

# Наноматеріали і нанотехнології.

Кафедра фізики, астрономії та методики викладання

Лектор	<i>Максимцев Ю.Р.</i>
Семестр	<b>7</b>
Освітній ступінь	<b>Бакалавр</b>
Кількість кредитів ECTS	<b>3</b>
Форма контролю	<b>Залік</b>
Аудиторні години	<b>36 годин (16 лк. 20 лр.)</b>

## Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета дисципліни «Наноматеріали і нанотехнологія»** є надання комплексу базових знань, в рамках існуючих природничих наукових положень і сучасного розвитку фізики, про фізичні властивості та методи отримання твердотільних наноматеріалів, технології їх виготовлення та методи дослідження наномасштабних структур, а також розгляд різних аспектів практичного застосування наноматеріалів.

## Програма навчальної дисципліни

### 1.1. Модуль 1.

#### Наноматеріали.

#### **Тема 1. Загальна характеристика наноматеріалів і нанотехнологій.**

Загальні поняття про наноматеріали. Розмірність: нанонаука, нанооб'єкти, нанотехнологія та нанотехніка. Нанорозмірний фактор в матеріалознавстві. Специфіка наноматеріалів та нанотехнологій. Хронологія розвитку нанонауки, нанотехнології, нановиробництва. Основні поняття і визначення нанотехнології та наноматеріалів. Наноефекти і нанооб'єкти в природі. «Інтуїтивні» нанотехнології. Види штучних наноструктур. Особливості нанорозмірного стану речовини. Розмірні ефекти. Нанорозмірний фактор у матеріалознавстві. Властивості наноматеріалів. Класифікація та характеристики основних видів наноматеріалів. Принципи класифікації наноматеріалів. Міждисциплінарний характер нанотехнологій. Галузі науки, пов'язані з нанотехнологіями. Перспективи та пріоритетні напрямки розвитку нанотехнології.

**Тема 2. Структура наноматеріалів.** Загальна характеристика наноструктур. Структурні особливості наноматеріалів. Структура консолідованих наноматеріалів. Зерна, шари, включення і пори в консолідованих матеріалах. Дефекти, поверхні розділу, пограничні сегрегації. Структура полімерних і біологічних наноматеріалів. Структура вуглецевих наноматеріалів. Нанополімерні, супрамолекулярні, нанобіологічні і нанопористі структури. Вуглецеві наноматеріали. Тубулярні і луковичні структури. Зародження та еволюція наноструктур.

**Тема 3. Властивості наноматеріалів.** Розмірні ефекти. Конденсовані середовища. Типи зв'язків в твердих тілах. Атомний порядок та його вплив на властивості наноструктур. Теплові коливання атомів. Фізичні властивості. Електричні і оптичні властивості наноматеріалів. Властивості провідності. Магнітні характеристики. Стабільність. Зростання зерен.

Дифузія. Хімічні властивості. Електронна будова. Фазові рівноваги і термодинаміка. Механічні властивості. Реакційна здатність. Каталіз. Пористі матеріали і матеріали зі спеціальними фізико-хімічними властивостями.

**Тема 4. Методи дослідження наноматеріалів.** Масштаби в системах наночастинок. Особливості діагностики нанооб'єктів. Скануюча зондова мікроскопія. Багатофункціональність методів скануючої зондової мікроскопії. Скануюча тунельна мікроскопія. Атомно-силова мікроскопія. Автоіонна мікроскопія. Методи електронної мікроскопії. Можливості електронної мікроскопії. Спектроскопічні методи. Скануюча оптична мікроскопія ближнього поля. Магнітно-силова мікроскопія. Електронна Оже-спектроскопія. ІЧ і КР-спектроскопія. Фотоемісійна спектроскопія. Магнітний резонанс Нанотестування. Метод наноіндентування. Дифракційні методи дослідження наноматеріалів.

## **Модуль 2. Нанотехнології.**

**Тема 1. Основи конструювання об'єктів на атомно-молекулярному рівні.** Спадні і висхідні підходи Елементарні об'єкти і методи нанотехнологічного конструювання Атомно-молекулярна зборка (механосинтез) за допомогою скануючої зондової мікроскопії Самоорганізація і самозборка. Принцип молекулярного розпізнавання в процесах самозборки. Атомні кластери як елементарні об'єкти самозборки. Основні групи кластерних матеріалів. Методи отримання кластерів. Технології формування поверхневих шарів з атомарною точністю. Квантові ями, дроти, точки. Прецизійна літографія.

**Тема 2. Методи отримання наноматеріалів** Процеси нанотехнології. Загальна характеристика методів отримання. Технологія консолідованих матеріалів. Порошкові технології. Особливості компактування нанопорошків. Групи наноматеріалів, одержуваних порошковою металургією. Конденсаційний метод. Високоенергетичне подрібнення. Механохімічний синтез. Плазмохімічний синтез. Електричний вибух дротиків. Методи консолідації. Технології порошкової металургії Особливості компактування нанопорошків. Групи наноматеріалів, одержуваних порошковою металургією. Тверді сплави інструментального призначення. Матеріали для електричних контактів. Наноструктурна кераміка і кермети. Нанопористі матеріали. Наноструктурні покриття і плівки. Композиційні дисперсно-зміцнені наноматеріали. Об'ємні наноматеріали, отримані методами інтенсивної пластичної деформації. Основні методи інтенсивної пластичної деформації. Особливості механічних властивостей наноматеріалів, отриманих інтенсивною пластичною деформацією. Области застосування наноматеріалів, отриманих методами інтенсивної пластичної деформації. Отримання аморфних матеріалів. Контрольована кристалізація з аморфного стану. Технології осадження наноструктурованих шарів на підкладку. Основні методи формування наноструктурних покриттів на робочих поверхнях. Методи фізичного осадження з парової фази. Методи хімічного осадження з парової фази. Термічні методи. Іонне бомбардування Багатошарові наноструктурні

покриття.

**Тема 3. Вуглецеві наноструктури.** Вуглецеві наноматеріали. Алотропні форми вуглецю. Фулерен як нова алотропна форма вуглецю. Фулерени, їх структура і типи. Властивості фулерену. Основні методи отримання фулеренів. Методи синтезу фулеренів і фулеренових похідних та дослідження їх властивостей. Теорія утворення фулеренів. Невуглецеві фулерени. Вуглецеві нанотрубки Структура і види вуглецевих нанотрубок. Отримання вуглецевих нанотрубок. Властивості нанотрубок і перспективи їх застосування. Методи синтезу та опис властивостей нанотрубок. Електричні властивості. Польова емісія і екранування. Електромеханічні властивості. Ефект світіння нанотрубок. Квантові властивості. Властивості легованих нанотрубок Зміна властивостей при адсорбції чужорідного атома або молекули Капілярні властивості. Невуглецеві нанотрубки. Графен.

**Тема 4. Застосування наноматеріалів і нанотехнологій.** Основні галузі використання наноматеріалів і нанотехнологій. Конструкційні та функціональні наноструктурні матеріали. Наноструктурні конструкційні матеріали Нанокompозити. Наноструктурні надпровідники. Скло, підфарбоване колоїдними барвниками. Нанорозмірні гетероструктури. Наноплівки та двовимірні нанокристали. Інструментальні наноматеріали. Створення антифрикційних матеріалів. Наноструктурні покриття. Наноструктурна кераміка. Нанопористі матеріали. Магнітні наноматеріали. «Інтелектуальні» матеріали. Мікроелектроніка. Фотоніка. МЕМС і НЕМС – технології. Біотехнологія та медицина. Нанотехнології в машинобудуванні. Нанотехнології в енергетиці. Застосування нанотехнологій в будівництві. Застосування наноматеріалів у машинобудуванні, двигунобудуванні та автомобільній промисловості. Використання наноматеріалів в електроніці, оптоелектроніці та приладобудуванні. Застосування нанотехнологій в сільському господарстві. Нанотехнології в системах безпеки і у військовій області. Нанотехнології і екологія. Потенціал і перспективи розвитку нанонауки і нанотехніки.

Дисципліна "Наноматеріали і нанотехнології" забезпечує набуття здобувачами освіти наступних компетентностей та результатів навчання:

**Загальні компетентності (ЗК):**

**Фахові компетентності (ФК):**

**ФК06.** Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.

**ФК07.** Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.

**ФК10.** Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

**ФК11.** Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.

**ФК13.** Орієнтація на найвищі наукові стандарти - обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.

**Програмні результати навчання (ПРН):**

**ПРН01.** Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.

**ПРН13.** Розуміти зв'язок фізики та/або астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень.

**ПРН21.** Розуміти основні принципи здорового способу життя та вміти застосовувати їх для підтримки власного здоров'я та працездатності.

**ПРН22.** Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства.