

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет  
(назва факультету)

Кафедра загальної фізики



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана  
фізичного факультету  
Момот О.В.

2022 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Низькорозмірні вуглецеві матеріали та композити

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань

(шифр і назва)

спеціальність

(шифр і назва спеціальності)

освітній рівень

освітня-професійна програма

10 Природничі науки

104 Фізика та астрономія

бакалавр

(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)

Фізичне матеріалознавство/неметалічне матеріалознавство

(назва освітньої програми)

вид дисципліни

вибіркова

Б.С.Б.13

Форма навчання

очна

Навчальний рік

2022/2023

Семестр

8

Мова викладання, навчання  
та оцінювання

українська

Форма заключного контролю

іспит

Викладачі: доцент Овсієнко Ірина Володимирівна

(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2022

Розробники<sup>1</sup>: Овсієнко Ірина Володимирівна, кандидат фіз.-мат. наук, доцент,  
доцент кафедри загальної фізики  
(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри

(підпис)

(Боровий М.О.)

(прізвище та ініціали)

Протокол № 7 від 19 травня 2022 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол №11 від 10 червня 2022 року

Голова науково-методичної комісії

(підпис)

(Оліх О.Я.)

(прізвище та ініціали)

<sup>1</sup> 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).

## ВСТУП

**1. Метою дисципліни** є отримання глибоких та систематичних знань з курсу, що включає засвоєння теорії та методів отримання низькорозмірних вуглецевих матеріалів та композитів на їх основі, зокрема, утворення інтеркальованих сполук графіту, а також механізмів формування електротранспортних, магнітних, теплових та механічних властивостей композитів, оволодіння методами і принципами виконання фізичного експерименту.

### **2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

1. Знання з курсів «Термодинаміка та молекулярна фізика», „Електрика та магнетизм”, „Квантова механіка”, „Електронна структура твердого тіла”, „Фізичне матеріалознавство”
2. Знання з курсів вищої математики та вміння їх застосовувати для розрахунків.
3. Вміння проводити фізичний експеримент, працювати з електро-вимірювальними приладами.
4. Знання з теорії похибок, вміння оцінювати точність вимірювання.

### **3. Анотація навчальної дисципліни / референс:**

Курс включає розгляд таких питань

як кристалічна та зональна структура і методи отримання низькорозмірних графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості, а також інтеркальованих сполук на їх основі, кінетичні, магнітні, теплові та механічні властивості низько розмірних графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості та інтеркальованих сполук на їх основі. Вивчення дисципліни спрямоване на засвоєння засобів та методів розв'язання конкретних задач професійної діяльності, розвиток навичок самостійного вивчення науково-технічної літератури, набуття вміння формулювання практичних задач з врахуванням їх фізичної суті; розвинення наукового світогляду, сучасного фізичного мислення і формування вмінь аналітичного мислення. Методи викладання: лекції, лабораторні роботи, самостійна робота, консультації. Методи оцінювання: опитування в процесі лекції, контрольні роботи наприкінці змістових модулів, захист лабораторних робіт, екзамен. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та екзамену (40%).

**4. Завдання (навчальні цілі)** – засвоєння закономірностей формування низько розмірних графітових і карбонових матеріалів та утворення інтеркальованих сполук на основі низько розмірних графітових та карбонових матеріалів, а також закономірностей зміни механізмів кінетичних властивостей при формуванні низько розмірних графітових та карбонових структур та їх інтеркалюванні, оволодіння методами і принципами виконання фізичного експерименту.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика і астрономія» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

*інтегральної:*

- Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики і характеризується складністю та невизначеністю умов.

*Загальних:*

- (ЗК02) Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- (ЗК07) Навички здійснення безпечної діяльності.
- (ЗК10) Прагнення до збереження навколишнього середовища.
- (ЗК13) Здатність спілкуватися іноземною мовою.

*Спеціальних (фахових, предметних):*

- (ФК02) Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.
- (ФК03) Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.
- (ФК04) Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.
- (ФК08) Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи.
- (ФК09) Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.
- (ФК10) Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики та суміжних галузей.
- (ФК15) Здатність аналізувати світові тренди розвитку фізики та астрономії для вибору власної освітньої траєкторії навчання та тематики майбутніх наукових досліджень.

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

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Закономірності формування низькорозмірних графітових та карбонових структур.	Лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота, перевірка самостійної роботи, опитування в процесі лекції, іспит	20
1.2	Механізми формування композитів на основі низькорозмірних графітових та карбонових структур з різним ступенем структурної досконалості.	Лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота, перевірка самостійної роботи, опитування в процесі лекції, іспит	30
1.3	Закономірності формування кінетичних властивостей низькорозмірних графітових та карбонових структур та композитів на їх основі.	Лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота, перевірка самостійної роботи, опитування в процесі лекції, іспит	20
2.1	Визначати параметри кристалічної	Лабораторні роботи,	Захист	15

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

	структури низькорозмірних графітових матеріалів за даними рентгенівської дифракції.	<i>самостійна робота</i>	<i>лабораторних робіт, перевірка самостійної роботи</i>	
2.2	Проводити дослідження кінетичних властивостей низько розмірних графітових матеріалів та композитів на їх основі. Оцінювати точність вимірювань	<i>Лабораторні роботи,самостійна робота</i>	<i>Захист лабораторних робіт, перевірка самостійної роботи</i>	15

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

Результати навчання дисципліни		1.1	1.2	1.3	2.1	2.2
Програмні результати навчання						
ПРН1.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 8 фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та астрономії		+	+	+		
ПРН3. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.					+	+
ПРН5. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.		+	+	+		
ПРН7.Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації.					+	+
ПРН8.Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.			+	+		
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.					+	+
ПРН13. Розуміти зв'язок фізики та 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.		+	+	+		
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 різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини.					
ПРН17. Знати і розуміти роль і місце фізики, астрономії та інших природничих наук у загальній системі знань про природу та суспільство, у розвитку техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду.	+	+	+		
ПРН22. Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства.	+	+	+		
ПРН26. Мати базові навички самостійної оцінки рівня освітніх програм з фізики та астрономії у глобальному освітньому просторі для вибору цілеспрямованих візитів по програмі академічної мобільності.	+	+	+		
ПРН27. Мати базові навички експериментального дослідження функціональних матеріалів різноманітного призначення, вміння обирати оптимальні методи та засоби їхнього дослідження.				+	+

## Структура курсу

Курс складається з 2-х змістових модулів: «Кристалічна та електронна будова і методи отримання низькорозмірних графітових та карбонових структур та композитів на їх основі», який включає в себе 7 лекцій та 2 лабораторні роботи, та «Кінетичні властивості низькорозмірних графітових матеріалів і карбонових структур та композитів на їх основі», який складається з 8 лекцій та 2 лабораторних робіт.

## 7. Схема формування оцінки:

**7.1. Форми оцінювання студентів:** (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням Min. – рубіжної та Max. кількості балів чи відсотків)

### - семестрове оцінювання:

1. Опитування в процесі лекції (16 балів)
2. Модульна контрольна робота 1 (10 балів).
3. Захист лабораторних робіт першого змістового модулю ( $6 \times 2 = 12$  балів).
4. Модульна контрольна робота 2 (10 балів).
5. Захист лабораторних робіт другого змістового модулю ( $6 \times 2 = 12$  балів).

### - підсумкове оцінювання у формі іспиту

**Підсумкове оцінювання у формі іспиту<sup>1</sup>:** (обов'язкове проведення екзаменаційного оцінювання в письмовій формі)

	ЗМ1/Частина 1 (за наявності)	ЗМ2/Частина 2 (за наявності)	екзамен	Підсумкова оцінка
Мінімум	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>24</b>	<b>60</b>
Максимум	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

у випадку комплексного екзамену слід вказати питому вагу складових

Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру не виконав та не захистив всі передбачені робочою програмою лабораторні роботи (1) та набрав менше 36 балів (2).<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Семестрову кількість балів формують бали, отримані студентом у процесі теоретичного засвоєння матеріалу з усіх розділів дисципліни, семінарських занять, виконання практичних, лабораторних, індивідуальних, підсумкових контрольних робіт, творчих робіт впродовж семестру, передбачених робочою навчальною програмою (**100** балів - для залікових дисциплін, у випадку, якщо дисципліна завершується екзаменом, то розподіл здійснюється за таким алгоритмом: **60 балів (60%) – семестровий контроль** і **40 балів (40%) – екзамен**).

<sup>2</sup>У випадку, коли дисципліна завершується екзаменом не менше – **20 балів**, а рекомендований мінімум **не менше 36 балів**, оскільки якщо студент на екзамені набрав менше **24 балів** (а це 60% від 40 балів, відведених на екзамен), то вони **не**

(слід чітко прописати умови, які висувуються викладачами даної дисципліни).

Оцінка за іспит не може бути меншою **24 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

**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).

### 7.3. Шкала відповідності

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

## 8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	Самостійна робота
<b>Частина 1.(ЗМ1)Кристалічна та електронна будова і методи отримання низькорозмірнихграфітових та карбонових структур та композитів на їх основі</b>				
1	<b>Тема 1.</b> Алотропні відозміни карбону. Класифікація карбоновихструктур. Кристалічна структура низькорозмірних графітових структур та карбонових структур. Двовимірний графіт, графен, турбостратний графіт, аморфний графіт. Вуглецеві нанотрубки та волокна. <b>С.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.Підготовка до лабораторної роботи.	2		5
2	<b>Тема 2.</b> Параметри, що описують структуру графітових матеріалів.Методи отримання низькорозмірнихграфітових матеріалів та карбонових структур. Піроліз. CVDметод, метод сублімації – осадження, розпад монооксиду карбону. Порівняльний аналіз та особливості методів. <b>Лаб.р.</b> Визначення параметрів кристалічної структури низькорозмірнихграфітових матеріалів за даними рентгенівської дифракції. <b>С.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.Оформлення звіту по лабораторній роботі.	2	2	7
3	<b>Тема 3.</b> Моделі зонної структури низькорозмірних графітових матеріалів та карбонових структур. <b>С.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції.Підготовка до лабораторної роботи.	2		5
4	<b>Тема 4.</b> Інтеркальовані сполуки графіту як низькорозмірні вуглецеві матеріали. Особливості	2	2	7

**додіються** до семестрової оцінки незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру, а в екзаменаційній відомості у графі «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

	кристалічної структури інтеркальованих сполук на основі графіту та ВНТ. Параметри структури інтеркальованих сполук. <b>Лаб.р.</b> Визначення параметрів структури інтеркальованих сполук на основі графіту та ВНТ за даними рентгенівської дифракції. <b>С.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Оформлення звіту з лабораторної роботи.			
5	<b>Тема 5.</b> Методи отримання інтеркальованих сполук на основі графіту та ВНТ, методи модифікації низькорозмірних графітових матеріалів та ВНТ. <b>С.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до захисту лабораторної роботи.	2		5
6	<b>Тема 6.</b> Терморозширений графіт як низькорозмірний графітовий матеріал. Структура, методи отримання. <b>Лаб.р.</b> Захист лабораторних робіт ЗМ1. <b>С.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до контрольної роботи ЗМ1.	2	1	5
7	<b>Тема 7.</b> Моделі електронної будови інтеркальованих сполук графіту та модифікованих карбонових структур. Модель жорстких зон. Двовимірний модель електронної будови ІСГ акцепторного типу. Проста двовимірний модель «металічного сандвічу». <b>С.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до контрольної роботи ЗМ1.	2		6
	<b>Підсумкова модульна контрольна робота 1</b>			
<b>Частина 2. (ЗМ2) Кінетичні властивості низькорозмірних графітових матеріалів і карбонових структур та композитів на їх основі</b>				
8	<b>Тема 8.</b> Електротransпортні властивості низькорозмірних графітових матеріалів. Електро- та магнітоопір, коефіцієнт Холла, термо-ерс. <b>С.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до лабораторної роботи.	2		5
9	<b>Тема 9.</b> Моделі провідності низькорозмірних карбонових структур (Графен, одностінні та багатостінні ВНТ). <b>Лаб.р.</b> «Дослідження термо-ерс низькорозмірних графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості». <b>С.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Оформлення звіту з лабораторної роботи.	2	2	5
10	<b>Тема 10.</b> Прояв квантових ефектів слабкої локалізації та взаємодії носіїв заряду в транспортних властивостях двовимірних карбонових структур. <b>С.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до лабораторної роботи.	2		5
11	<b>Тема 11.</b> Електропровідність інтеркальованих сполук на основі низькорозмірних графітових матеріалів та карбонових структур. <b>Лаб.р.</b> Визначення параметрів електронної структури інтеркальованих сполук на основі низькорозмірних графітових матеріалів за даними дослідження температурної залежності електроопору. <b>С.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Оформлення звіту з лабораторної роботи.	2	2	5
12	<b>Тема 12.</b> Гальваномагнітні та термоелектричні властивості інтеркальованих сполук інтеркальованих сполук на основі низькорозмірних графітових матеріалів та карбонових структур. <b>С.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до захисту лабораторних робіт	2		5



13	<b>Тема 13.</b> Механізми магнітоопору в модифікованих низькорозмірних графітових та карбонових структурах. Гігантський магнітоопір, анізотропний магнітоопір, асиметричний магнітоопір, лінійний магнітоопір. <b>Лаб.р.</b> Захист лабораторних робіт ЗМ2 <b>С.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до контрольної роботи ЗМ2.	2	1	5
14	<b>Тема 14.</b> Опис параметрів електронної структури та кінетичних властивостей інтеркальованих сполук ацепторного типу на основі низькорозмірних графітових матеріалів та карбонових структур в рамках простої двовимірної моделі електронної структури.. <b>С.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до контрольної роботи ЗМ2.	2		5
15	<b>Тема 15.</b> Теплові та механічні властивості композитів на основі низькорозмірних графітових матеріалів та карбонових структур. Модель сумішей. Ефективний модуль Юнга. <b>С.р.с.</b> Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до контрольної роботи ЗМ2.	2		5
	<b>Підсумкова модульна контрольна робота 2</b>			
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>80</b>

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

**Загальний обсяг** 120 год.<sup>3</sup>, в тому числі:

Лекцій – 30 год.

Семінари – 0 год.

Практичні заняття – 0 год.

Лабораторні заняття – 10 год.

Тренінги – 0 год.

Консультації – 0 год.

Самостійна робота – 80 год.

## 9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА<sup>4</sup>:

**Основна:** (Базова)

1. І. В. Овсієнко, Л. Л. Вовченко, Л. Ю. Мацуй. Вуглецеві матеріали та інтеркальовані сполуки на їх основі. Навчальний посібник. НВП “Видавництво “Наукова думка” НАН України”, 2009, 129 стор. <https://gen.phys.univ.kiev.ua/biblioteka/pidruchniki-ta-posibniki>. Бібліотека фізичного факультету
2. О.А. Лазаренко, Л.Л. Вовченко, І.В. Овсієнко, Л.Ю. Мацуй. Полімерні композити нановуглець – метал: Наукова монографія.- Вінниця. ТОВ «Твори», 2018. – 200 с. <https://gen.phys.univ.kiev.ua/biblioteka/pidruchniki-ta-posibniki>. Бібліотека фізичного факультету
3. М.О. Боровий, Ю.А. Куницький, О.О. Каленик, І.В. Овсієнко, Т.Л. Цареградська. Наноматеріали, нанотехнології, нанопристрої.- Київ: «Інтерсервіс», 2015. – 350 с. Бібліотека кафедри загальної фізики. <https://gen.phys.univ.kiev.ua/biblioteka/pidruchniki-ta-posibniki>.
4. М.О. Боровий. І.В. Овсієнко. Рентгенівська дифрактометрія наноструктурних матеріалів. Вінниця. ТОВ «Нілан-ЛТД» 2018 – 86 стор. <https://gen.phys.univ.kiev.ua/biblioteka/pidruchniki-ta-posibniki>. Бібліотека фізичного факультету
5. І. В. Овсієнко, Л. Л. Вовченко, Л. Ю. Мацуй, Т.А. Ленъ. Термодинаміка інтеркальованих сполук графіту. Наукова монографія.- Вінниця. ТОВ «Твори», 2020. – 120 с. <https://gen.phys.univ.kiev.ua/biblioteka/pidruchniki-ta-posibniki>. Бібліотека фізичного факультету

**Додаткова:**

<sup>3</sup> Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

<sup>4</sup> В тому числі Інтернет ресурси

1. Ф. П. Санін, Л. Д. Кучма, Є. О. Джур, А. Ф. Санін. Твердопаливні ракетні двигуни. Матеріали та технології. Д.: Видавництво Дніпропетровського університету, 1999, 318 с.Бібліотека кафедри загальної фізики.
2. Ю.І.Семенцов, С.Л.Рево, К.О. Іваненко, С. Хамамда. Терморозширений графіт та його композити (Expanded graphite and its composites). Київ: Академперіодика, 2019. — 226 с.Бібліотека кафедри фізики металів.