент отримає під час вивчення дисципліни «Фізика і хімія наносистем», є підґрунтям для проведення науково-дослідних робіт, виконання магістерських дисертацій у підготовці за спеціальністю «Матеріалознавство».

**3. Зміст навчальної дисципліни**

Надається перелік розділів і тем всієї **дисципліни**.

Дисципліна – «Фізика і хімія наносистем» містить один змістовний модуль: «Фізика і хімія наносистем»

**Розділ 1. Характеристика дисперсних та наносистем.**

Тема 1.1. Вступ. Предмет та завдання курсу. Основні етапи розвитку науки про дисперсний стан речовини та наносистеми.

Тема 1.2. Загальна характеристика дисперсних систем. Дисперсний стан речовини. Основні поняття та визначення. Класифікація дисперсних систем.

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

Тема 2.1. Фізико-хімічні особливості наносистем. Роль об'єму та поверхні в фізико-хімічних властивостях дисперсних матеріалів. Енергетична та геометрична характеристики дисперсних систем. Правило фаз Гіббса для дисперсних систем. Молекулярно-кінетичні властивості наносистем, їх кількісна характеристика та залежність від дисперсності..

Тема 2.2. Стійкість дисперсних і наносистем та їх еволюція. Види стійкості дисперсних та наносистем. Седиментаційна стійкість.

### **Розділ 3. Наносистеми та особливості поверхневих явищ**

Тема 3.1. Наносистеми та особливості поверхневих явищ. Роль об'єму та поверхні в фізико-хімічних властивостях наноматеріалів. Термодинамічні параметри поверхневого шару.

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

### **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 розділу, 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.

Тема 5.3 Тонкоплівкові технології модифікування поверхні

### **Розділ 6. Діагностика наносистем**

Тема 6.1. Комплексний підхід до дослідження матеріалів. Атестація структури наноматеріалів. Методи дослідження структури наноматеріалів. Електронна мікроскопія, рентгеноструктурний аналіз та ін.

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**

### **4.1 Базова**

1. Маслюк В.А., Лобода П.І., Мініцький А.В. Фізико-хімічні основи поверхневих явищ в твердих дисперсних системах. Навчальний посібник. К.: НТУУ «КПІ», 2012.-212 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. Мchedalov-Петросян М.О. Колоїдна хімія: підручник [Текст] / М.О. Мchedalov-Петросян, В.І. Лебідь, О.М. Глазкова, О.В. Лебідь, за ред.. проф. М.О. Мchedalova-Петросяна. – 2-ге вид. випр.. і доп. – Х.: ХНУімені В.Н. Каразіна, 2012. – 500 с.

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.

### **4.2 Допоміжна**

5. Азаренков Н.А. Основы нанотехнологий и наноматериалов: учебное пособие [Текст] / Н.А. Азаренков, А.А. Веревкин, Г.П. Ковтун. – Харьков : ХНУ им. В.Н. Каразіна, 2009. – 69 с.

6. Неорганическое материаловедение [Текст]: энциклопед. изд: в 2-х т. / под ред. Г. Г. Гнесина, В.В. Скорохода. – Киев : Наукова думка, 2008. – 1152 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 практичних занять. Для окремих розділів доцільно створити електронний конспект.

## 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

### 5.1 Зміст лекційних занять

#### Розділ 1. Характеристика дисперсних та наносистем

*Лекція 1.* Вступ. Мета і завдання дисципліни. Виникнення та роль дисперсних матеріалів в історії еволюції людства. Історія формування галузі знань: основні етапи розвитку науки про дисперсний стан речовини. Стислий огляд основних питань курсу. *(електронна презентація)*

Література [1] – с. 3-11; [2] – с. 5-11; [5] - с. 7-17.

*Лекція 2.* Загальна характеристика дисперсних систем. Дисперсний стан речовини. Основні поняття та визначення науки про наносистеми. Дисперсні системи як сукупність дисперсної фази та дисперсійного середовища. Основні кількісні характеристики роздрібності речовини. *(електронна презентація)*

Література [1] с. 5-13; [4] с. 317-328; с. 342-346.

*Лекція 3.* Класифікація дисперсних систем. Характеристика полідисперсності. Методи одержання дисперсних систем. *(електронна презентація)*

Література [1] – с. 3-12; [2] – с. 12-30; 36; [3] с.102-111; [4] – с. 20-26. [4] – с. 12 – 18.

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

*Лекція 4.* Енергетична та геометрична характеристики дисперсних систем. Правило фаз Гіббса для дисперсних та наносистем. Молекулярно-кінетичні властивості наносистем, їх кількісна характеристика та залежність від дисперсності. *(електронна презентація)*

Дидактичні засоби – презентація

Література: [1] – с. 32 – 38; [2] – с. 15-25; [5] – с. 116-132

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

Література: [6] – с. 62 – 78;

#### Розділ 3. Наносистеми та особливості поверхневих явищ

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

Література: [1] – с. 42 – 58; [2] – с. 30-42; [3] – с. 39-55.

*Лекція 7.* Вплив дисперсності на фізико-хімічні властивості матеріалів: реакційну здатність, розчинність речовини, рівновагу хімічної реакції, температуру фазових переходів. Термодинаміка утворення нової фази. Кінетика утворення нової фази в системі “P – T”. Керування ступенем дисперсності. *(електронна презентація)*

Література: [2] – с. 80-92; [6] – с. 62- 78; 79-95.

**Тематична контрольна робота 1** (перелік питань на тематичну контрольну роботу у Додатку А).

#### Розділ 4. Особливості структурного стану та розмірні ефекти в наносистемах

*Лекція 8.* Загальна характеристика структурного стану наносистем. Класифікація наносистем. Елементи структури. *(електронна презентація)*

Література: [1] – с. 12 - 25; [2] – с.12-30; [3] – с.7-13; [5] – с. 116-132; 168-174.

*Лекція 9* Дефекти, поверхні розділу (граничі кристалітів, потрійні стики зерен), пограничні сегрегації, пори в наноматеріалах. Дислокації в малорозмірних об'єктах. Особливості структурного стану наноматеріалів. *(електронна презентація)*

Література: [1] – с. 25-33; [2] – с. 10-15; [4] - с. 116-132.

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

Література: [1] – с. 45 – 113; [2] – с. 19-30; [5] – с. 133-167.

## **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 (електронна презентація)*

Література: [1] – с. 114-143; [2] – с.79-85; [5] – с. 17-38; 46-51.

*Лекція 12. Особливості та специфічні вимоги щодо компактування нанопорошків.*

*(електронна презентація)*

Література: [1] – с. 114-143; [2] – с.79-85; [5] – с. 17-38; 46-51.

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

Література: [1] – с. 114-143; [2] – с.79-85; [5] – с. 17-38; 46-51.

*Лекція 14. Методи отримання наноматеріалів: Методи інтенсивної пластичної деформації. Контрольована кристалізація з аморфного стану. Технологія плівок і покриттів. (електронна презентація)*

Література: [2] – с. 88-90; [5] – с. 38-45; 57-61.

## **Тематична контрольна робота 2 (перелік питань на тематичну контрольну роботу у Додатку А)**

### **Розділ 6. Діагностика наносистем**

*Лекція 15. Комплексний підхід до дослідження наноматеріалів. Методи дослідження структури наносистем та наноматеріалів: рентгеноструктурний аналіз, електронна мікроскопія. (електронна презентація)*

Література: [1] – с. 181-185; [2] – с. 139-145; [5] – с. 94 – 100, 172 – 173;

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

Література: [1] – с. 181-185; [2] – с. 139-145; [6] – с. 94 – 100, 172 – 173, 199 – 201;

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

Література: [2] – с. 145-148.

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

Література: [1] – с. 186; [2] – с. –148-153; с. 171-180.

### **5.2 Перелік тем практичних занять**

1. *Характеристика дисперсних та наносистем. Основні кількісні характеристики роздрібненості речовини: Характеристичний розмір, дисперсність, питома поверхня. Взаємозв'язок питомої поверхні та дисперсності (4 години).*

2. *Молекулярно-кінетичні властивості наносистем: тепловий рух, дифузія та їх кількісні характеристики. (2 години).*

3. *Молекулярно-кінетичні властивості дисперсних систем: седиментація та її кількісні характеристики. Дифузійно-седиментаційна рівновага (2 години).*

4. *Поверхневі явища. Поверхнева енергія. Повна поверхнева енергія. (2 години).*

5. *Адгезія, змочування та розтікання. Крайовий кут змочування (2 години).*

6. *Вплив розміру зерна на мікродфекти в дисперсних матеріалах – об'єм границь зерен, потрібних стиків зерен, міжзеренного простору (2 години).*

7. *Розмірна залежність кінетичних (дифузійних) властивостей у наноматеріала (2 години).*

8. Розмірні ефекти в наноматеріалах: розмірна залежність кінетичних властивостей нанодисперсних матеріалів. Залежність ефективного коефіцієнту дифузії азоту та вуглецю в залізі від розміру зерна  $d$  та ширини границь зерен  $s$  (2 години).

9. Захист результатів практичної роботи №8. (2 год)

## 6. Самостійна робота студента

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

- самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем (35 годин);
- підготовці до 2-х тематичних контрольних робіт (4 години)
- підготовці до виконання практичних занять, яка полягає у написанні протоколу, аналізу одержаних результатів та формулюванні висновків – в розрахунку 1,5 години на 1 годину виконання практичних занять (27 годин);
- підготовці до підсумкової атестації – екзамену (30 годин).

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентами:

- Відвідування усіх практичних занять є обов'язковим.
- Завдання пропущеного практичного 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 практичних занять є наявність у студента написаного протоколу, який складається з: номерів та назви практичної роботи; мети практичної роботи; теоретичних відомостей, до яких включають основні визначення та умовні позначення. Перевірка правильності виконання завдань проводиться викладачем безпосередньо на занятті. Студенти можуть обробляти отримані на практичному занятті результати (виконувати розрахунки, аналіз одержаних результатів та формулювання висновків) самостійно вдома і надавати їх на перевірку викладачу на наступному занятті. За умови проведення практичних занять у дистанційному режимі оформлені протоколи практичних робіт із виконаними завданнями надсилаються викладачу для перевірки упродовж тижня після останнього заняття за відповідною темою.
- Результати виконаних практичних робіт оформлюються у вигляді звітів з застосуванням текстового редактора. Звіт супроводжується формулами, таблицями, графіками, елементами, які підтверджують виконання завдань та одержані результати. За дистанційної чи змішаної форми навчання звіт оформлюється в будь-якому текстовому редакторі і на перевірку надсилається на e-mail викладача. 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 тематичних контрольних робіт 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 ІМЗ ім. Є.О. Патона

- *Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – переважно використання програмного продукту та методик оптимального вибору для розв’язання реальних задач за тематикою власних наукових досліджень, курсового чи дипломного проектування. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 10 балів.*
- *Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Звіти з практичних 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>.*

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

### **Поточний контроль:**

- *Виконання та захист звітів з практичних робіт, усього максимально 40 балів (5 б. × 8), мінімально – 18 балів (3 б. × 8). Оцінюється самостійність виконання роботи, грамотність в оформленні та правильність виконання.*

*Критерії оцінювання та кількість балів за практичні 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 несамотійно, є помилки у розрахунках та оформленні, незадовільні відповіді на запитання – 2 бали і менше.*

*До кожної практичної 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 практичної роботи. Після чого викладач проводить ознайомлення студентів із алгоритмом проведення практичної роботи та студенти виконують її. У продовж тижня студенти дооформлюють протокол практичної роботи відповідно до вимог завдання і на наступному занятті її захищають*

- **МКР** розбита на 2 Тематичні контрольні роботи (ТКР), які проводяться у вигляді тестів на 7-му та 14-му навчальних тижнях. Максимальна оцінка за кожну ТКР 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 ТКР.*

- *повна відповідь – 5 балів;*
  - *неповна відповідь – 4 бали;*
  - *неповна відповідь з неточностями – 3 бали;*
  - *незадовільна відповідь – 2 бали. і менше*
- **Календарний контроль:** *проводиться двічі на семестр на 7-8 та 14-15 тижні, як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для позитивного першого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист практичних робіт № 1-3 (мінімальна позитивна оцінка 3 бали за кожну роботу, всього 9 балів за три роботи) та МКР № 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 практичних робіт №№ 4–7*



(мінімальна позитивна оцінка 12 балів за 4 роботи) та МКР № 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 від 30 балів до 50 балів за умови виконання усіх практичних робіт. Мінімальна кількість балів за видами робіт складає, відповідно:

- Тематичні контрольні роботи не менше 6 (ТРК № 1 не менше 3 балів; ТРК № 2 не менше 3 балів).
- Захист звітів з практичних 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:

- 14-15 балів – повна відповідь (не менше 95 % потрібної інформації), студент демонструє повні і глибокі знання навчального матеріалу;
- 11-13 балів – достатньо повна відповідь (не менше 80-85 % потрібної інформації), студент демонструє хороші знання навчального матеріалу;
- 9-10 балів – неповна відповідь (але не менше 60 % потрібної інформації), студент задовільно засвоїв теоретичний матеріал, але допускає суттєві неточності, щодо використання отриманих знань;
- менше 9 балів – незадовільна відповідь, 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, 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)

- *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 перерахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі практичні заняття). Можливість перерахування (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".*
- *Перелік питань на 1 та 2 тематичні контрольні роботи знаходиться в Додатку А*
- *Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (екзамен) знаходиться в Додатку Б.*
- *Практичні роботи плануються з максимальним використанням обладнання лабораторій 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.*

### 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 16 від 21.06.2023)

Погоджено:

Методичною комісією НН інституту матеріалознавства та зварювання імені Є.О.Патона  
(протокол № 12/23 від 28 червня 23 р.)

**ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ,  
які виносяться на тематичні контрольні роботи**

**Тематична контрольна робота 1:**

1. Загальна характеристика дисперсних систем. Ознаки дисперсних систем, основні визначення та особливості. Наведіть приклади дисперсних та наносистем.
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 за структурою. Надати приклади.
7. Класифікація дисперсних систем в залежності від розміру елементів частинок дисперсної фази.
8. Класифікація дисперсних систем по виду (геометричної формі) дисперсної фази?
9. Класифікація дисперсних систем за агрегатним станом дисперсної фази та дисперсійного середовища. Чим обумовлено різноманіття дисперсних систем?
10. Які методи диспергування матеріалів Ви знаєте?
11. Які властивості дисперсних та наносистем відносять до молекулярно-кінетичних? Надайте їх характеристику.
12. Яка природа броунівського руху частинок? Як характеризувати інтенсивність броунівського руху частинок?
13. 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?
14. Фізична сутність коефіцієнту дифузії. Як розрахувати розмір частинок за коефіцієнтом дифузії? Який зв'язок між середнім зсувом частинки та коефіцієнтом дифузії?
15. Надайте визначення седиментації. Коли відбувається седиментація? Як використовують явище седиментації?
16. 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?
17. Які сили діють на частинки, що осідають в процесі седиментації? Чому процеси дифузії та седиментації є конкуруючими?
18. Від чого залежить швидкість седиментації? Як можна прискорити седиментацію?
19. Що таке дифузійно-седиментаційна рівновага? Яким законом характеризується? В яких системах встановлюється седиментаційно-дифузійна рівновага?
20. В чому полягають відмінності структури поверхневого шару від структури внутрішнього об'єму? В чому причина виникнення надлишкової енергії поверхневого шару?
21. Надайте поняття поверхневого натягу як термодинамічної функції. Термодинамічний вираз для величини  $\sigma$ . Надайте силове та енергетичне визначення поверхневого натягу.
22. Поясніть, за рахунок чого виникає поверхневий натяг. Які сили відповідають за його виявлення?
23. Правило фаз Гіббса для дисперсних та наносистем. В чому різниця з класичним правилом фаз Гіббса?
24. Яка форма тіла є найбільш термодинамічно стійкою? Принцип Гіббса-Кюри. Принцип Гіббса-Кюри для рідини. Яка форма є термостабільною для монокристала? Константа Вульфа.
25. Керування ступенем дисперсності: як отримати ультрадисперсні та наносистеми, грубодисперсні, полі- та монодисперсні системи?

## **Тематична контрольна робота 2:**

1. Загальна характеристика структури наноматеріалів (НМ) та її особливості.
2. Особливості структури границь зерен в нанокристалічних матеріалах.
3. Від чого та як залежить об'ємна частка міжзеренного простору, границь зерен та потрібних стиків в нанокристалічній речовині? На що впливає?
4. Розмірна залежність (розмірний ефект) фізико-хімічних властивостей НМ. Як змінюються властивості матеріалів при подрібненні до нанорозмірів?
5. Для яких розмірів елементів структури розмірна залежність властивостей наносистем 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 в наносистемах?
8. Вплив дисперсності (розмірна залежність) на термічні властивості матеріалів.
9. Вплив розміру кристалітів на термодинамічні властивості НМ.
10. Вплив розміру кристалітів на реакційну та дифузійну здатність і каталітичну активність НМ.
11. Вплив дисперсності на механічні властивості матеріалів: розмірна залежність характеристик міцності та пластичності.
12. Методи отримання наноматеріалів. Класифікація основних методів отримання дисперсних та наноматеріалів за структурою (розмір елементів структури, розорієнтуванням границь розділу)..
13. Які вимоги повинні забезпечити методи отримання порошків та методи їх компактування для забезпечення наноструктурного стану?
14. Порошкова технологія отримання ультрадисперсних та наноматеріалів. Методи отримання наноматеріалів: методи порошкової металургії.
15. Методи консолідації нанопорошків.
16. Методи високоенергетичного подрібнення (методи ІПД) для отримання нанокристалічної структури.
17. Методи отримання ультрадисперсних та наноматеріалів: методи інтенсивної пластичної деформації.
18. Методи отримання об'ємних нано- та субмікроструктурних матеріалів.
19. Методи та технології отримання НМ: методи поверхневої інтенсивної деформації особливості методів, особливості структури.
20. Технології отримання НМ: тонкоплівкові технології модифікування поверхні.
21. 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 елементів 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 та наносистем відносять до молекулярно-кінетичних? Надайте їх характеристики.
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  $\sigma$ .
29. Надайте силове та енергетичне визначення поверхневого натягу.
30. Пояснить, за рахунок чого виникає поверхневий натяг. Які сили відповідають за його виявлення?
31. Правило фаз Гіббса для дисперсних та наносистем. 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 НМ. 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? Чому виникають розмірні ефекти в наносистемах?
42. Вплив дисперсності (розмірна залежність) на термічні властивості матеріалів.
43. Вплив розміру кристалітів на термодинамічні властивості НМ.
44. Вплив розміру кристалітів на реакційну та дифузійну здатність і каталітичну активність НМ.
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, розорієнтуванням 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 наноматеріалів. 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. Які задачі вирішують методами СЕМ?
62. Призначення методів просвічувальної електронної мікроскопії (ПЕМ) та просвічувальної електронної мікроскопії високої роздільної здатності (ВРПЕМ).
63. Призначення методів рентгеноструктурного аналізу.
64. Які механічні характеристики наноматеріалів можна визначити методами індентування?