



# НАНОСТРУКТУРОВАНІ МАТЕРІАЛИ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### 1. 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>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/змішана/дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний 8 семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредитів ECTS/ 120 годин: лекції – 28 год; лабораторні заняття – 18 год; СРС – 74 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i>htth: // rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: старший викладач Руденький Сергій Олексійович, E-mail: ruserg@ukr.net</i> <i>Лабораторні: старший викладач Руденький Сергій Олексійович, E-mail: ruserg@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>Googleclassroom</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 наноматеріалів та нанотехнологій, поглибити професійну підготовку в межах спеціальності та освітньої програми, здобути додаткові результати навчання. 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 дослідницькій діяльності, так й у повсякденному житті.

**Предмет** дисципліни «Наноструктуровані матеріали» 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 урахуванням особливостей структури, розмірних ефектів та технології отримання.

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

- здатність до аналізу методів та технологій для створення наноматеріалів та виробів з заданими фізико-хімічними, механічними та експлуатаційними властивостями;
- здатність аналізувати вплив нанорозмірності 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, технології отримання, структури, розміру елементів структури для створення нових матеріалів з наперед заданими функціональними властивостями для певних умов експлуатації;
- здатність 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;

При цьому досягаються такі **програмні результати навчання**:

**Студенти мають продемонструвати 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.

**Студенти повинні уміти:**

- 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;
- 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.

- 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;
- 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)**

Навчальна дисципліна викладається у 8 семестрі підготовки за освітньою програмою підготовки бакалаврів з матеріалознавства. Дисципліни, знання з яких необхідні для успішного засвоєння дисципліни «Наноструктуровані матеріали»: фізика; хімія; фізична хімія; кристалографія, кристалохімія та мінералогія; фізика конденсованого стану; матеріалознавство тугоплавких матеріалів. Знання, що студент отримує під час вивчення дисципліни «Наноструктуровані матеріали», необхідні у підготовці кваліфікаційної роботи та забезпечують розширення інженерного кругозору в галузі матеріалознавства і формують інтегральну компетентність..

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліна – «Наноструктуровані матеріали» містить один змістовний модуль: «Наноструктурні матеріали»

### **Розділ 1 Консолідовані наноматеріали (НМ). Особливості наноструктури**

Тема 1.1 Вступ. Загальна характеристика наноструктур.

Тема 1.2 Зерна, шари, включення і пори в консолідованих наноматеріалах.

Тема 1.3 Дефекти, поверхні розділу, прикордонні сегрегації.

Тема 1.4 Структура полімерних, біологічних і вуглецевих наноматеріалів.

### **Розділ 2 Властивості наноматеріалів. Розмірні ефекти. Загальна характеристика.**

Тема 2.1 Вплив електронної будови на властивості наноматеріалів.

Тема 2.2 Фазові рівноваги і термодинаміка наносистем.

Тема 2.3 Фононний спектр і термічні властивості наноматеріалів.

Тема 2.4 Властивості типу провідності. Оптичні характеристики наноструктурних об'єктів.

Тема 2.5 Магнітні властивості наноматеріалів (НМ).

Тема 2.6 Механічні властивості наноструктурних матеріалів.

### **Розділ 3 Методи консолідації НМ. Основні прийоми.**

Тема 3.1 Методи консолідації НМ. Практика консолідації.

Тема 3.2 Наноструктурні плівки та покриття.

Тема 3.3 Технологія полімерних, пористих, трубчастих і біологічних матеріалів.

Тема 3.4 Вуглецеві наноматеріали. Матеріали з включенням фулеренів і вуглецевих нанотрубок.

## **Розділ 4 Види наноструктурних матеріалів та їх застосування.**

Тема 4.1 НМ конструкційного та функціонального призначення.

Тема 4.2 Пористі матеріали НМ і матеріали з спеціальними фізико-хімічними властивостями.

Тема 4.3 НМ з спеціальними фізичними властивостями.

Тема 4.4 Медичні та біологічні наноматеріали.

### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

#### **4.1 Базова**

1. Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури / Д. М. Заячук. – Львів : Львівська політехніка, 2009. – 580 с.
2. Ткач О. П. Наноматеріали і нанотехнології в приладобудуванні : навч. посібн. / О. П. Ткач. – Суми : СумДУ, 2014. – 126 с.
3. Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии : учебное пособие / Азаренков Н. А., Погребняк А. Д., Маликов Л. В., Турбин П. В. – Харьков : ХНУ им. В.Н. Каразина, 2009. – 209 с.
4. Рагуля А. В. Консолидированные наноструктурные материалы / Рагуля А. В., Скороход В. В. – Киев : Наукова думка, 2007. – 375 с.
5. Андриевский Р. А. Наноструктурные материалы / Р. А. Андриевский, А. В. Рагуля. – Москва : Академия, 2005. – 185 с.

Перераховані книги є у вільному доступі в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського і можуть бути використані для отримання базових знань з дисципліни “Наноструктурні матеріали”

#### **4.2 Допоміжна**

6. Проценко І. Ю. Основи матеріалознавства нанoeлектроніки: навч. посібн. / І. Ю. Проценко, Н. І. Шумакова. – Суми : СумДУ, 2004. – 108 с.
7. Скороход В. В. Фізико-хімічна кінетика в наноструктурних системах [Текст] / В. В. Скороход, И.В. Уварова., А.В. Рагуля. – Київ : Академперіодика, 2001. – 180 с.
8. Валиев Р.З. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией/ Р.З. Валиев, А.И. Александров. – Москва : Логос, 2000. – 272 с.
9. Нанослойные композиционные материалы и покрытия / А.П. Шпак, В.П. Майборода, Ю. А. Куницкий, С.Л. Рево. – Киев : Академперіодика, 2004. – 163 с.
10. Шпак А. П. Кластерные и наноструктурные материалы : в 2-х т. / Шпак А. П., Куницкий Ю. А., Карбовский В. Л. – Киев : Издательский дом «Академперіодика», 2001. – Том 1. – 588 с.
11. Шпак А. П. Кластерные и наноструктурные материалы : в 2-х т. / Шпак А. П., Куницкий Ю. А., Карбовский В. Л. – Киев : Издательский дом «Академперіодика», 2002. – Том 2. – 540 с.
12. Журавльов В.Н. Сплавы с термомеханической памятью и их применение в медицине / В. Н. Журавльов, В.Г. Пушин. – Екатеринбург : Уральское отделение РАН, 2000. – 150с.

Перераховані книги в основному є у вільному доступі в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Рекомендується ознайомитись зі змістом вказаних базових і додаткових джерел.

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

Інформація по матеріалу дисципліни «Наноструктуровані матеріали» (за розділами, темами) надається в основному лекційно і на лабораторних роботах, а також студенти більш глибоко вивчають матеріал дисципліни самостійно.

#### **Зміст лекційних занять:**

**Заняття 1.** Вступ. Історія виникнення нанотехнології та основні її поняття і терміни. Загальна характеристика. Класифікація консолідованих наноматеріалів. (презентація), [1], [5], [6];

**Заняття 2.** Зерна, шари, включення і пори в консолідованих наноматеріалах. Дефекти, поверхні розділу, прикордонні сегрегації. Дефекти в твердому тілі по Б.Я. Пінесу. Поняття петлі Франка-Ріда для характеристики поведінки дислокацій в малорозмірних об'єктах. (презентація) [1], [4], [5];

**Заняття 3.** Вплив електронної будови на властивості наноматеріалів. Квантові ефекти. Вплив збільшення кількості поверхневих атомів на зміну електронної будови в наноматеріалах. (презентація) [2], [5], [6].

Властивості типу провідності. Оптичні характеристики наноструктурних об'єктів. (презентація) [2], [5], [6];

**Заняття 4.** Фазові рівноваги і термодинамікананосистем. Вплив розміру кристалітів на поверхневий натяг в дисперсних матеріалах. Термодинаміка малих об'єктів. Температура фазових перетворень. (презентація)

Фононний спектр і термічні властивості. Теплоємність, теплове розширення, температура плавлення, ґратковаскладова теплопровідності тощо. (презентація) [2], [4], [5], [7];

**Заняття 5.** Магнітні властивості НМ. Вплив розмірного фактору на характеристики ферромагнетиків, сегнетоелектриків, сегнетоеластиків. Магніторезистивний ефект в багатошарових плівках. Магнітокалоричний ефект. (презентація) [10], [4], [5], [6];

**Заняття 6.** Механічні властивості НМ. Вплив розміру зерна на твердість (міцність) наноматеріалів. Закон Холла-Петча в наноматеріалах. Пластичність і пружні характеристики наноструктур. Особливості деформаційних процесів. (презентація) [4], [5], [6];

#### **Заняття 7. Модульна контрольна робота (МКР).**

**Заняття 8.** Сучасні методи швидкої консолідації нанодисперсних порошків. Практика консолідації. Традиційне спікання. Спікання під високим тиском. Гаряче пресування. Спікання ковкою. Мікрохвильове спікання. Селективне лазерне спікання. (презентація)[5], [6], [8];

**Заняття 9.** Наноструктурні плівки та покриття. Фізичні і хімічні методи осадження плівок і покриттів. Електроосадження і його особливості. Інші прийоми. Газотермічний метод напилення наноструктурних покриттів. (презентація)[2], [4], [9];

**Заняття 10.** Структура полімерних, біологічних і вуглецевих наноматеріалів. Нанополімерні, супрамолекулярні, нанобіологічні і нанопористі структури. Тутулярні і цибулясті структури [5], [6].

Технологія полімерних, пористих, трубчастих і біологічних матеріалів. Полімернеорганічні і полімер-органічні композити. Нанопористі матеріали. Трубчасті матеріали. Полімерні матеріали. Матеріали, отримані методом "самозборки". (презентація)[1], [4], [5];

**Заняття 11.** НМ конструкційного, функціонального та тріботехнічногопризначення. Загальна характеристика. Наноструктурні карбідні,

нітридні і боридні плівки. Багатошарові покриття. Плівкові матеріали для аерокосмічних технологій. Композити на основі полімерних матриць. (презентація) [1], [5], [6], [9];

**Заняття 12.** Матеріали з спеціальними фізико-хімічними властивостями. Пористі матеріали НМ. Каталітичні і фотокаталітичні матеріали. Матеріали акумуляторів водню (презентація)[1], [4], [6];

**Заняття 13.** Матеріали з спеціальними фізичними властивостями. Магнітні матеріали. Провідні матеріали і ізолятори. Напівпровідники. Вуглецеві матеріали в електронній техніці. Ядерні матеріали. (презентація)[1], [4], [5];

**Заняття 14.** Медичні та біологічні наноматеріали. Матеріали з пам'яттю форми. Синтетичні імплантати. Покриття на імплантатах. Нанотехнологічні підходи при переносі ліків генів. (презентація)[1], [4], [5]; [11];

### **Лабораторні роботи**

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

**Заняття 2.** Кріохімічна технологія отримання нанопорошків оксидів.

**Заняття 3.** Визначення розміру частинок порошоків методом лазерної дифракції.

**Заняття 4.** Методи визначення розміру зерен та ОКР.

**Заняття 5.** Основні методи дослідження наноматеріалів.

**Заняття 6.** Вимірювання питомої поверхні порошоків методом BET.

**Заняття 7.** Отримання нанопористих анодних плівок оксиду алюмінію.

**Заняття 8.** Визначення діелектричної проникності матеріалів.

**Заняття 9.** Залік

## **6. Самостійна робота студента**

Самостійна робота студентів (загальною тривалістю 74 годин) з дисципліни включає такі види робіт:

- самостійне опрацювання літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем – в розрахунку 1 годин на 1 годину лекційного заняття – 28 годин;
- підготовці до виконання лабораторних занять, аналізу одержаних результатів та формулюванні висновків розрахунку 2 години на 1 годину виконання лабораторних занять – 36 годин;
- підготовка до МКР - 4 годин;
- підготовці до підсумкової атестації – залік - 6 годин.

## 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентами:

- Перескладання заліку 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.
- 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:

- Експрес-опитування на лекційних заняттях – максимум 1 бал, всього 5 балів.
- Тематична модульна контрольна робота (МКР), що проводиться на 7-му навчальному тижні. Відповідь на перше питання оцінюється максимально 10 балами, а на 2 і 3 питання – максимально відповідно по 18 і 12 балів. Мінімальна оцінка 20 балів за контрольну. Всього за контрольну максимально 40 балів.

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

Календарний контроль проводиться на 7-8 тижнях та на 14-15 тижнях семестру навчання. Для позитивного оцінювання 1-го календарного контролю студенту необхідно отримати мінімум 15 балів за лабораторні роботи №1 і №2 та 20 балів за МКР. Для позитивного оцінювання 2-го календарного контролю студенту необхідно отримати мінімум 20 балів за лабораторні роботи №3, №4, №5.

### Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг не менше 60 балів за експрес-опитування на лекційних заняттях, умови виконання усіх лабораторних робіт та тематичної МКР.

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

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

Залікова контрольна робота проводиться у вигляді письмового опитування; завдання включає 3 теоретичних питань зі списку Додатку Б; на підготовку виділяється 1 академічна година.

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

- Питання 1- 25 балів;
- Питання 2– 40 балів;

- Питання 3- 35 бали.

Оцінка за відповідь знижується - за принципові помилки у відповіді на 7-5 балів, за неповну відповідь на 5-4 балів, за неправильне використання термінів на 3 бали.

Після оцінювання відповідей на заліку (виконання залікової контрольної роботи) підсумовуються бали за залік, 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)**

9.1. Особливості навчання за змішаною або дистанційною формою, пов'язані з дотриманням протиепідемічних заходів або воєнного стану введених державними або місцевими органами влади та/або адміністрацією університету. Викладання дисципліни за змішаною або дистанційною формою навчання здійснюється з застосуванням платформи *google.classroom* та середовища *google.meet*. Лекційні заняття проводяться в *on-line* режимі. Темі лекційних занять, демонстраційний матеріал у вигляді презентацій з текстовими коментарями, контрольні запитання надаються студентам заздалегідь. Лекційний час використовується у співвідношенні 1:1 відносно аудиторної форми. Студентам рекомендується для участі у заняттях в середовищі *google.meet* використовувати персональний комп'ютер чи планшет, з розміром екрану не менше 10". Відеокамери комп'ютерів мають бути увімкнені, мікрофони вимкнено. Студент застосовує мікрофон для відповіді на запитання викладача та для того, щоб задати запитання. Заняття проходять із застосуванням власних засобів комп'ютерної техніки студентів. *Online* підключення необхідне на початку заняття для одержання допуску до виконання та одержання завдання. Викладач відповідає на запитання студентів одержані як із сеансу *google.meet* (голосом або через чат) так і через інші засоби електронного зв'язку. Контрольні заходи проводяться у *on-line* режимі.

9.2. Зарахування результатів проходження дистанційних курсів. Враховуючи сучасний розвиток систем дистанційної освіти і різноманітність курсів, що пропонуються провідними університетами світу, студенти можуть оволодіти знаннями з окремих розділів навчальної дисципліни з використанням сервісів *edx.org*, *coursera.org* або *prometeus.org.ua*. Умови зарахування результатів проходження дистанційного навчання визначаються в індивідуальному порядку. Студент, що бажає зарахувати результати дистанційного навчання, має звернутись до викладача з інформацією про дистанційний курс та власні побажання щодо його перезарахування. Рішення про перезарахування може



бути прийнято в будь-який час, до проведення підрахунку семестрового рейтингу і не може бути відмінене.

У випадку проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою курсу, що підтверджується відповідними сертифікатами, додатково нараховуються 10 балів.

- Перелік питань для тематичних контрольних робіт знаходиться в Додатку А;
- Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль залік знаходиться в Додатку Б;
- Лабораторні роботи плануються з максимальним використанням обладнання лабораторій ЦККНО «Матеріалознавство тугоплавких сполук та композитів» в структурі НН ІМЗ ім. Є. О. Патона, яке застосовується при одержанні та дослідженні широкого спектру порошкових, композиційних матеріалів та покриттів.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено:** старший викладач каф. Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії  
**Руденький Сергій Олексійович**

**Ухвалено:** кафедрою високотемпературних матеріалів та порошкової металургії  
(протокол № 9 від 14.02.2025р.)

**Погоджено:** Методичною комісією навчально-наукового Інституту матеріалознавства та зварювання імені Є.О.Патона(протокол № 6/25 від 19.02.2025р.)

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

1. Як можна визначити поняття нанотехнологія і нанонаука?
2. У чому полягає міждисциплінарність нанотехнології як напрямку і її значення для науково-технічного прогресу?
3. Наведіть пріоритетні напрямки розвитку нанотехнології, нанонауки та наноматеріалів.
4. Який зв'язок наноструктурного матеріалознавства із суміжними науками?
5. Охарактеризуйте основні різновиди наноматеріалів.
6. Охарактеризуйте основні типи розподілу кристалів за розмірами.
7. Якими розмірами зерен (шарів, включень, пор) характеризуються наноматеріали?
8. Який зв'язок між структурою і властивостями в наноматеріалах?
9. Класифікація консолідованих наноматеріалів.
10. Як впливають поверхні розділу (міжзерені межі і потрійні стики) на розмір зерен і властивості наноматеріалів.
11. Які особливості прояву розмірних ефектів в наноматеріалах?
12. Основні методи отримання консолідованих наноматеріалів.
13. Охарактеризуйте класифікацію консолідованих наноматеріалів по методах виготовлення і типах структури.
14. Які фактори визначають ширину рентгеновських піків елементів структури?
15. Що виявляє високої роздільної здатності просвітлююча мікроскопія при вивченні мікростуринаноматеріалів?
16. Охарактеризуйте основні механізми росту плівок в наноструктурах.
17. Опишіть основні типи дефектів в наноматеріалах.
18. Які особливості поверхонь розділу в наноматеріалах?
19. Переваги і недоліки методу просвітлюючої електронної мікроскопії при діагностиці наноматеріалів.
20. Переваги і недоліки методів рентгеноструктурного аналізу при діагностиці наноматеріалів.
21. Чи можуть нанокристали бути бездефектними?
22. Перерахуйте основні типи консолідованих наноматеріалів.
23. В чому полягають основні особливості методів консолідації наноматеріалів.
24. Охарактеризуйте рушійні сили спікання (консолідації)
25. У чому полягає особливість зростання нанозерен?
26. У чому структурна особливість тонких плівок (ТП)?
27. Охарактеризуйте основні чинники, що визначають властивості плівок. Области їх застосування.
28. Наведіть приклади застосування плівкових наноконкомпозитів.
29. Як формуються гетероструктури з квантовими точками?
30. Нанополімерні, супрамолекулярні, нанобіологічні і нанопористі структури наноматеріалів.
31. У чому особливості магнітних властивостей наноматеріалів?
32. Вплив зеренної будови на намагніченість і магнітні властивості наноматеріалів.
33. Які особливості прояву розмірних ефектів в наноматеріалах? Охарактеризуйте спільність поведінки ферроіков.
34. Види наносегнетоелектриків, їх застосування.
35. Механічні властивості наноструктурних матеріалів.
36. Механічні властивості композиційних і багатозернових ТП.

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

**Розділ 1 Консолідовані наноматеріали (НМ). Особливості наноструктури**

1. Як можна визначити поняття нанотехнологія і нанонаука?
2. У чому полягає міждисциплінарність цих напрямків і їх значення для науково-технічного прогресу?
3. Перерахуйте основні віхи розвитку нанотехнології, нанонауки та наноматеріалів.
4. Який зв'язок наноструктурного матеріалознавства із суміжними науками?
5. Охарактеризуйте основні різновиди наноматеріалів.

**Розділ 2 Властивості наноматеріалів. Розмірні ефекти. Загальна характеристика.**

6. Якими розмірами зерен (шарів, включень, пор) характеризуються наноматеріали?
7. Який зв'язок між структурою і властивостями в наноматеріалах?
8. Класифікація консолідованих наноматеріалів.
9. Як впливають поверхні розділу (міжзерені межі і потрійні стики) на розмір зерен і властивості наноматеріалів.
10. Які особливості прояву розмірних ефектів в наноматеріалах?
11. Вплив зеренної будови на намагніченість і магнітні властивості наноматеріалів.
12. Які фактори визначають ширину рентгеновських піків елементів структури?
13. Що виявляє високої роздільної здатності просвітлююча мікроскопія?
14. Переваги і недоліки методу просвітлюючої електронної мікроскопії при діагностиці наноматеріалів.
15. Переваги і недоліки методу рентгеноструктурного аналізу при діагностиці наноматеріалів.
16. Охарактеризуйте основні типи розподілу кристалів за розмірами.
17. Опишіть основні типи дефектів в наноматеріалах.
18. Які особливості поверхонь розділу в наноматеріалах?
19. Порівняйте переваги і недоліки методів просвітлюючої електронної мікроскопії і рентгеноструктурного аналізу?
20. Чи можуть нанокристали бути бездефектними?
21. Які особливості прояву розмірних ефектів в наноматеріалах? Охарактеризуйте спільність поведінки ферроіонів.
22. У чому особливості магнітних властивостей наноматеріалів?
23. Наведіть приклади механічних властивостей композиційних і багатошарових ТП.

**Розділ 3 Методи консолідації наноструктурних матеріалів (НСМ)**

24. Перерахуйте основні типи консолідованих наноматеріалів.
25. Наведіть формулу Томсона і охарактеризуйте з допомогою неї фізико-хімічні особливості спікання наноматеріалів.
26. Порошкові технології консолідованих наноматеріалів.
27. Вплив інтенсивної пластичної деформації на консолідацію наноматеріалів?
28. Охарактеризуйте рушійні сили спікання (консолідації)
29. Охарактеризуйте механізми консолідації наночастинок.
30. Кінетика спікання нанопорошків в твердій фазі.
31. У чому полягає особливість зростання нанозерен?
32. Особливості спікання з контрольованою швидкістю ущільнення.

33. Сучасні методи швидкої консолідації нанодисперсних порошків.
34. Спікання під високим тиском і гаряче пресування. Охарактеризуйте основні особливості методів.
35. У чому структурна особливість тонких плівок (ТП) нанорозмірного рівня ?
36. Які ви знаєте способи отримання ТП ?
37. Охарактеризуйте основні чинники, що визначають властивості плівок.
38. Охарактеризуйте основні шляхи використання наноматеріалів в машинобудуванні.
39. В чому полягають труднощі застосування конструкційних порошкових консолідованих наноматеріалів?
40. Охарактеризуйте отримання наноматеріалів методами інтенсивної пластичної деформації і контролюємої кристалізації із аморфного стану.
41. Охарактеризуйте методи отримання вуглецевих наноструктур.

**Розділ 4 Види наноструктурних матеріалів та їх застосування.**

42. Наведіть приклади застосування плівкових нанокомпозитів.
43. В чому полягають труднощі застосування порошкових консолідованих наноматеріалів?
44. Інструменталні матеріали з застосуванням нанокомпозитів.
45. Наноматеріали з спеціальними фізичними властивостями.
46. Вуглецеві матеріали в електронній техніці.
47. Основні області застосування магнітних наноматеріалів.
48. Основні області застосування нанопористих матеріалів.
49. Види наносегнетоелектриків, їх застосування.
50. Охарактеризуйте основні шляхи використання наноматеріалів в медицині.
51. В чому полягають труднощі застосування порошкових консолідованих наноматеріалів в медицині?