

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра прикладної фізики**



**ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Проректор з наукової роботи

/Студеняк І.П./

«*29 вересня*» 2020 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ФІЗИКА І ТЕХНОЛОГІЯ НАНОМАТЕРІАЛІВ**

Рівень вищої освіти	третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	105 Прикладна фізика і наноматеріали
Освітня програма	Прикладна фізика і наноматеріали
Статус дисципліни	вибіркова
Мова навчання	українська

Ужгород 2020

Робоча програма навчальної дисципліни «Фізика і технологія наноматеріалів» для здобувачів третього рівня вищої освіти галузі знань 10 Природничі науки спеціальності 105 Прикладна фізика і наноматеріали освітньої програми Прикладна фізика і наноматеріали.

Розробники: Сусліков Л.М., проф. д.ф.-м.н., професор

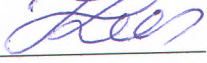
Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри прикладної фізики

протокол № 2 від «23» вересня 2020 р.

Завідувач кафедри  Небола І.І.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № 1 від «23» вересня 2020 р.

Голова науково-методичної комісії  Карбованець М. І.

© Сусліков Л.М., 2020 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2020 р.

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 7	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 210	<b>1-й</b>	<b>1-й</b>
Кількість модулів – 2	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи аспіранта – 4	<b>1.2</b>	<b>1,2</b>
	Лекції:	
	<b>40</b>	<b>16</b>
	Практичні (семінарські):	
	<b>44</b>	<b>8</b>
Вид підсумкового контролю: залік – 1 год., екзамен – 2 год.	Лабораторні:	
	-	-
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	<b>126</b>	<b>186</b>

## 2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «**Фізика і технологія наноматеріалів**» є надання аспірантам 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.

Відповідно до освітньо-наукової програми, вивчення дисципліни «**Фізика і технологія наноматеріалів**» сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

– **інтегральна компетентність**: здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійної практики.

– **загальні компетентності**: здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1); навички використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК-2); здатність проведення самостійних досліджень на сучасному рівні (ЗК-3); здатність до пошуку, обробки на аналізі інформації з різних джерел (ЗК-4); здатність генерувати нові ідеї (креативність) (ЗК-5); здатність комунікації на фахову тематику з нефахівцями (ЗК-10).

– **фахові компетентності**: здатність застосовувати фізичні знання для систематизації різноманітних пов'язаних фактів і явищ (ФК-1); здатність визначати завдання фізичного дослідження (ФК-2); здатність вирізняти із накопичених спостережень відтворювані експериментальні факти (ФК-3); здатність створювати та порівнювати між собою фізичні та математичні моделі фізичних об'єктів, процесів та явищ (ФК-4); здатність оцінювати моделі з точки зору їх відповідності фізичним об'єктам процесам та явищам, для пояснення яких застосовуються дані моделі (ФК-5); вміння здійснювати комп'ютерне моделювання фізичних процесів, у тому числі із застосуванням існуючого програмного забезпечення (ФК-6); володіння експериментальними методиками дослідження наноструктурованих матеріалів (ФК-7); знайомство з інформаційними технологіями та електронікою (ФК-8); володіння теоретичними методами, що застосовуються для дослідження низьковимірних систем і наноматеріалів (ФК-10).

## 3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна «**Фізика і технологія наноматеріалів**» є вибірковою і належить до варіативної частини ОНП за напрямком підготовки.

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «**Фізика і технологія наноматеріалів**» є опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП): «Фізичне матеріалознавство», «Оптичні властивості кристалічних та некристалічних матеріалів», «Напівпровідникова і фізична електроніка».

## 4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньо-наукової програми, вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Знати сучасні передові концептуальні та методологічні знання в галузі фізики, прикладної фізики та суміжних галузей знань.	ПРН 1.1
Знати фундаментальні праці провідних зарубіжних вчених та наукових шкіл у галузі дослідження.	ПРН 1.2
Вміти формулювати загальну методологічну базу власного наукового дослідження.	ПРН 2.2.
Вміти проводити комплексні дослідження в галузі науково-дослідницької та інноваційної діяльності, які приводять до отримання нових знань.	ПРН 2.3

Вміти формулювати наукову проблему з огляду на стан її наукової розробки та сучасні наукові тенденції.	ПРН 2.5
Вміти формулювати робочі гіпотези та моделі досліджуваної проблеми.	ПРН 2.6
Вміти аналізувати наукові праці в галузі прикладної фізики, виявляючи дискусійні та мало досліджені питання.	ПРН 2.7

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Фізика і технологія наноматеріалів»:

<b>Очікувані результати навчання з дисципліни</b>	<b>Шифр ПРН</b>
Знати специфіку поведінки речовини в нанометровому розмірному діапазоні.	ПРН 1.1
Знати основні класи наноматеріалів та їх властивості.	ПРН 1.1
Знати закономірності формування і сучасні способи отримання наноструктурних матеріалів.	ПРН 1.2
Знати основні фізико-хімічні властивості наноматеріалів.	ПРН 1.2
Знати механізм виникнення розмірних фізичних і хімічних ефектів.	ПРН 1.2
Знати основні види нанооб'єктів і наноматеріалів.	ПРН 1.2
Знати сутності ефектів, що визначають особливі фізико-хімічні властивості наноматеріалів;	ПРН 1.2
Знати основні технологічні процеси, які використовуються при отриманні наноматеріалів.	ПРН 1.2
Знати методи дослідження наноструктур, принципів дії приладів, призначених для дослідження структури і властивостей наноматеріалів.	ПРН 1.2
Знати основні науково-технічні проблем нанотехнології і перспектив розвитку даної фундаментальної галузі знань.	ПРН 1.1
Знати особливості фізико-хімії нанорозмірних станів об'єктів, наноматеріалів та наносистем.	ПРН 1.2
Знати методи і технології отримання наноматеріалів зі спеціальними властивостями (нанотрубки, наночастинки, нанокомпозити тощо).	ПРН 1.2
Знати особливості перебігу різноманітних фізико-хімічних процесів у просторових областях нанометрових розмірів.	ПРН 1.2
Знати найбільш перспективних напрямків застосування наноматеріалів.	ПРН 1.1
Вміти використовувати отримані знання на практиці при розв'язанні завдань теоретичного та прикладного характеру.	ПРН 2.2
Вміти здійснювати аналіз інформаційних джерел в області реалізацій нанотехнології.	ПРН 2.2
Вміти дослідити завдання і технології наноматеріалів.	ПРН 2.5
Вміти користуватися методами пошукових систем, методами дослідницької роботи в області фізико-хімічних властивостей наноматеріалів і нанотехнологій.	ПРН 2.2
Вміти контролювати якість оптичних матеріалів, включаючи оптичні наноструктуровані матеріали.	ПРН 2.3
Вміти планувати проведення експериментальних робіт з дослідження фізичних властивостей наноматеріалів.	ПРН 2.2
Вміти аналізувати альтернативні варіанти вирішення наукових і прикладних задач та оцінювати потенційні виграші / програші реалізації цих варіантів при дослідженні наноматеріалів.	ПРН 2.2
Вміти оцінити вплив квантових розмірних ефектів на фазові перетворення та діаграми стану в наночастицях, тонких плівках і об'ємних наноматеріалах.	ПРН 2.3
Вміти враховувати умови виникнення нових стаціонарних станів в дисипативних структурах.	ПРН 2.3
Вміти дослідити властивості (механічні, електричні, оптичні та інші) наноматеріалів і наносистем.	ПРН 2.3

Вміти застосовувати фізичні теорії для опису та інтерпретації процесів в наноматеріалах.	ПРН 2.6
Володіти навичками роботи з наноматеріалами.	ПРН 2.1
Володіти навичками роботи з технологіями отримання наноматеріалів.	ПРН 2.1
Володіти методами планування та проведення сучасного фізичного експерименту в галузі фізики нанорозмірних кристалів з використанням новітніх досягнень фізичного приладобудування.	ПРН 2.2
Володіти навичками пошуку та аналізу інформаційних джерел стосовно фізичних властивостей нанорозмірних кристалів та в області реалізації нанотехнології.	ПРН 2.2
Володіти навичками аналізу методологічних проблем, що виникають при вирішенні дослідницьких і практичних завдань в області дослідження наноматеріалів.	ПРН 2.7
Володіти навичками моделювання явищ та процесів, що відбуваються в наноматеріалах.	ПРН 2.6
Володіти методами обчислювальної фізики стосовно наноматеріалів.	ПРН 2.3
Володіти методами квантової механіки в теоретичних дослідженнях наноматеріалів.	ПРН 2.3

## **5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ**

### **Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання**

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- поточний контроль успішності,
- модульний контроль,
- підсумковий контроль.

### **Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання**

Форми поточного контролю:

- вибіркове усне опитування перед початком занять;
- фронтальне стандартизоване усне та/або письмове опитування за основними питаннями теми заняття;
- експрес-опитування;
- тестування;
- реферативні повідомлення та їх обговорення;
- перевірка якості виконання завдань для самостійної роботи, зокрема за конспектами матеріалів;
- оцінювання якості та повноти виконання завдань модульної контрольної роботи.

Форма модульного контролю: виконання модульної контрольної роботи, результати якої оцінюються за 100-бальною шкалою за кожний модуль.

Форма підсумкового семестрового контролю: залік та екзамен. До заліку та екзамену допускаються аспіранти, які відпрацювали пропущені заняття і виконали модульні контрольні роботи.

**Розподіл балів, які отримують здобувачі третього рівня вищої освіти (модуль 1)**

Поточне оцінювання та самостійна робота								Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4					70	100
5	5	10	10						

T1, T2, T3, T4 – теми

**Розподіл балів, які отримують здобувачі третього рівня вищої освіти (модуль II)**

Поточне оцінювання та самостійна робота								Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4					70	100
8	8	8	6						

T1, T2, T3, T4 – теми

**Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни**

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Практичні (семінарські) заняття	11	30	11	30
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)		-		
Комп'ютерне тестування при тематичному оцінюванні		-		
Письмове тестування при тематичному оцінюванні				
Презентація		-		
Реферат		-		
Есе		-		
Модульна контрольна робота		70		70
<b>Разом</b>	<b>11</b>	<b>100</b>	<b>11</b>	<b>100</b>

**Критерії оцінювання модульної контрольної роботи**

Модульна контрольна робота здійснюється у письмовій формі шляхом відповідей на питання тестових завдань. Кожна правильна відповідь оцінюється певною кількістю балів. Максимальна кількість балів за кожний модуль становить 100 балів. Мінімальна кількість балів, за якої робота вважається виконаною становить 60 балів.

**Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю**

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни «Фізика і технологія наноматеріалів» здійснюється у формі заліку та екзамену.

Залік проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати заліку оцінюються за двобальною шкалою: „зараховано, „незараховано”.

Підсумкова оцінка " зараховано"/"не зараховано" визначається наступними критеріями:

- "зараховано" - якщо аспірант достатньо чітко і грамотно відповідає на питання в межах матеріалу викладеного у рамках лекційних занять, може показати та обґрунтувати взаємозв'язок різних частин матеріалу, пройденого у межах матеріалу навчальної дисципліни; демонструє здатність до мислення, при відповіді на питання розмірковує, спираючись на отримані у рамках курсу знання, не допускає істотних неточностей у відповіді, правильно вибудовує логіку вирішення типових завдань;

- "не зараховано" - якщо аспірант викладає основні питання недостатньо чітко або допускає істотні помилки при їх викладі, не може пояснити зв'язків у рамках викладеного матеріалу, аспірант не знає значної частини програмного матеріалу, не може дати точних визначень понять, пройдених у рамках курсу, дає розпливчаті формулювання і не володіє в належній мірі термінологією, плутається при відповіді на додаткові питання, не володіє прийомами вирішення типових завдань.

За бажанням аспіранта результуюча підсумкова залікова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Екзамен проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати екзамену оцінюються за чотирибальною шкалою: „відмінно”, „добре”, „задовільно”, „незадовільно”.

Оцінка „відмінно” виставляється в тому разі, коли аспірант бездоганно оволодів всіма розділами програми, дав глибокі, чіткі і вичерпні відповіді на всі основні і додаткові запитання, виявив розуміння фізичної суті програмового матеріалу, вільне володіння фактичним матеріалом та відповідним математичним апаратом, вміння грамотно обробляти результати експериментальних вимірювань з метою отримання заданої точності отриманих даних, кваліфіковано використовувати набуті знання для розв'язання конкретних практичних задач.

Оцінка „добре” виставляється тоді, коли аспірант виявив повне знання і розуміння програмового матеріалу, добре оволодів математичним апаратом курсу, може використовувати набуті знання в практичній діяльності, дав вичерпні відповіді на всі запитання, але під час відповіді допускав окремі нечіткі формулювання і незначні неточності.

Оцінка „задовільно” виставляється в тому разі, коли аспірант в основному знає і розуміє фактичний матеріал курсу, дав в основному правильні відповіді на запитання, виявив уміння розібратися в усьому матеріалі курсу, вміння використовувати відповідний математичний апарат, але не може ґрунтовно пояснити окремі положення пройденого курсу, допускає неточності при використанні математичного апарату, недостатньо вміє застосовувати набуті знання для розв'язання конкретних практичних задач.

Оцінка „незадовільно” виставляється тоді, коли аспірант не оволодів матеріалом даного курсу, виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, коли він під час відповіді на запитання виявив нерозуміння фізичної сутності основних понять та термінів навчальної дисципліни, допускає плутанину, слабо володіє математичним апаратом, не може застосовувати набуті знання для розв'язування конкретних практичних задач, тобто виявив відсутність мінімально необхідної кількості знань з даного курсу.

За бажанням аспіранта результуюча підсумкова екзаменаційна оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Переведення результатів, отриманих за 100-бальною шкалою оцінювання в національну 4-х бальну та шкалу за системою ECTS здійснюється за наступною схемою:

Оцінка за шкалою балів	Залік	ECTS	
		Оцінка	Характеристика
90 та вище	зараховано	A	відмінно
82-89 74-81	зараховано	B	добре
	зараховано	C	добре
64-73 60-64	зараховано	D	задовільно
	зараховано	E	задовільно
35-59	незараховано	FX	незадовільно з можливістю перескладання
1-34	незараховано	F	незадовільно з обов'язковим повторним навчанням

Аспірант, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незараховано» або «незадовільно» (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру) і скласти залік.

Результати підсумкового контролю знань заносяться до залікової та екзаменаційної відомостей..

## 6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 6.1. Зміст навчальної дисципліни

#### 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 свігіння 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 Наноккомпозити. 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.

## 6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: денна					
	Усього	у тому числі				
Лекції		практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота 1	
<b>4-й семестр</b>						
<b>Модуль 1</b>						
Тема 1. Загальна характеристика наноматеріалів і нанотехнологій	24	4	4			16
Тема 2. Структура наноматеріалів.	24	4	6			14
Тема 3. Властивості наноматеріалів.	26	6	6			14
Тема 4. Методи дослідження наноматеріалів.	26	6	6			14
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	100	20	22			58
<b>Модуль 2</b>						
Тема 1. Основи конструювання об'єктів на атомно-молекулярному рівні	26	4	4			18
Тема 2. Методи отримання наноматеріалів	28	4	6			18
Тема 3. Вуглецеві наноструктури	28	6	6			16
Тема 4. Застосування наноматеріалів і нанотехнологій	28	6	6			16
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	110	20	22			68
<b>Разом за семестр</b>	210	40	44			126

## Заочна форма навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: заочна					
	Усього 210	у тому числі				
Лекції 16		практичні (семінарські) 8	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота 186	
<b>4-й семестр</b>						
<b>Модуль 1</b>						
Тема 1. Загальна характеристика наноматеріалів і нанотехнологій	24	2				22
Тема 2. Структура наноматеріалів.	26	2	2			22
Тема 3. Властивості наноматеріалів.	26	2	2			22
Тема 4. Методи дослідження наноматеріалів.	24	2				22
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	100	8	4			88
<b>Модуль 2</b>						
Тема 1. Основи конструювання об'єктів на атомно-молекулярному рівні	28	2	2			24
Тема 2. Методи отримання наноматеріалів	28	2	2			24
Тема 3. Вуглецеві наноструктури	28	2				26
Тема 4. Застосування наноматеріалів і нанотехнологій	26	2				24
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	110	8	4			98
<b>Разом за семестр</b>	210	16	8			186

### 6.3. Теми практичних (семінарських, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Особливості нанорозмірного стану речовини. Розмірні ефекти. Нанорозмірний фактор у матеріалознавстві	2	
2.	Принципи класифікації наноматеріалів. Міждисциплінарний характер нанотехнологій.	2	
3.	Структура консолідованих наноматеріалів Зерна, шари, включення і пори в консолідованих матеріалах.	2	
4.	Нанополімерні, супрамолекулярні, нанобіологічні і нанопористі структури.	4	2
5.	Вуглецеві наноматеріали	4	2
6.	Фізичні властивості. Електричні і оптичні властивості наноматеріалів.	2	
7.	Магнітні характеристики	2	
8.	Скануюча зондова мікроскопія наноматеріалів	2	

9.	ІЧ і КР-спектроскопія наноматеріалів	4	2
10.	Процеси нанотехнології: Конденсаційний метод. Високоенергетичне подрібнення. Механохімічний синтез.. Плазмохімічний синтез. .Електричний вибух дротиків. Методи консолідації.	2	
11.	Основні методи інтенсивної пластичної деформації. Особливості механічних властивостей наноматеріалів, отриманих інтенсивною пластичною деформацією.	4	2
12.	Основні методи формування наноструктурних покриттів на робочих поверхнях. Методи фізичного осадження з парової фази. Методи хімічного осадження з парової фази	4	
13.	Фулерени, їх структура і типи. Властивості фулерену.	4	
14.	Вуглецеві нанотрубки Структура і види вуглецевих нанотрубок. Властивості нанотрубок і перспективи їх застосування.	4	
15.	Основні галузі використання наноматеріалів і нанотехнологій.	2	
<b>Разом</b>		<b>44</b>	<b>8</b>

#### 6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Хронологія розвитку нанонауки, нанотехнології, нановиробництва	4	6
2.	Наноефекти і наноб'єкти в природі. «Інтуїтивні» нанотехнології Види штучних наноструктур.	6	6
3.	Міждисциплінарний характер нанотехнологій. Галузі науки, пов'язані з нанотехнологіями. Перспективи та пріоритетні напрямки розвитку нанотехнології.	2	8
	Дефекти, поверхні розділу, пограничні сегрегації.	4	4
4.	Структура полімерних і біологічних наноматеріалів.	6	5
5.	Структура вуглецевих наноматеріалів.	4	5
	Нанополімерні, супрамолекулярні, нанобіологічні і нанопористі структури.	2	4
6.	Тубулярні і луковичні структури.	4	4
7.	Зародження та еволюція наноструктур.	2	4
8.	Атомний порядок та його вплив на властивості наноструктур	4	6
9.	Магнітні характеристики наноматеріалів	3	4
10.	Стабільність наноматеріалів. Зростання зерен. Дифузія.	2	2
11.	Хімічні властивості наноматеріалів	4	2
12.	Електронна будова. Фазові рівноваги і термодинаміка.	4	6
13.	Реакційна здатність наноматеріалів. Каталіз	4	10
14.	Пористі матеріали і матеріали зі спеціальними фізико-хімічними властивостями.	4	10
15.	Атомно-силова мікроскопія	8	10
16.	Магнітно-силова мікроскопія	6	9
17.	Нанотестування. Метод наноіндентування	6	9
18.	Дифракційні методи дослідження наноструктур.	6	10
19.	Атомні кластери як елементарні об'єкти самозборки	4	6
20.	Квантові ями, дроти, точки.	2	4
21.	Прецизійна літографія	5	8

22.	Технології порошкової металургії Особливості компактування нанопорошків. Групи наноматеріалів, одержуваних порошковою металургією	4	10
23.	Термічні методи. Іонне бомбардування	4	5
24.	Області застосування наноматеріалів, отриманих методами інтенсивної пластичної деформації. Отримання аморфних матеріалів.	6	4
25.	Багатошарові наноструктурні покриття.	5	10
26.	Наноструктурні конструкційні матеріали Нанокompозити. Наноструктурні надпровідники.		
27.	Використання наноматеріалів в електроніці, оптоелектроніці та приладобудуванні. Застосування нанотехнологій в сільському господарстві. Нанотехнології в системах безпеки і у військовій області. Нанотехнології і екологія.	4	6
	Потенціал і перспективи розвитку нанонауки і нанотехніки.		
	<b>Разом</b>	<b>126</b>	<b>186</b>

## **7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА**

Технічні засоби: Мультимедійний проєктор.

Обладнання: персональні комп'ютери, ноутбуки.

Програмне забезпечення Windows 10, Microsoft Power Point.

## **8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ**

### **Основна література**

1. Куцова В.З., Котова Т.В., Аюпова Т.А. Наноматеріали та нанотехнології. Навч. посібник. У двох частинах. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2013. – 103 с.
2. Азаренков Н.А., Веревкин А.А., Ковтун Г.П. Основы нанотехнологий и наноматериалов : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – Харьков, 2009.
3. Введение в нанотехнологии: текст лекций / А.И. Грабченко, Л.И. Пупань, Л.Л. Товажнянский. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2012. – 288 с.
4. Булыгина Е.В., Макаручук В.В., Панфилов Ю.В., Оя Д.Р., Шахгов В.А. Наноразмерные структуры: классификация, формирование и исследование: уч. пос. для Вузов. – М.: Сайнс-Пресс, 2006. – 80 с.
5. Головин Ю.И. Введение в нанотехнологию. – М.: Машиностроение, 2003. – 112 с.
6. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. – М.: Физматгиз, 2000. – 224 с.
7. Витязь П.А., Свидинович Н.А., Куис Д.В. Наноматериаловедение: учебн. пособие. – Минск: Вышшая школа, 2015. – 511 с.
8. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий. – М.: Машиностроение, 2012. – 656 с.
9. Машков, Ю. К., Малий О. В. Материалы и методы нанотехнологии: конспект лекций. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. – 136 с.
10. Наноматеріали і нанотехнології: навчальний посібник / Азаренков М. О., Неклюдов І. М., Береснев В. М., Воєводін В. М., Погребняк О. Д., Ковтун Г. П., Соболев О. В., Удовицький В. Г., Литовченко С. В., Турбін П. В., Чишкала В. О. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. – 316 с.
11. Азаренков Н.А., Веревкин А.А., Ковтун Г.П. Основы нанотехнологий и наноматериалов: учебное пособие. – Харьков: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2009. – 69 с.
12. Смирнов В.И. Физические основы нанотехнологий и наноматериалы: учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2017. – 240 с.

13. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – Москва: Физматлит, 2009. – 414 с.
14. Яблонь Л.С., Бойчук В.М. Фізичні основи нанотехнологій. Курс лекцій. – Івано-Франківськ, 2015. – 103 с.
15. Долінський А.А., Драганов Б.Х., Козирський В.В. Нанотехнології в енергетиці. – К.: ЦП Компринт, 2015. – 113 с.
16. Поплавко Ю.М., Борисов О. В., Якименко Ю. І. Нанофізика, наноматеріали, наноелектроніка: навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 300 с.

### Допоміжна література

1. Ткач О. П. Наноматеріали і нанотехнології в приладобудуванні: Навчальний посібник. - Суми: Сумський державний університет, 2014. - 127 с.
2. Валиев, Р. З., Александров И. В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией.– М.: Логос, 2000. – 272 с.
3. Шик А .Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А. Физика низкоразмерных систем. - Санкт-Петербург: Наука, 2001. - 155 с.
4. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Смик С.Ю. Діагностика наносистем. - Київ: Академперіодика, 2003. - 149 с.
5. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Коротченко О.О., Смик С.Ю. Квантові низькорозмірні системи. - Київ: Академперіодика, 2003. - 308 с.
6. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы нанозлектроники. - Новосибирск: НУ, 2000. - 331 с.