



# Нанотехнології в зварюванні та споріднених процесах

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Рівень вищої освіти                               | Перший (бакалаврський)                                                                                                                                                                                                                                        |
| Галузь знань                                      | 13 Механічна інженерія                                                                                                                                                                                                                                        |
| Спеціальність                                     | 131 Прикладна механіка                                                                                                                                                                                                                                        |
| Освітня програма                                  | Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій                                                                                                                                                                                                     |
| Статус дисципліни                                 | Вибіркова                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Форма навчання                                    | Заочна                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Рік підготовки,<br>семестр                        | 4 курс, 8 весняний семестр                                                                                                                                                                                                                                    |
| Обсяг дисципліни                                  | 120 години / 4 кредити ECTS<br>Лекції - 6 год.; Лабораторні роботи - 4 год.; СРС - 110 год.                                                                                                                                                                   |
| Семестровий<br>контроль/<br>контрольні заходи     | Залік/ МКР/ДКР                                                                                                                                                                                                                                                |
| Розклад занять                                    | <a href="http://schedule.kpi.ua">schedule.kpi.ua</a>                                                                                                                                                                                                          |
| Мова викладання                                   | Українська                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Інформація про<br>керівника курсу /<br>викладачів | Лектор: д.т.н., професор Смирнов Ігор Володимирович,<br><a href="mailto:smirnovkpi@gmail.com">smirnovkpi@gmail.com</a><br>Практичні, лабораторні: к.т.н., доцент Чорний Андрій<br>Вячеславович,<br><a href="mailto:Black803@gmail.com">Black803@gmail.com</a> |
| Розміщення курсу                                  | Лекції з дисципліни і методичні вказівки до практичних та лабораторних занять висилаються кожному студенту по електронній пошті. Контрольні примірники передаються методисту кафедри для збереження в електронній бібліотеці кафедри.                         |

### Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна "Нанотехнології в зварюванні та споріднених процесах" розроблена відповідно до освітньої програми підготовки бакалавра "Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій".

**Мета** дисципліни - формування у студентів системи знань щодо властивостей та різновидів наноматеріалів і нанотехнологій які застосовуються в зварюванні та споріднених процесах для підвищення функціональних характеристик деталей машин та конструкцій.

**Предмет** дисципліни – технології зварювання та споріднених процесів з застосуванням наноматеріалів та їх фізико-механічні властивості.

Вивчення освітнього компоненту передбачає підсилення та розвиток у студентів компетентностей, передбачених освітньою програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

**Компетентності:**

**Загальні компетентності:**

ЗК 2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 3. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми

ЗК 7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями

ЗК 12. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел ()

**Фахові компетентності:**

ФК1. Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки

ФК3. Здатність проводити технологічну і техніко-економічну оцінку ефективності використання нових технологій і технічних засобів.

ФК4. Здатність здійснювати оптимальний вибір технологічного обладнання, комплектацію технічних комплексів, мати базові уявлення про правила їх експлуатації

ФК10. Здатність описувати та класифікувати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні основних механічних теорій та практик, а також базових знаннях суміжних наук.

**Програмні результати навчання**

РН 2. Використовувати знання теоретичних основ механіки рідин і газів, теплотехніки та електротехніки для вирішення професійних завдань;

РН 9. Знати та розуміти суміжні галузі (механіку рідин і газів, теплотехніку, електротехніку, електроніку) і вміти виявляти міждисциплінарні зв'язки прикладної механіки на рівні, необхідному для виконання інших вимог освітньої програми;

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

**Для успішного засвоєння дисципліни «Нанотехнології в зварюванні та споріднених процесах» студент повинен мати базові знання з дисциплін:**

- ПО 3 Хімія;
- ПО 5.2 Загальна фізика. Частина 2. Електрика і магнетизм;
- ПО 4 Технологія конструкційних матеріалів;
- ПО 7 Матеріалознавство;

**Знання, отримані при вивченні даної дисципліни використовуються студентами під час підготовки курсових проектів і робіт та кваліфікаційних робіт бакалаврів.**

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

**Розділ 1. Класифікація, будова та властивості наноструктурних матеріалів**

ТЕМА 1. Основні поняття та визначення. Принципи класифікації нано матеріалів. Особливості речовини наносистем. Структурні особливості наноматеріалів. Фізичні властивості наноматеріалів. Хімічні властивості наноматеріалів. Механічні властивості наноматеріалів.

## Розділ 2. Нанопорошки та вуглецеві наноструктури. Об'ємні наноматеріали

ТЕМА 2. Особливості структури і властивостей нанопорошків. Основні методи отримання нанопорошків. Фулерен як нова алотропна форма вуглецю. Основні методи отримання фулеренів. Вуглецеві нанотрубки. Об'ємні наноматеріали, які отримують інтенсивною пластичною деформацією (ІПД). Основні методи формування наноструктурних покриттів. Методи фізичного осадження з парової фази (PVD). Методи хімічного осадження з парової фази (CVD). Багатошарові покриття

## Розділ 3. Застосування наноматеріалів та нанотехнології в зварюванні та споріднених процесах

ТЕМА 3. Зварювання спеціальних сталей з застосуванням наноматеріалів. Способи наплавлення з застосуванням наноматеріалів. Наноструктурні покриття. Наноккомпозити. Конструкційні та функціональні наноструктурні матеріали. Інструментальні наноматеріали.

### 4. Навчальні матеріали та ресурси

#### Базова література:

1. *Наноматеріалознавство і нанотехнології / Кондир А.І. – Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки. – 2016. – 452 с.*
2. *Наноматеріали і нанотехнології: навчальний посібник / Азарєнков М. О., Неклюдов І. М., Береснєв В. М. та інш. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна. – 2014. – 316 с.*

#### Додаткова література:

- 1) *Нанотехнології у зварюванні низьколегованих високоміцних сталей: монографія / В.В. Головка, В.Д. Кузнецов, С.К. Фомічов, П.І. Лобода. – Київ: НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2016. – 240 с.*
- 2) *Введение в нанотехнологии: текст лекций для студентов инженерных специальностей дневной и заочной форм обучения / А.И. Грабченко, Л.И. Пупань, Л.Л. Товажнянский. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2012. – 272 с.*

### Навчальний контент

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

Навчальний матеріал освітнього компоненту викладається на заняттях згідно зі наступною структурою (табл. 1).

Табл. 1. Структура викладання освітнього компоненту

| Назви розділів і тем                                                     | Кількість годин |              |               |             |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|---------------|-------------|-----|
|                                                                          | Всього          | у тому числі |               |             |     |
|                                                                          |                 | Лек.         | Прак. заняття | Лаб. роботи | СРС |
| Розділ 1. Класифікація, будова та властивості наноструктурних матеріалів |                 |              |               |             |     |

| Назви розділів і тем                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Кількість годин |              |               |             |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|---------------|-------------|-----|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Всього          | у тому числі |               |             |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                 | Лек.         | Прак. заняття | Лаб. роботи | СРС |
| ТЕМА 1. Основні поняття та визначення. Принципи класифікації нано матеріалів. Особливості речовини наносистем. Структурні особливості наноматеріалів. Фізичні властивості наноматеріалів. Хімічні властивості наноматеріалів. Механічні властивості наноматеріалів.                                                                                                                                                                                              | 28              | 2            |               |             | 26  |
| Розділ 2. Нанопорошки та вуглецеві наноструктури. Об'ємні наноматеріали                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                 |              |               |             |     |
| ТЕМА 2. Особливості структури і властивостей нанопорошків. Основні методи отримання нанопорошків. Фулерен як нова алотропна форма вуглецю. Основні методи отримання фулеренів. Вуглецеві нанотрубки. Об'ємні наноматеріали, які отримують інтенсивною пластичною деформацією (ІПД). Основні методи формування наноструктурних покриттів. Методи фізичного осадження з парової фази (PVD). Методи хімічного осадження з парової фази (CVD). Багатошарові покриття | 36              | 2            |               | 2           | 32  |
| Розділ 3. Застосування наноматеріалів та нанотехнології в зварюванні та споріднених процесах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                 |              |               |             |     |
| ТЕМА 3. Зварювання спеціальних сталей з застосуванням наноматеріалів. Способи наплавлення з застосуванням наноматеріалів. Наноструктурні покриття. Нанокompозити. Конструкційні та функціональні наноструктурні матеріали. Інструментальні наноматеріали.                                                                                                                                                                                                        | 36              | 2            |               | 2           | 32  |
| Залік                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 6               |              |               |             | 6   |
| МКР                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 4               |              |               |             | 4   |
| ДКР                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 10              |              |               |             | 10  |
| Всього годин                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 120             | 6            |               | 4           | 110 |

### 5.1 Лекційні заняття

Розділ 1. Класифікація, будова та властивості наноструктурних матеріалів  
ТЕМА 1.

**Лекція 1** Основні поняття та визначення. Принципи класифікації нано матеріалів. Особливості речовини наносистем. Структурні особливості наноматеріалів. Фізичні властивості наноматеріалів. Хімічні властивості наноматеріалів. Механічні властивості наноматеріалів.

Розділ 2. Нанопорошки та вуглецеві наноструктури. Об'ємні наноматеріали  
ТЕМА 2.

**Лекція 2.** Особливості структури і властивостей нанопорошків. Основні методи отримання нанопорошків. Фулерен як нова алотропна форма вуглецю. Основні методи отримання фулеренів. Вуглецеві нанотрубки. Об'ємні наноматеріали, які отримують інтенсивною

пластичною деформацією (ІПД). Основні методи формування наноструктурних покриттів. Методи фізичного осадження з парової фази (PVD). Методи хімічного осадження з парової фази (CVD). Багатошарові покриття

Розділ 3. Застосування наноматеріалів та нанотехнології в зварюванні та споріднених процесах

ТЕМА 3.

**Лекція 3.** Зварювання спеціальних сталей з застосуванням наноматеріалів. Способи наплавлення з застосуванням наноматеріалів. Наноструктурні покриття. Нанокompозити. Конструкційні та функціональні наноструктурні матеріали. Інструментальні наноматеріали.

### **Лабораторна робота №1**

Вивчення будови та принципу роботи планетарного млина – 2 год

### **Лабораторна робота №2**

Нанесення нанорозмірних плівок за допомогою ВКНП – 2 год

## **6. Самостійна робота студента**

*Види самостійної роботи:*

- 6.1. Підготовка до лекцій – 2 година на кожну лекцію (всього –  $2 \times 3 = 6$  год.)
- 6.2. Підготовка до лабораторних робіт, обробка і оформлення даних, отриманих при їх виконанні – 2 години на кожну лабораторну роботу (всього –  $2 \times 2 = 4$  год.).
- 6.3. Виконання домашньої контрольної роботи -10 год.
- 6.6. Підготовка до модульної контрольної роботи – 4 год.
- 6.7. Підготовка до заліку – 6 год.

6.5 Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання

- 1. Нанопорошки. Особливості структури і властивостей. Основні методи отримання. Застосування нанопорошків – 8 год.
- 2. Вуглецеві наноструктури. Алотропні форми вуглецю. Фулерен як нова алотропна форма вуглецю. Структура фулеренів. Основні методи отримання фулеренів. Властивості фулеренів та області застосування – 8 год.
- 3. Вуглецеві нанотрубки. Структура та види вуглецевих нанотрубок. Отримання вуглецевих нанотрубок. Властивості вуглецевих нанотрубок та перспективи їх застосування – 8 год.
- 4. Графен. Структура, властивості та галузь застосування – 8 год.
- 5. Особливості компактування нанопорошків. Групи наноматеріалів, які отримують порошковою металургією – 8 год.
- 6. Основні методи інтенсивної пластичної деформації (ІПД). Особливості механічних властивостей наноматеріалів, які отримують методом ІПД, галузі їх застосування – 8 год.
- 7. Особливості діагностики наноструктур. Скануюча зондова мікроскопія – 8 год.
- 8. Сканируюча тунельна мікроскопія. Атомно-силова мікроскопія. Магніто-силова мікроскопія – 8 год.
- 9. Електрона Оже-спектроскопія. Раманівська спектроскопія – 8 год.
- 10. Фото емісійна спектроскопія. Магнітний резонанс – 8 год.

**Всього:  $6+4+10+4+6+80= 110$  год.**



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

Політика навчальної дисципліни "Нанотехнології в зварюванні та споріднених процесах" є складовою частиною загальної політики в галузі якості КПІ імені Ігоря Сікорського і полягає у виконанні викладачем і студентами наступних принципів.

- ✓ Відвідування занять з дисципліни рекомендовано для успішного засвоєння теоретичних матеріалів лекційних занять і набуття практичних навичок під час виконання лабораторних занять.
- ✓ На лекціях, лабораторних роботах та практичних заняттях обов'язковим є відключення телефонів. На заліку та при виконанні МКР забороняється використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті.
- ✓ На лекціях і лабораторних роботах студенти проявляють активність. На лекціях питання, що виникають, задаються у відведений викладачем час. На лабораторних роботах та практичних заняттях питання вирішуються по мірі виникнення в діалоговій формі. За активність студентів на заняттях викладач призначає заохочувальні бали.
- ✓ Лабораторні роботи виконуються студентами індивідуально. Закінчені результати виконання кожної лабораторної роботи демонструються викладачеві на наступному занятті. Захист виконання повного комплексу лабораторних робіт здійснюється студентом на останньому занятті і є обов'язковою умовою отримання заліку.
- ✓ Академічна доброчесність є базовим принципом освітнього процесу і підлягає беззаперечному виконанню викладачем і студентами.
- ✓ Викладач є лідером і гарантом підготовки методичних матеріалів, навчання, контролю і поліпшення дисципліни на сучасному рівні з урахуванням вимог міжнародних стандартів з використанням кращої практики підприємств та університетів світу.

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

Поточний контроль проводиться за рішенням викладача в двох формах: експрес-опитування по темі попередньої лекції на початку лекції, опитування за темою заняття на початку практичного заняття.

Календарний контроль не передбачено.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: виконання та захист лабораторних робіт, написання МКР та ДКР.

Розрахунок рейтингових балів

- Активність на лекціях оцінюється ваговим балом – 8. Максимальна кількість балів на всіх лекціях складає:  $8 \times 3 = 24$  балів.
- Виконання та захист лабораторних робіт оцінюється ваговим балом – від 1 до 8. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи складає:  $8 \times 2 = 16$  балів.
- Виконання модульної контрольної роботи оцінюється – від 1 до 18 балів. Модульна контрольна робота складається з трьох питань, приклади варіантів наведені п.9.2. Відповідь на кожне питання оцінюється від 1 до 6 балів. Максимальна кількість балів за МКР складає:  $6 \text{ балів} \times 3 = 18$  балів.
- Виконання ДКР оцінюється від 1 до 24 балів. Розрахунково-графічна робота складається з чотирьох завдань, приклади варіантів наведені п.9.3., кожне завдання оцінюється від 1 до 10 балів, максимальна кількість балів за ДКР складає:  $10 \times 4 = 40$  балів.

*Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:*

$RC=26 + 16 + 18 + 40 = 100$  балів.

**Залікова семестрова контрольна робота** пропонується у разі набору студентом недостатньої для семестрової атестації кількості балів (від 40 до 59 балів) або при незгоді студентом з кількістю балів набраних протягом семестру. Питання які виносяться на залікову контрольну роботу наведені в п. 9.1.

Критерії оцінки :

Залікова контрольна робота складається з 10 теоретичних питань.

Правильна відповідь на кожне оцінюється в 10 балів (10 x 10=100 балів).

Шкала оцінювання кожного із 10 теоретичних питань:

0 - відповідь невірна або відсутня;

1-3 – відповідь частково (на 30%) вірна.

4-6 – відповідь частково (на 60%) вірна.

7-9 – відповідь частково (на 90%) вірна.

10 - відповідь правильна і повна.

Величина шкали залікової контрольної роботи R2 = 100 балів.

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)**

### ***Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:***

- 1) Які розміри має нано масштаб та якими факторами обмежений його діапазон?*
- 2) Назвіть основні відомі Вам терміни в області нано науки і дайте їх коротку характеристику.*
- 3) Що мають на увазі під поняттям «нано технологія» ті «нано матеріали»?*
- 4) Що розуміють під нано виробництвом?*
- 5) Дайте визначення поняттям «нано механіка», «нано техніка».*
- 6) Які основні характеристики індустрії нано систем?*
- 7) Які природні нано ефекти та нано об'єкти Вам відомі?*
- 8) Укажіть приклади «інтуїтивних» нано технологій.*
- 9) Перерахуйте основні хронологічні етапи становлення нано технологій.*
- 10) В чому сутність міждисциплінарного характеру нано технологій?***
- 11) Які основні аспекти масштабування в системах нано частинок?***

- 12) В чому специфіка методів діагностики нано об'єктів?
- 13) Які основні методи застосовують для вивчення нано матеріалів?
- 14) В чому сутність електронної мікроскопії та які види випромінювання формуються під час взаємодії потоку прискорених електронів з речовиною?
- 15) Як побудовані просвічуючий та скануючий електронні мікроскопи та які їх основні характеристики?
- 16) Укажіть особливості підготовки зразків для дослідження в електронних мікроскопах.
- 17) Які параметри структури матеріалів можуть бути встановлені за допомогою електронної мікроскопії?
- 18) Що розуміють під електронною мікроскопією з високою роздільною здатністю?
- 19) Дайте загальну характеристику методів скануючої зондової мікроскопії.
- 20) Опишіть принцип дії скануючого тунельного мікроскопа, його режими та можливості в вивченні нано матеріалів.
- 21) Який принцип дії атомно-силового мікроскопа?
- 22) Що таке скануюча оптична мікроскопія ближнього поля?
- 23) В чому полягає багатофункціональність методів СЗМ?
- 24) Які характеристики нано матеріалів можуть бути досліджені за допомогою спектральних методів – Оже-спектроскопії, раманівської та фото емісійної спектроскопії, магнітного резонансу?
- 25) Яку роль має нано тестування в дослідженні властивостей нано матеріалів, які характеристики їх властивостей можна визначити?
- 26) В чому сутність висхідного та низхідного підходів в практиці нано технологічного виробництва?
- 27) Які особливості висхідного підходу як безвідхідного молекулярного дизайну виробу?
- 28) Назвіть основні елементарні об'єкти та основні механізми нано технологічного конструювання?
- 29) Дайте характеристику механо синтезу за допомогою СЗМ як метода граничної мініатюризації в створенні нано матеріалів, нано об'єктів, нано пристроїв.
- 30) Яку роль грають процеси само збірки в створенні матеріалів та пристроїв на атомно-молекулярному рівні?
- 31) В чому полягає принцип молекулярного розпізнання в процесах само збірки?
- 32) Що таке нано кластери як елементарний об'єкт нано технологій та які особливості конструювання матеріалів на їх основі?
- 33) Опишіть основні групи кластерних матеріалів.
- 34) Які методи застосовують для отримання кластерів?
- 35) Укажіть основні технології формування поверхневих шарів з атомарною точністю.
- 36) В чому сутність метода молекулярно-променевої епітаксії, які його можливості в створенні нано шарів?
- 37) Що представляють квантові ями, проволоки, точки, де вони застосовуються?
- 38) Дайте характеристику метода прецизійної літографії як метода штучної нано організації.
- 39) Які особливості речовини нано систем у порівнянні з традиційними об'єктами з мікроскопічними характеристиками?
- 40) Укажіть характерні риси структурного стану нано матеріалів, які визначають їх «аномальні» властивості.
- 41) В чому специфіка фізичних та хімічних властивостей нано матеріалів у порівнянні з традиційними аналогами? Покажіть на основі конкретних прикладів.
- 42) Дайте характеристику механічних властивостей нано матеріалів.
- 43) Яка роль нано матеріалів в розширенні границь міцності існуючих матеріалів?



- 44) Об'ясніть факт реалізації в нано матеріалах оптимального поєднання властивостей міцність – пластичність.
- 45) Які структурні аспекти визначають властивості над пластичності нано матеріалів?
- 46) Які основні принципи класифікації нано матеріалів Вам відомі?
- 47) Укажіть групи нано матеріалів за геометричною ознакою. Приведіть приклади.
- 48) Що розуміють під нано порошками?
- 49) Яку роль грають нано порошки серед різних груп нано матеріалів?
- 50) Нано порошки яких матеріалів отримані та дослідженні на даний час?
- 51) Які особливості структури та властивостей нано порошоків в порівнянні з порошками традиційних розмірів?
- 52) Назвіть основні методи отримання нано порошоків.
- 53) В чому сутність механічних методів?
- 54) Які хімічні методи виробництва нано порошоків Вам відомі?
- 55) На чому засновані фізичні методи виробництва нано порошоків?
- 56) Опишіть сутність метода випаровування-конденсації в умовах швидкого охолодження, метода електричного вибуху дрітків.
- 57) В яких галузях можливо практичне застосування нано порошоків різних матеріалів?
- 58) Чим обумовлена особа роль вуглецевих багато атомних кластерних утворень серед різних груп нано матеріалів?
- 59) Які алотропні модифікації вуглецю Вам відомі? Які з них відносяться до нано матеріалів?
- 60) Що представляє собою фулерен?
- 61) Які параметри молекули фулерену?
- 62) Дайте характеристику основних методів отримання фулеренів.
- 63) Які властивості має фулерен?
- 64) Які структури на основі фулерена Вам відомі?
- 65) Назвіть перспективні галузі застосування фулеренових матеріалів.
- 66) Що представляють собою неуглецеві фулерени?
- 67) Якими особливостями структури та властивостями володіють вуглецеві нано трубки?
- 68) Опишіть незвичайні механічні властивості вуглецевих нано трубок та можливості їх використання.
- 69) Укажіть методи отримання вуглецевих нано трубок. Дайте їх порівняльну характеристику.
- 70) Які основні галузі застосування вуглецевих нано трубок?
- 71) На основі яких матеріалів можуть бути отримані нано трубки?
- 72) Якими властивостями володіють неуглецеві нано трубки?
- 73) В чому особливість структури та властивостей графену? Який потенціал його застосування?
- 74) Які нано матеріали називають об'ємними?
- 75) Чим обумовлений великий науковий та практичний інтерес до об'ємних матеріалів?
- 76) Укажіть основні методи отримання об'ємних нано матеріалів, переваги та недоліки кожного.
- 77) В чому специфіка порошкової металургії стосовно отримання нано матеріалів у порівнянні з традиційною аналогічною технологією?
- 78) Які методи порошкової металургії найбільш доцільні для отримання нано матеріалів і чому?
- 79) Назвіть основні групи нано матеріалів, які отримують порошковою технологією та перспективні галузі їх застосування.

- 80) Опишіть сутність інтенсивної пластичної деформації. Укажіть основні переваги ІПД у порівнянні з іншими технологіями отримання нано матеріалів.
- 81) Дайте коротку характеристику основних методів ІПД – кручення під тиском, рівно канального кутового пресування, всебічного кування.
- 82) Опишіть особливості механічних властивостей об'ємних нано матеріалів, які отримані інтенсивним пластичним деформуванням.
- 83) Що розуміють під низькотемпературною та високошвидкісною надпластичністю? Укажіть можливе застосування даних ефектів.
- 84) В яких галузях та в якості яких виробів можливе застосування об'ємних нано матеріалів, отриманих ІПД?
- 85) Які методи контрольованої кристалізації з аморфного стану Вам відомі, в чому сутність їх практичної реалізації?
- 86) Які технології застосовують для формування нано кристалічних покриттів?
- 87) Які основні механізми керування розмірами зерен покриттів, осаджуваних PVD-методами?
- 88) Якими властивостями володіють багатошарові нано структурні покриття, на основі об'єднання яких матеріалів доцільно їх формування?
- 89) Які основні сектори ринка продукції нано технологій в найближчому майбутньому?
- 90) Які властивості нано матеріалів забезпечують можливість їх використання в якості нового класу конструкційних матеріалів?
- 91) Що розуміють під нано композитами, які види зміцнювачів в них можуть бути застосовані?
- 92) Укажіть приклади практичного застосування інструментальних нано матеріалів.
- 93) В яких галузях найбільш доцільно використання нано структурних покриттів, в тому числі багатофункціональних?
- 94) Які вироби можуть бути зроблені з нано кераміки?
- 95) Що представляють собою нано пористі матеріали та які перспективи їх застосування?
- 96) Назвіть найбільш характерні магнітні властивості нано матеріалів та можливості їх практичної реалізації.
- 97) В чому проявляється «інтелектуальність» нано матеріалів і де вона використовується?
- 98) Яка роль нано технологій в прогресі мікроелектроніки?
- 99) Опишіть можливості застосування фулеренів та вуглецевих нано трубок в якості елементів електронних пристроїв.
- 100) Які напрямки вдосконалення фотонних пристроїв на базі нано матеріалів Вам відомі?
- 101) Що розуміють під мікро електромеханічними та нано електромеханічними системами? Укажіть приклади застосування.
- 102) Назвіть основні напрямки застосування нано технологій в біотехнології та медицині.
- 103) Що представляє собою «лабораторія на чипе»?
- 104) Перерахуйте найбільш важливі напрямки, в яких може бути досягнутий значний ефект в машинобудуванні завдяки застосуванню нано технологій.
- 105) Опишіть основні проекти розвитку енергетики на основі нано технологій.
- 106) Які напрямки застосування нанотехнологій в будівництві вже реалізовані?
- 107) Які аспекти використання досягнень нано технологій в системах безпеки та у військовій галузі?
- 108) Які екологічні проблеми можуть бути вирішені з допомогою нано технологій?
- 109) В чому проявляється синергетичний ефект нано технологій?
- 110) Які економічні аспекти розвитку нано технологій?
- 111) Дайте характеристику нанотехнологий как товара.

112) *Опишіть перспективні проекти в галузі розвитку нано технологій.*

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

**Складено** професором, д.т.н., Смирновим Ігорем Володимировичем;

**Ухвалено** кафедрою зварювального виробництва (протокол №6 від 18.11.23)

**Погоджено** Методичною комісією інституту НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол №05/23 від 11.12.23)