



# ОСНОВИ НАНОТЕХНОЛОГІЙ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Денна (очна)/змішана/дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредитів ECTS / 120 годин: лекції – 36 год; лабораторні – 36 год; СРС – 48 год</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/ Модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<a href="http://roz.kpi.ua">http://roz.kpi.ua</a>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., професор, Рагуля Андрій Володимирович, e-mail:</i>
Розміщення курсу	<i>Campus</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

*Термін «нанотехнологія» вперше було виголошено японським фізиком Норіо Танігуїті в 1974 році, описуючи цим терміном процес створення об'єктів розміром в кілька нанометрів. Нанотехнології – це наука, інженерія та технології, що проводяться на нанорівні, що становить від 1 до 100 нанометрів. Нанотехнології розташовані на передньому краю різноманітних наукових, економічних та соціальних напрямків розвитку. Нанотехнології розвиваються за різними напрямками: це і створення матеріалів з ексклюзивними, 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*

## Основи нанотехнологій

не припиняється ані на день. Нанотехнології мають потенціал вирішити найбільші проблеми, з якими сьогодні зіткнувся світ.

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** викладання навчальної дисципліни є формування у студентів фахових компетентностей спеціальності таких 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 покривів 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 покривів з них для заданих умов експлуатації. з урахуванням вимог надійності, економічності, екологічної безпеки, а також сфер застосування.

Після вивчення дисципліни студенти мають продемонструвати такі **програмні результати навчання**:

**ПРН 1.** Володіти логікою та методологією наукового пізнання.

## Основи нанотехнологій

**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.

А також **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 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;

## Основи нанотехнологій

- 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)

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 отримує 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 наносистемах.

#### **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**

Тема 3.1. Комплексний підхід до дослідження матеріалів.

Тема 3.2. Атестація хімічного складу наноматеріалів.

Тема 3.3. Атестація механічних властивостей наноматеріалів.

#### **Розділ 4. Вуглецеві наноматеріали**

Тема 4.1. Вуглецеві наноматеріали.

Тема 4.2. Вуглецеві нанотрубки (ВНТ)

Тема 4.3. Графен.

Тема 4.4. Графеноподібні наноматеріали.

### 4. Навчальні матеріали та ресурси

#### **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>.

## Основи нанотехнологій

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](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 з фізики і хімії наносистем.

### Допоміжна:

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)

#### Лекційні заняття

##### Розділ 1. Фізичні основи нанотехнологій

Заняття 1. Вступ. 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. Основні поняття та визначення нанотехнологій. Розвиток і

## Основи нанотехнологій

перспективи наноіндустрії. Економічні, соціальні та екологічні наслідки розвитку нанотехнологій.

Заняття 2. 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.

Заняття 3. Особливості структурного стану наноматеріалів. Загальна характеристика структурного стану наноматеріалів. Структурні елементи. Дефекти, поверхні розділу (границі кристалітів, потрійні стики зерен), пограничні сегрегації, пори в наноматеріалах. Дислокації в малорозмірних об'єктах. Характеристика полідисперсності. Особливості структурного стану наноматеріалів, що забезпечують унікальність їх властивостей.

Заняття 4. Розмірні ефекти в наносистемах. Залежність властивостей наноматеріалів від розміру елементів структури. Розмірна залежність властивостей наноматеріалів (термічних, кінетичних, електричних, магнітних, оптичних, механічних).

### **Розділ 2. Методи та технології отримання наноматеріалів**

Заняття 5. 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).

Заняття 6. Продовження. 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).

Заняття 7. Особливості та специфічні вимоги щодо компактування нанопорошків. Методи 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).

Заняття 8. Методи інтенсивної пластичної деформації (ІПД). Методи об'ємної ІПД (рівноканальне кутове пресування (РККП), гвинтова екструзія, прокатка зі з'єднанням, знакозмінний вигин, всебічне кування, крутіння під високим тиском тощо). Методи поверхневої ІПД (розмелювання в кульовому млині; обробка дробом; силове точіння; високошвидкісне свердління; високошвидкісне тертя).

Заняття 9. Контрольована кристалізація з аморфного стану. Технологія плівок і покриттів фізичні методи осадження (PVD), так і хімічні методи (CVD) та їх варіанти.

Заняття 10. **Модульна контрольна робота.**

### **Розділ 3. Діагностика наносистем**

Заняття 11. Комплексний підхід до дослідження матеріалів. Атестація структури наноматеріалів. Методи дослідження структури наноматеріалів. Рентгеноструктурний аналіз Просвічувальна та скануюча електронна мікроскопія, польова іонна мікроскопія, скануюча зондова мікроскопія (СЗМ) – скануюча тунельна мікроскопія (СТМ), атомно-силова

## Основи нанотехнологій

мікроскопія (АСМ). Скануюча зондова літографія для зміни структури поверхні за допомогою СЗМ. СТМ-літографія, силова літографія

Заняття 12. Атестація хімічного складу наноматеріалів. Спектральні методи дослідження Методи хімічного аналізу. Метод вторинної іонної маспектрометрії (ВІМС), Оже-електронна спектроскопія (ОЕС) Спектроскопія Резерфордівського зворотного розсіювання, Мессбауерівська або Ядерна гамма резонансна (ЯГР) спектроскопія, Ядерна магнітно-резонансна спектроскопія (ЯМР спектроскопія).

Заняття 13. Атестація механічних властивостей наноматеріалів. Методи визначення комплексу механічних властивостей наноматеріалів на мікро- та нанорівні (методи ідентування). Визначення модуля Юнга, мікро- та нанотвердості, характеристики пластичності, границі пружності та границі плинності.

### **Розділ 4. Вуглецеві наноматеріали**

Заняття 14. Вуглецеві наноматеріали. Алотропні модифікації вуглецю (графіт, алмаз, карбін, лонсдейліт). Фулерени, історія відкриття, структура, властивості, методи отримання, застосування.

Заняття 15. нанотрубки (ВНТ). Історія відкриття, Структура, властивості, методи отримання, застосування ВНТ, в т.ч. в композитах.

Заняття 16. Графен. Історія відкриття, Структура, властивості, методи отримання, застосування графена. Похідні графену: оксид графену, графан та флюорографен (фторид графену) – структура, властивості, методи отримання, застосування.

Заняття 17. Графеноподібні наноматеріали: Фосфорен, силицен, германен, станен. структура, властивості, методи отримання, застосування.

Заняття 18. **Залік.**

### **Лабораторні заняття**

Заняття 1. Вступ. Організація очного/дистанційного навчання. РСО.

Заняття 2. **Лабораторна робота №1.** Дослідження можливості застосування методів порошкової металургії для виробництва наноматеріалів.

Заняття 3. **Лабораторна робота №1.** Дослідження можливості застосування методів порошкової металургії для виробництва наноматеріалів.

Заняття 4. **Лабораторна робота №2.** Дослідження структури та властивостей наноматеріалів отриманих методами рівно-канального кутового пресування та крутіння під тиском

Заняття 5. **Лабораторна робота №2.** Дослідження структури та властивостей наноматеріалів отриманих методами рівно-канального кутового пресування та крутіння під тиском

Заняття 6. **Лабораторна робота №3.** Термічне випаровування у вакуумі як технологія отримання наноструктур.

Заняття 7. **Лабораторна робота №3.** Термічне випаровування у вакуумі як технологія отримання наноструктур.

Заняття 8. **Лабораторна робота №4.** Дослідження структури та властивостей наноматеріалів, отриманих методами іонної обробки поверхні.

Заняття 9. **Лабораторна робота №4.** Дослідження структури та властивостей наноматеріалів, отриманих методами іонної обробки поверхні.

Заняття 10. **Лабораторна робота №5.** Дослідження стабільності структури та властивостей консолідованих наноматеріалів за високих температур.

Заняття 11. **Лабораторна робота №5.** Дослідження стабільності структури та властивостей консолідованих наноматеріалів за високих температур.

## Основи нанотехнологій

Заняття 12. **Лабораторна робота №6.** Визначення густини нанодисперсних порошкових матеріалів пікнометричним методом.

Заняття 13. **Лабораторна робота №6.** Визначення густини нанодисперсних порошкових матеріалів пікнометричним методом.

Заняття 14. **Лабораторна робота №7.** Експрес-визначення заряду частинок нанодисперсних систем.

Заняття 15. **Лабораторна робота №7.** Експрес-визначення заряду частинок нанодисперсних систем.

Заняття 16. **Лабораторна робота №8.** Вольтамперометричне дослідження нанодисперсних систем.

Заняття 17. **Лабораторна робота №8.** Вольтамперометричне дослідження нанодисперсних систем.

Заняття 18. Колоквіум.

### 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів (загальна тривалість 48 годин) з дисципліни полягає в

- опрацюванні літературних джерел для підготовки до лекційних занять – 20 годин;
- підготовка до лабораторних робіт – 18 годин;
- підготовці до модульної контрольної роботи – 4 години
- підготовці до семестрового контролю – заліку – 6 годин.

## Політика та контроль

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

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом/аспірантом:

- правила відвідування занять (як лекцій, так і практичних/лабораторних);

Відвідування занять є обов'язковим. Пропущене лекційне заняття студент повинен відпрацювати шляхом написання конспекту з кожної пропущеної теми, а пропущене лабораторне заняття студент повинен виконати в час, узгоджений з викладачем.

За дистанційної форми навчання заняття проводяться у он-лайн форматі.

- правила поведінки на заняттях (активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення телефонів, використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті тощо);

Під час усіх видів аудиторних занять забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі. правила захисту лабораторних робіт;

Звіти з лабораторних робіт зараховуються за умов присутності студента на лабораторних заняттях і наявності правильних письмових відповідей на запити викладача стосовно змісту лабораторних робіт.

- правила призначення заохочувальних та штрафних балів;

Викладач має задавати запитання по ходу лекцій і лабораторних робіт задля контролю засвоєння матеріалу, що викладається. В разі вдалих відповідей студент має право на заохочувальні бали, які позитивно впливають на рейтингову оцінку. Вдале запитання з боку студентів викладачеві також позитивно оцінюється. Викладач має пропонувати студентам прочитати цікаву наукову публікацію за темою курсу і коротко обговорити її зміст на лабораторному занятті. Студенти, що відгукуються на таку акцію мають право на



## Основи нанотехнологій

додаткові бали. В разі ініціювання студентом позалекційного обговорення цікавої публікації, він також додатково позитивно оцінюється. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 10 балів.

Штрафні бали нараховуються за несвоєчасно здані звіти з лабораторних робіт. За невдалі відповіді на запитання викладача протягом навчання штрафними балами не нараховуються.

- політика дедлайнів та перескладань;

Перескладання МКР проводиться за взаємною домовленістю студентів і викладача.

Перескладання екзамену проводиться під час додаткової сесії за положенням НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" відповідно до графіку перескладань оприлюдненому на сайті ІМЗ ім. Є. О. Патона.

- політика щодо академічної доброчесності;

Усі учасники освітнього процесу: викладачі і здобувачі в процесі 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:** лабораторні роботи, модульна контрольна робота (МКР).

**Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу.

**Семестровий контроль:** залік **Семестровий контроль:** залік.

### Поточний контроль

#### Лабораторні роботи

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.

За дистанційної форми навчання напередодні заняття студенти завантажують написаний відруки протокол до GoogleClassRoom для перевірки. На занятті студенти допускаються до тестів з теорії лабораторної роботи. Після чого викладач проводить презентацію online для ознайомлення студентів із обладнанням і алгоритмом проведення лабораторної роботи. В кінці лабораторної роботи студенти отримують доступ до результатів дослідження. У продовж тижня студенти оформляють протокол лабораторної роботи відповідно до вимог завдання і завантажують на перевірку до GoogleClassRoom.

За очної і дистанційної форми навчання кожна виконана і оформлена лабораторна робота оцінюється максимально у 100 балів за такими критеріями:

- підготовлений до лабораторної роботи протокол у відповідності до вимог – 10 балів;
- знання теорії лабораторної роботи – 30 балів;

## Основи нанотехнологій

- виконання лабораторної роботи, проведення розрахунків за результатами дослідження та їх обговорення – 50 балів;
- оформлення результатів відповідно до вимог і захист – 10 балів.

Штрафні бали призначаються за:

- відсутність протоколу – 10 балів;
- протокол, що не відповідає вимогам – 5 балів;
- несамоконтрольована робота на лабораторному занятті – 5 балів.

### Модульна контрольна робота.

Модульна контрольна робота проводиться на лекційному занятті. На виконання роботи відводиться 2 академічні години. Студенти за очної форми навчання отримують завдання, що складається із 2 теоретичних питань (Додаток А).

За дистанційної форми навчання студенти отримують доступ до тестового завдання GoogleForm на GoogleDisk, куди ж завантажують виконане завдання для перевірки.

Максимально МКР оцінюється у 100 балів. Мінімальною позитивною оцінкою є 60 балів.

### Календарний контроль

Календарний контроль проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу: щоб отримати позитивний результат у першому календарному контролі, необхідно мати позитивну оцінку за 1-3 лабораторні роботи, другого – позитивні оцінки за 4-7 лабораторні роботи та модульну контрольну роботу.

### Залік

Умовою допуску до заліку є виконання усіх лабораторних робіт та МКР.

Студенти, середня оцінка яких за завдання, що виконувались упродовж семестру склала 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, що складається з двох завдань, проводиться письмово, на написання відводиться 2 академічні години.

Відповідь на кожне з питань оцінюється у 50 балів за 100-бальною шкалою, відповідно:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90 % потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання);
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями);
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками);
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

Оцінка за відповідь знижується – за принципові помилки у відповіді на 15-10 балів, за неповну відповідь на 10-5 балів, за неправильне використання термінів на 5 балів.

## Основи нанотехнологій

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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)

- У випадку проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою курсу, що підтверджується відповідними сертифікатами, додатково нараховуються 10 балів.
- Перелік питань, які виносяться на модульну контрольну роботу знаходиться в Додатку А.
- Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль розміщено на Google Disk.

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

**Складено:** професором кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії, доктором технічних наук, професором, Юрковою Олександрою Іванівною

доктором технічних наук, професором, Рагулею Андрієм Володимировичем

**Ухвалено** кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 16 від 22 червня 2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 12/23 від 28 червня 2023 р.)

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

1. Що означає термін «нанотехнології» і у чому полягає значення нанотехнологій для науково-технічного прогресу.
2. Історія виникнення та розвитку наноматеріалів та нанотехнологій.
3. Пріоритетні напрямки розвитку наноматеріалів та нанотехнологій. Які основні напрямки нанотехнологій розвиваються в даний час? Наведіть приклади.
4. В чому полягає необхідність розробки нанотехнологій, наноматеріалів?
5. Наведіть найбільш значущі наукові відкриття при становленні нанотехнологій.
6. Що таке НМ та якими розмірами структурних елементів вони характеризуються та чому?
7. Класифікація наноматеріалів та їх особливі властивості.
8. Загальна характеристика структури наноматеріалів та її особливості у порівнянні зі звичайними полікристалічними матеріалами.
9. Границі розділу (границі зерен, потрійні стики зерен, міжзеренний простір) в наноматеріалах. Від чого та як залежить їх об'ємна частка?
10. Як Ви розумієте «Розмірний ефект», як він проявляється в НМ? Навести приклади.
11. Чому при зменшенні розмірів частинок, що складають об'єкт, змінюються його властивості? Наведіть приклади залежності властивостей матеріалів від розмірів наночастинок.
12. Вплив розміру частинок/кристалітів на реакційну та дифузійну здатність і каталітичну активність наноматеріалів.
13. Охарактеризуйте вплив розміру частинок/кристалітів на термодинамічні властивості наноматеріалів.
14. Охарактеризуйте вплив розміру частинок/кристалітів на механічні властивості наноматеріалів.
15. Охарактеризуйте вплив розміру кристалітів на електричні та магнітні властивості.
16. Два підходи до створення наноматеріалів: «з низу до верху» та «зверху до низу».
17. Методи отримання наноматеріалів. Класифікація основних методів отримання дисперсних та наноматеріалів за структурою (розмір елементів структури, розорієнтування границь зерен).
18. Які вимоги повинні забезпечити методи отримання порошків та методи їх компактування для забезпечення наноструктурного стану?
19. Порошкова технологія отримання наноматеріалів. Методи отримання наноматеріалів: методи порошкової металургії.
20. Методи консолідації нанопорошків та вимоги до них щодо збереження наноструктурного стану.
21. Методи високоенергетичного подрібнення (методи інтенсивної пластичної деформації) для отримання нанокристалічної структури.
22. Методи отримання ультрадисперсних та наноматеріалів: методи інтенсивної пластичної деформації.
23. Методи отримання об'ємних нано- та субмікроструктурних матеріалів.
24. Методи та технології отримання НМ: методи поверхневої інтенсивної деформації особливості методів, особливості структури.
25. Технології отримання НМ: тонкоплівкові технології модифікування поверхні.
26. Які матеріали отримують контрольованою кристалізацією з аморфного стану?