КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет (назва факультету)

Кафедра загальної фізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ» Заступник декана з навчальної роботи 2020 року **>>**

1

РОБОЧА І	ІРОГРАМА	НАВЧАЛЬН	ЮЇ ДИСІ	ЦИПЛІНИ
		ФІЗИКИ НАНОСИО		,
		назва навчальної дисципліні		
		для студентів		
галузь знань	10 Природничі н (шифр і назва)	ауки		
спеціальність	104 Фізика та астр (шифр і назва спей	ОНОМ ІЯ ціальності)		
освітній рівень	бакалавр (молодший бакалавр, бакала			
освітня програма	Фізика (назва освітньої програ			
спеціалізація (за наявності)		тур в металах та кера	<u>міках</u>	
вид дисципліни	<u>вибіркова</u>			
		Форма навчання		<u>очна</u>
]	Навчальний рік		2020/2021
	(Семестр		<u>5</u>
		Мова викладання, на га оцінювання	вчання	українська
		Форма заключного к	онтролю	іспит
Викладачі: доцент (Эліх Олег Ярославо	вич,		
доцент Г	Іодолян Артем Олег	ксандрович		
	р Семенько Михайл чні працівники, які забезпечук	10 Петрович, оть викладання даної дисциплі	ни у відповідному навча	льному році)
]	Пролонговано: на 20_	_/20 н.р	_() «	<u></u> »20p.
		/20 н.р		
	на 20	/20 н.р	підпис, ПІБ, дата)	«» 20p.

КИЇВ – 2020

Робоча програма навчальної дисципліни є нормативним документом вищого навчального закладу і містить виклад конкретного змісту навчальної дисципліни, послідовність, організаційні форми її вивчення та їх обсяг, визначає форми та засоби поточного і підсумкового контролів.

Розробники²:

Оліх Олег Ярославович, доктор фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри загальної фізики,

Подолян Артем Олександрович, кандидат фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри загальної фізики,

Семенько Михайло Петрович, доктор фіз.-мат. наук, професор, професор кафедри фізики металів

(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

			ЗАТВЕРДЖЕНО Зав. кафедри	
			лав. кафедри	(Боровий М.О.) (прізвище та ініціали)
			Протокол №_ від « »	2020 p.
Схв	залено науково	-методичною комісією	факультету/інституту ³	
Про	этокол від «11»	• <u>червня 2020 року № 3.</u>	<u>3</u>	
Гол	ова науково-м	етодичної комісії		х О.Я.) ище та ініціали)
«	»	2020 року		

² Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (раді навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

 $^{^3}$ У випадку читання дисципліни, яка не є профільною для факультету чи інституту обов'язковим є погодження з науково-методичною комісією профільного факультету. У випадку економічних та юридичних наук погодження із предметною комісією з економічних та юридичних наук при Науково-методичній раді Університету.

ВСТУП

1. Мета дисципліни — отримання систематичних знань щодо існуючих методів характеризації та створення наносистем, набуття здатності класифікувати наносистем та формулювати ціннісні судження щодо доцільності застосування певних експериментальних методів для отримання необхідних характеристик, одержання практичних навичок по дослідженню параметрів структури та деяких властивостей наноматеріалів.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

- 1. Знати загальну фізику (розділи «Електрика та магнетизм», «Оптика», «Молекулярна фізика»), принципи фокусування світлових та електронних променів.
- 2. Вміти застосовувати знання з курсів математичного аналізу, диференційних та інтегральних рівнянь, механіки для опису руху частинок та побудови дифракційної та інтерференційної картин.
- 3. Мати елементарні навички проведення експериментів та обробки результатів експериментальних досліджень.

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

В рамках курсу «Основи фізики наносистем» розглядаються основні особливості наносистем порівняно з об'ємними матеріалами, методи їхньої характеризації та створенняя, їх основні фізичні властивості а також практичне застосування наносистем. Метою вивчення дисципліни є отримання глибоких та систематичних знань щодо фізичних властивостей наносистем, можливості їхнього формування за допомогою епітаксії, осадження, оксидування, диспергування, літографії. Навчальна задача курсу також полягає у засвоєнні принципів роботи таких методів визначення параметрів подібних систем як електронна мікроскопія, скануюча зондова мікроскопія, рентгенівська дифракція, різноманітні варіанти спектроскопії; крім того передбачено, набуття навичок визначення параметрів структури за результатами рентгенівської дифракції та визначення впливу нанорозмірності на параметри структури та ряд фізичних властивостец. Методи викладання: лекції, лабораторні роботи, консультації. Методи оцінювання: опитування в процесі лекції, модульні контрольні роботи, іспит. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та іспиту (40%).

4. Завдання (навчальні цілі) — засвоєння студентами основних фізичних особливостей нанорозмірних систем. Дисципліна спрямована на досягнення таких компетентностей як, здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК2), навички здійснення безпечної діяльності (ЗК7), знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії (ФК1), здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів (ФК2), здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів (ФК3), здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень (ФК4), здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації (ФК9).

5. Результати навчання за дисципліною: (описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)

	Результат навчання нати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*)	Методи викладання і	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій
Код	Результат навчання	навчання	•	оцінці з дисципліни

заповнюється за необхідністю, наприклад для практик, лабораторних курсів тощо.

*

1.1	знати місце наносистем в сучасній науці та техніці	лекції	модульна контрольна робота, іспит	5
1.2	знати шляхи створення наносистем певного типу	лекції	модульна контрольна робота, усне опитування, іспит	10
1.3	знати основні принципи, що лежать в основі електронної мікроскопії, скануючої зондової мікроскопії, рентгенівської дифракції, спектроскопії	,	модульна контрольна робота, усне опитування, іспит	10
1.4	знати основні фізичні властивості наносистем	лекції	модульна контрольна робота, усне опитування, іспит	5
1.5	знати основні практичні застосування наносистем	лекції	модульна контрольна робота, усне опитування, іспит	10
2.1	вміти класифікувати методи створення та методи дослідження наноструктур	лекції	модульна контрольна робота, усне опитування, іспит	5
2.2	вміти оцінити можливі розміри наноструктур залежно від методу її отримання	,	модульна контрольна робота, усне опитування, іспит	5
2.3	вміти оцінювати ефект розмірного квантування для різних фізичних властивостей наносистем		модульна контрольна робота, усне опитування, іспит	10
2.4	вміти визначати фактори впливу нанорозмірності на результатами експериментальних досліджень		оформлення результатів лабораторних робіт, усне опитування	20
3.1	представляти результати вимірювання та розрахунків у вигляді, що доступні як для фахівців, так і не фахівців у фізиці наноматеріалів	роботи	оформлення результатів лабораторних робіт	10
4.1	формулювати ціннісні судження щодо доцільності застосування певних експериментальних методів для отримання необхідних характеристик	,	модульна контрольна робота, усне опитування, іспит	5
4.2	формулювати ціннісні судження щодо перспектив розширення областей застосування наносистем		модульна контрольна робота, усне опитування, іспит	5

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Hab tallin (neodob nondob onn	0110	P			*******	,						
Результати навчання дисципліни Програмні	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	4.1	4.2
результати навчання												
ПРН1. Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки,		+	+	+			+			+	+	

електроматнетизму, хвильової та квантової отпики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, пояспення її класифікації сугі та механізмів різноматінтих фізичних звищ і процесів для розв'язування складних спеціалізовання задач та практичних проблем з фізики. ПРН5. Знати основні актуальні + + + + + + + + + + + + + + + + + + +			ı		ı			1					
та атомного дера для ветановлення, аналізу, тлумачення, пояспения й класифікації сугі та механізмів різломанічних фізичних явиц і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблеми сучасної фізики. ПРН5. Знати основні актуальні нроблеми сучасної фізики. ПРН9. Мати базові навичні проблеми сучасної фізики. ПРН9. Мати базові навичні проведення теоретичних та/або експериментальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автопомно) та/або у складі науковіх трупи. ПРН10. Выти планувати дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових закуаль та вдосконалення застосованих методів. ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРН113. Розуміти зв'язок фізики з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології топцо, а + + + + + + + + + + + + + + + + + +	± .												
встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення її класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явиш і процесів для розв'язування складинх спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики. ПРН5. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики. ПРН9. Мати основні актуальні проблеми сучасної фізики. ПРН9. Мати базові навички проведення теоретичних та'або експериментальних наукових доспіджень з окремих спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та'або у складі наукової групи. ПРН10. Ввіти днанувати доспідження, знакодити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів. ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальновати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРН13. Розумти зв'язок фізики з іншими природничми та інженерішими науками, бути обізнания з окремими (відповідно до спеціалізації) основними привтами прикацної фізики, матеріалознавства, інженерій, хімії, біології тощо, а також з окремими (технологічними процесами) та природничими явищами, що с предметом досліджения інших наук, і водночає, можуть бути предметом досліджения інших наук, і, водночає, можуть бути предметоми досліджения індвими добладнания та речовинами, правилав закогу предметоми з певними видами обладнания та речовинами, правила в роботи з певними видами обладнания та речовинами, правила в роботи з певними видами обладнания та речовинами, правила в роботи з певними видами обладнания та речовинами, правила в речовинами, правила в рачовинами, правила в рачовинами, правила в деновинами, правила в рачовинами, правила в речовинами, правила в речовинами в рачовинами в рачовинами в рачови в рачови в тем на в тем н	· •												
плумачения, пояспения й класифікації суті та механізмів різвоманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики. ПРН5. Знати основні актуальні + + + + + + + + + + + + + + + + + + +													
різноманітних фізичних явиш і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних пробиез в фізики. ПРН5. Знати основні актуальні нроблеми сучасної фізики. ПРН6. Знати основні актуальні нроблеми сучасної фізики. ПРН6. Знати основні актуальні нроблеми сучасної фізики. ПРН6. Знати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукові трупи. ПРН10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення методи та засоби досягнення застосованих методів. ПРН11. Вміти упорядковувати, таумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРН113. Розуміти зв'язок фізики зі іншими природнични та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізатії) основними пиригладної фізики, матеріалознавства, інженерній узий, біології тощо, а + + + + + + + + + + + + + + + + + +													
різноманітних фізичних явищ і прощесів для розв'язування касладних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики. ПРНБ. Знати основні актуальні † † † † † † † † † † † † † † † † † † †	•												
процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики. ПРН5. Знати основні актуальні троблеми сучасної фізики. ПРН9. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи. ПРН10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досятвення мети дослідження, закодити пляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів. ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальновати результати, робити висновки. ПРН13. Розуміти зв'язок фізики з іншими природничими та інженернітми науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основним поняттями прикладної фізики, матеріалогіавства, інженерії, хімії, біолотії тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що с предметом дослідження інших наук і, водночає, можуть бути предметами фізичних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовивами, просліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовивами, правила захисту персоналу від дії													
складимх спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики. ПРН5. Знати основні актуальні	різноманітних фізичних явищ і												
та практичних проблем з фізики. ПРН5. Знаги основні актуальні нроблеми сучасної фізики. ПРН9. Мати базові навички проведення теорегичних та/або експериментальних паукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи. ПРН10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосковалення застосованих методів. ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальновати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРН13. Розуміти зв'язок фізики з іншим природничним та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими обізнаним за кремими обізнаним за природнимим явицами, що є предметом дослідження інших наук і, водночає можуть бути предметом досліджень, при													
ПРН5 Знати основні актуальні	складних спеціалізованих задач												
проблеми сучасної фізики. ПРН9. Мати базові навички проведення теорегичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової трупи. ПРН10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити пляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів. ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРН113. Розуміти зв'язок фізики з іншими природничими та інженерінтми науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, кімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явицами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персонату від дії	та практичних проблем з фізики.												
проблеми сучасної фізики. ПРНЭ. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи. ПРНО. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдаль та вдосконалення застосованих методів. ПРНО. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати на узагальнювати не узагальнювати не узагальнювати не узагальнювати не узагальних не узагальновати на узагальновати не узагальновати не узагальновати на узагальновати на узагальновати не узагальновати на узагальновати не узагальнов	ПРН5. Знати основні актуальні	+		+		+						+	+
проведения теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи. ПРН10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досятнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів. ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати олержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРН13. Розуміти зв'язок фізики з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а + + + + + + + + + + + + + + + + + +	проблеми сучасної фізики.	'		,		'						'	
експериментальних наукових досліджень з окремих повыконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи. ПРН10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити нляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів. ПРН11. Вміти упорядковувати, глумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРН13. Розуміти зв'язок фізики з іншим природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними понятлями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими (гехнологічними процесами) та природними явицами, що є предметом дослідженья інших наук і, водночас, можуть бути предметом дослідженья інших наук і, водночас, можуть бути предметом досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні. експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії	ПРН9. Мати базові навички												
досліджень з окремих спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи. ПРИ10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів. ПРИ11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРИ13. Розуміти зв'язок фізики 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 явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних досліджень. ПРИ14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами добладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії	проведення теоретичних та/або												
спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи. ПРН10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити	експериментальних наукових												
спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи. ПРНІО. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів. ПРНІ1. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРНІЗ. Розуміти зв'язок фізики з іншими природничими та інженеріпими прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а + + + + + + також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметами можуть бути предметами фізичих досліджень. ПРНІ4. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнаня та речовинами, правила захисту персоналу від дії	досліджень з окремих												
виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи. ПРН10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити													
(автономно) та/або у складі наукової групи. ПРН10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів. ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРН13. Розуміти зв'язок фізики 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 предметами фізичних наук і, водночає, можуть бути предметами фізичних досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персопалу від дії													
ПРН10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів. ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальновати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРН13. Розуміти зв'язок фізики 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 досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії													
дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів. ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРН13. Розуміти зв'язок фізики з іншими природничми 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 досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії	наукової групи.												
методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів. ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРН3. Розуміти зв'язок фізики з іншими природничми 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, водночає, можуть бути предметами фізичних досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії	ПРН10. Вміти планувати												
методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів. ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРН3. Розуміти зв'язок фізики з іншими природничми 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, водночає, можуть бути предметами фізичних досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії	дослідження, обирати оптимальні												
шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів. ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальновати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРН13. Розуміти зв'язок фізики 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, водночає, можуть бути предметами фізичних досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії													
шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів. ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальновати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРН13. Розуміти зв'язок фізики 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, водночає, можуть бути предметами фізичних досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії	мети дослідження, знаходити						+	+			+	+	+
завдань та вдосконалення застосованих методів. ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРН13. Розуміти зв'язок фізики 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 досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії													
застосованих методів. ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальновати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРН13. Розуміти зв'язок фізики 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 досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії	-												
тлумачити та узагальновати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРН13. Розуміти зв'язок фізики з інженерними 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 природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії	_												
тлумачити та узагальновати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРН13. Розуміти зв'язок фізики з інженерними 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 природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії	ПРН11. Вміти упорядковувати,												
одержані наукові та практичні результати, робити висновки. ПРН13. Розуміти зв'язок фізики 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 досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії													
результати, робити висновки. ПРН13. Розуміти зв'язок фізики 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 досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії							+		+		+	+	+
ПРН13. Розуміти зв'язок фізики 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 досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії													
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 досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії													
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 досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії	1												
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 досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії	1 1												
(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 досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії	-												
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 досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії	1												
фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а + + + + +	`												
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 досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії							_						
(технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії							+						
природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії	<u> </u>												
предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії	1												
наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії	* *												
предметами фізичних досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії	*												
досліджень. ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії													
ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії	-												
вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії													
проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії													
досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії	1												
роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії	*												
роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії									+	+			
правила захисту персоналу від дії	1												
	1												
різноманітних чинників,	ž ž ž												
	різноманітних чинників,												

небезпечних	для	здоров'я						
людини.								

7. Схема формування оцінки:

7.1 Форми оцінювання студентів: (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням Міп. — рубіжної та Мах. кількості балів чи відсотків)

- семестрове оцінювання:

- 1. Опитування під час першого змістового модуля 3 бали/ 2 бали
- $2.\ Modyльна контрольна робота <math>1-7\ балів/4\ бали$

3.

- 4. Опитування під час другого змістового модуля 3 бали/ 2 бали
- 5. Модульна контрольна робота 2 7 балів/ 4 бали
- 6. Виконання та здача лабораторних робіт 20 балів/12 балів

Модуль 1: оцінка за відповіді при усному опитуванні, за модульну контрольну роботу з теми «Експериментальні методи дослідження та створення наносистем», за здачу лабораторних робіт — 30 балів (рубіжна оцінка 18 балів).

Модуль 2: оцінка за відповіді при усному опитуванні, за модульну контрольну роботу з теми «Основні фізичні властивості та застосування наносистем», за здачу лабораторних робіт — 30 балів (рубіжна оцінка 18 балів).

Для студентів, які упродовж семестру не досягли мінімального рубіжного рівня оцінки (60% від максимально можливої кількості балів) проводиться заключна семестрова контрольна робота, максимальна оцінка за яку не може перевищувати 20% підсумкової оцінки (до 20 балів за 100-бальною шкалою).

- підсумкове оцінювання у формі іспиту, максимальна оцінка 40 балів (рубіжна оцінка 24 балів). Підсумкова кількість балів з дисципліни (максимум 100 балів), яка визначається як сума балів за систематичну роботу впродовж семестру та за результатами проведення іспиту. *Результатами навчання, які оцінюються під час іспиту, є РН 1.1. - 4.2.* При простому розрахунку отримаємо:

	3M1	3M2	істит	Підсумкова оцінка
Мінімум	<u>18</u>	<u>18</u>	<u>24</u>	<u>60</u>
Максимум	<u>30</u>	<u>30</u>	<u>40</u>	<u>100</u>

Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше 36 балів. Для допуску до іспиту студент обов'язково має здати всі лабораторні роботи, написати передбачені програмою контрольні роботи або написати заключну семестрову контрольну роботу. Оцінка за залік не може бути меншою 36 балів для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

Умовою отримання позитивної результуючої оцінки з дисципліни ϵ досягнення не менш як 60% від максимально можливої кількості балів.

7.2 Організація оцінювання: (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням, у тому числі, результатів навчання, опанування яких перевіряється конкретним оцінюванням).

Рівень досягнення запланованих результатів навчання визначається за результатами написання та захисту письмових контрольних робіт, відповідей при усному опитуванні.

Питома вага результатів навчання у підсумковій оцінці за умови її опанування на належному рівні:

- результати навчання 1.1 1.5 (знання) до 40%;
- результати навчання 2.1-2.4 (вміння) до 40%;
- результати навчання 3.1. (комунікація) до 10%;

- результати навчання 4.1-4.2. (автономність і відповідальність) - до 10%. У курсі передбачено 2 змістові модулі. Після завершення відповідних частин проводяться модульні контрольні роботи. Передбачено також усне опитування під час лекцій.

7.3 Шкала відповідності

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно з можливістю повторного складання / Fail	35-59
Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Fail	0-34
Зараховано / Passed	60-100
He зараховано / Fail	0-59

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

N₂			Кількість годи	Н
п/п	Назва теми	лекції	лабораторні	Самостійна робота
	Частина 1. Експериментальні методи досліджен	ня та ство	рення наносист	ем
1	Тема 1. Наносистеми. Основні поняття та визначення. Нанотехнології в науці та техніці. Історія розвитку, основні етапи та досягнення. Поняття про ефект розмірного квантування. Класифікація нанообєктів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2		2
2	Тема 2. Методи характеризації наносистем: електронна мікроскопія (ПЕМ, РЕМ), скануючи зондова мікроскопія (тунельна, атомно-силова, магніто-силова, оптична ближнього поля), рентгенівська дифракція, спектроскопія (месбауерівська, рентгено-, УФ, оптична, коливна, радіо-). с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Електро-силова зондова мікроскопія.	3		3
3	Тема 3. Методи формування наносистем: класифікація, створення плівок (епітаксія, осадження, оксидування), диспергування (механічне, фізичне, хімічне), літографія (оптична, рентгенівська, електронно-променева, іонна, зондова, нанодрук, наносферна). с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Магнетронне розпилення	5		5
	Модульна контрольна робота 1			2
	Частина 2. Основні фізичні властивості та	вастосуван	ня наносистем	
4	Тема 4. Електрофізичні, оптичні та магнітні властивості наносистем. Елементи зонної структури твердих тіл. Розмірне квантування електронних станів в напівпровідникових наносистемах. Оптичні властивості напівпровідникових наносистем. Металічні нанокластери. Наномагнетізм. Вуглецеві наносистеми та їх електрофізичні властивості. Наноструктуровані матеріали та їх електричні і оптичні властивості. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції	2		3
5	Тема 5. Застосування наносистем в приладах наноелектроніки та оптоелектроніки. Одноелектронні	2		3

ВСЬОГО	14	30	46
температуру Кюрі матеріалів		4	4
Робота 9. Визначення впливу нанокристалічності на			+
металевих сплавів		2	
залежностей опору аморфних та нанокристалічних		2	2
Робота 8. Дослідження особливостей температурних			
Робота 7. Дослідження дифракційних спектрів багатофазних систем		5	4
структурою			
порошкових та полікристалічних матеріалів з кубічною		5	4
Робота 6. Розшифровка дифракційних спектрів простих		E	4
нанокристалічних та аморфних матеріалів			
спектрів монокристалічних, полікристалічних,		6	4
Робота 5. Одержання та трактування дифракційних			
дифрактометра ДРОН-4)			
рентгенівських дифрактометрів (на базі рентгенівського		2	2
Робота 4. Ознайомлення з будовою та правилами роботи			
(рентгенівського) випромінювання		2	2
Робота 3. Техніка безпеки з джерелами іонізаційного		2	2
різних кристалів		2	2
Робота 2. Симетрія кристалів та поняття про структуру			
простору. Просторова гратка та її елементи.		2	2
Робота 1. Геометричні аспекти будови кристалічного			
Перелік лабораторних ро	біт		
Модульна контрольна робота 2			2
с.р.с. Вивчення матеріалу лекції			
Елементи молекулярної електроніки.			
Електронні пристрої на основі вуглецевих наноструктур.			
пристрої. Лазери на квантових ямах і точках. Фотоприймачі на основі напівпровідникових наносистем.			

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 90 год. ⁴, в тому числі:

Лекцій $-\underline{14}$ год. Семінари - 0 год. Практичні заняття - 0 год. Лабораторні заняття - <u>30</u> год.

Тренінги — **0** год.

Консультації — 1 год.

Самостійна робота — <u>46</u> год.

³агальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА⁵:

Основна: (Базова)

- 1. Борисенко В.Е., Воровьева А.И., Данилюк А.Л., Уткина Е.А. Наноэлектроника: теория и практика, М., «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2015, 369 с.
- 2. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий, М., «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2012, 431 с.
- 3. Назаров О.М., Нищенко М.М. Наноструктури та нанотехнології, К., НАУ, 2010, 256 с.
- 4. Рыжонков Д.И., Левина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы, М., «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2012, 365 с.
- 5. Лозовский В.Н., Константинова Г.С., Лозовский С.В. Нанотехнология в электронике. Введение в специальность. Спб., «Лань», 2008, 336 с.
- 6. Минько Н.И., Строкова В.В., Жерновский И.В., Нарцев В.М. Методы получения и свойства нанообъектов, М., «Флинта», «Наука», 2009, 168 с.
- 7. Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы. М., «Физматлит», 2010, 456 с.
- 8. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. М., «Техносфера», 2004, 330 с.
- 9. Маслов М.М., Опенов Л.А. Введение в физику наноструктур. М., «НИЯУ МИФИ», 2011, 80 с.
- 10. Головин Ю.И. Введение в нанотехнику. М., «Машиностроение», 2007, 496 с.
- 11. Семенько М.П. "Структурна кристалографія" (вибрані лекції по кристалографії) для студентів фізичного факультету.// Київ. 2019 р. 63 с.
- 12. Захаренко М.І., Семенько М.П., "Методи структурного аналізу" (методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу "Дифракційні методи дослідження конденсованого стану" Київ.- 2012.

Додаткова:

- 1. Щука А.А. Наноэлектроника. М., «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2012, 342 с.
- 2. Гриднев С.А., Калинин Ю.Е., Ситников А.В., Стогней О.В. Нелинейные явления в нано- и микрогетерогенных системах, «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2012, 352 с.
- 3. Раков Э.Г. Неорганические наноматериалы, «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2013, 477 с.
- 4. Левичев В.В. Электронные и фотонные устройства: принцип работы, технологии изготовления, СПб: Университет ИТМО, 2015, 65 с.
- 5. Шик А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А. Физика низкоразмерных систем. Спб., «Наука», 2001, 160 с.
- 6. Суздалев И.П. Электрические и магнитные переходы в нанокластерах и наноструктурах. М., «Красанд», 2012, 480 с.

.

⁵ В тому числі Інтернет ресурси