

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет
(назва факультету)

Кафедра загальної фізики



2021 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фізика низькорозмірних вуглецевих систем, фулеренів та нанотрубок
(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10 Природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 104 Фізика та астрономія
(шифр і назва спеціальності)
освітній рівень бакалавр
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
освітня програма Фізика
(назва освітньої програми)
спеціалізований
вибірковий блок Фізика наноструктур в металах та кераміках
вид дисципліни вибіркова *Вс15*

Форма навчання очна
Навчальний рік 2021/2022
Семестр 8 ✓
Кількість кредитів ECTS 4 ✓
Мова викладання, навчання та оцінювання українська
Форма заключного контролю залік ✓

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)

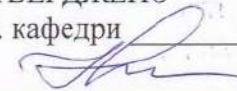
КИЇВ – 2021

Розробники¹:

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 № 10 від 18 травня 2021 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол №4 від 22 червня 2021 року

Голова науково-методичної комісії



(підпис)

(Оліх О.Я.)

(прізвище та ініціали)

¹ 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. Мета дисципліни – отримання глибоких та систематичних знань в галузі фізики низькорозмірних систем у застосуванні до графітових матеріалів, в тому числі, графітових композитів, оволодіння сучасними експериментальними та теоретичними методами дослідження та опису фізичних властивостей низько розмірних графітових матеріалів.

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 електронна структура і методи отримання низькорозмірних графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості та інтеркальованих сполук на їх основі; кінетичні властивості графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості та інтеркальованих сполук на їх основі; будова та методи отримання нанорозмірних оболонкових та ниткоподібних карбонових структур. 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, залік. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та заліку (40%).

4. Завдання (навчальні цілі) – засвоєння закономірностей формування графітової структури та утворення інтеркальованих сполук на основі структурно різних вуглецевих матеріалів, а також закономірностей зміни механізмів кінетичних властивостей при формуванні графітової структури та інтеркалюванні графіту, 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:

- (ЗК01) Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- (ЗК02) Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- (ЗК03) Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- (ЗК05) Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- (ЗК07) Навички здійснення безпечної діяльності.
- (ЗК08) Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- (ЗК12) Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

- (ЗК13) Здатність спілкуватися іноземною мовою.

Спеціальних (фахових, предметних):

- (ФК01) Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.
- (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.
- (ФК06) Здатність моделювати фізичні системи та явища і процеси.
- (ФК07) Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.
- (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.
- (ФК11) Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.
- (ФК12) Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень.
- (ФК13) Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.
- (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)

<i>Результат навчання</i> (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*)		<i>Методи викладання і навчання</i>	<i>Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i>
Код	Результат навчання			
I.1	Закономірності формування низькорозмірних графітових структур.	<i>Лекції, самостійна робота</i>	<i>Опитування в процесі лекцій, модульна контрольна робота, залік</i>	20
I.2	Механізми формування кінетичних властивостей низькорозмірних графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості та їх зв'язок з структурними характеристиками.	<i>лекції, самостійна робота</i>	<i>Опитування в процесі лекцій, модульна контрольна робота, залік</i>	30
I.3	Закономірності зміни кінетичних властивостей при інтеркалюванні	<i>лекції, самостійна робота</i>	<i>Опитування в процесі лекцій,</i>	20

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

	вуглеграфітових матеріалів різного ступеня структурної досконалості.		модульна контрольна робота, залік	
2.1	Визначати параметри кристалічної структури низькорозмірних графітових матеріалів за даними рентгенівської дифракції.	лабораторні роботи, самостійна робота	Захист лабораторних робіт, залік	15
2.2	Проводити дослідження кінетичних властивостей графітових матеріалів. Оцінювати точність вимірювань	лабораторні роботи, самостійна робота	Захист лабораторних робіт, залік	15

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

Результати навчання дисципліни					
Програмні результати навчання	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2
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.	+	+	+		
ПРН6. Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії.	+	+	+		
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.				+	+
ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки.				+	+
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.	+	+	+		
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.					
ПРН28. Мати уявлення про трансдисциплінарний шлях розвитку науки та його значення для вибору майбутньої освітньої траєкторії.	+	+	+		

Структура курсу

Курс складається з 2-х змістових модулів: «Кристалічна та електронна структура, методи отримання графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості та інтеркальованих сполук на їх основі», який включає в себе 7 лекцій та 2 лабораторні роботи, та «Кінетичні властивості графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості та інтеркальованих сполук на їх основі», який складається з 8 лекцій та 2 лабораторних робіт.

7. Схема формування оцінки:

7.1. Форми оцінювання студентів: (азначається 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 × 2 =12 балів).
4. Модульна контрольна робота 2 (10 балів).
5. Захист лабораторних робіт другого змістового модулю (6 × 2=12 балів).

- підсумкове оцінювання у формі заліку.

Підсумкове оцінювання у формі заліку¹: (обов'язкове проведення екзаменаційного оцінювання в письмовій формі)

	ЗМ1/Частина 1 (за наявності)	ЗМ2/Частина 2 (за наявності)	залік	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>

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).²

¹ 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).

² 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 додаються 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.

(слід чітко прописати умови, які висуваються 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

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
Не зараховано / Fail	0-59

8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	Самостійна робота
<i>Частина 1.(ЗМ1) Кристалічна та електронна структура і методи отримання графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості та інтеркальованих сполук на їх основі</i>				
1	Тема 1. Алотропні відозміни карбону. Класифікація вуглецевих матеріалів. Кристалічна структура двовимірного графіту. Гексагональний і ромбодричний графіти. Структура. Класифікація дефектів структури. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до лабораторної роботи.	2		5
2	Тема 2. Параметри, що описують структуру графітових матеріалів. Методи отримання графітових матеріалів. Карбонові графітізовані та неграфітізовані волокна. Структура, методи отримання. Лаб.р. Визначення параметрів кристалічної структури графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості за даними рентгенівської дифракції С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Оформлення звіту по лабораторній роботі.	2	3	5
3	Тема 3. Зонна структура двовимірного графіту. Модель Уоллеса. Моделі зонної структури монокристалічного графіту. Моделі зонної структури дефектних графітових матеріалів. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до лабораторної роботи.	2		5
4	Тема 4. Інтеркальовані сполуки графіту як низькорозмірні вуглецеві матеріали. Кристалічна структура ІСГ. Впорядкування інтеркалянту в шарі. Фазові переходи в шарах інтеркалянту. Лаб.р. Визначення стадії інтеркальованої сполуки графіту за даними рентгенівської дифракції. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Оформлення звіту з лабораторної роботи.	2	3	5

5	Тема 5. Газофазні, рідкофазні та твердофазні методи отримання ІСГ. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до захисту лабораторної роботи.	2		5
6	Тема 6. Електро-хімічне інтеркалювання. Кінетика процесу інтеркалювання. Термодинамічна модель утворення ІСГ. Лаб.р. Захист лабораторних робіт 3М1. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до контрольної роботи 3М1.	2	1	5
7	Тема 7. Моделі зонної структури інтеркальованих сполук графіту. Модель жорстких зон. Двовимірна модель електронної будови ІСГ акцепторного типу. Проста двовимірна модель «металічного сандвічу». С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до контрольної роботи 3М1.	2		5
<i>Підсумкова модульна контрольна робота 1</i>				
Частина 2.(3М2) Кінетичні властивості графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості та інтеркальованих сполук на їх основі				
8	Тема 8. Кінетичні властивості графітових матеріалів з структурою, подібною до структури монокристалічного графіту. Електро- та магнітоопір, коефіцієнт Холла, термо-ерс. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до лабораторної роботи.	2		5
9	Тема 9. Кінетичні властивості дрібнокристалічних графітових матеріалів. Електро- та магнітоопір, коефіцієнт Холла, термо-ерс. Прояв квантових ефектів слабкої локалізації та взаємодії носіїв заряду. Лаб.р. Дослідження магнітоопору та коефіцієнту Холла графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Оформлення звіту з лабораторної роботи.	2	3	5
10	Тема 10. Кінетичні властивості неупорядкованих карбонових матеріалів. Електроопір, магнітоопір, термоерс. Модель стрибкової провідності із змінною довжиною стрибка. Гетерогенна модель провідності. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до лабораторної роботи.	2		5
11	Тема 11. Електроопір інтеркальованих сполук графіту на основі структурно різних графітових матеріалів. Вплив фазових переходів в шарах інтеркалянту на провідність ІСГ. Лаб.р. Дослідження температурної залежності електроопору в інтервалі температур 77-293К для ІСГ на основі графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Оформлення звіту з лабораторної роботи.	2	3	5
12	Тема 12. Гальваноманітні та термоелектричні властивості інтеркальованих сполук графіту. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до захисту лабораторних робіт	2		5
13	Тема 13. Опис параметрів електронної структури та кінетичних властивостей інтеркальованих сполук акцепторного типу в рамках простої двовимірної моделі електронної структури. Лаб.р. Захист лабораторних робіт 3М2 С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до контрольної роботи 3М2.	2	1	5

14	Тема 14. Оболонкові сферичні нанокарбонові структури. Фулерени C ₆₀ та C ₇₀ . Будова. Зонна структура фулеренів. Хімічні властивості фулеренів. Методи отримання фулеренів. Фулерени в природі. Молекулярні кристали з оболонкових сферичних нанокарбонових структур. Фулерити. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до контрольної роботи ЗМ2.	2		5
15	Тема 15. Ниткоподібні оболонкові одностінні та багатостінні нановуглецеві структури. Будова одностінних вуглецевих нанотрубок. Хіральні та ахіральні вуглецеві нанотрубки, індекси хіральності. Розрахунок параметрів одностінної вуглецевої нанотрубки за індексами хіральності. Структура багатостінних ВНТ. Дефекти структури ВНТ. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до контрольної роботи ЗМ2.	2		5
	Підсумкова модульна контрольна робота 2			
	ВСЬОГО	30	14	76

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 120 год.³, в тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Семінари – **0 год.**

Практичні заняття – **0 год.**

Лабораторні заняття – **14 год.**

Тренінги – **0 год.**

Консультації – **1 год.**

Самостійна робота – **76 год.**

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА⁴:

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.
2. И. Г. Черныш, И. И. Карпов, Г. П. Приходько, В. М. Шай. Физико-химические свойства графита и его соединений. К.: Наукова думка, 1990, 200 с.
3. М.О. Боровий, І.В. Овсієнко. Рентгенівська дифрактометрія наноструктурних матеріалів. Вінниця. ТОВ «Нілан-ЛТД» 2018 – 86 стор.
4. І. В. Овсієнко, Л. Л. Вовченко, Л. Ю. Мацуй, Т.А. Ленъ. Термодинаміка інтеркальованих сполук графіту. Наукова монографія.- Вінниця. ТОВ «Твори», 2020. – 120 с.
5. М.О. Боровий, Ю.А. Куницький, О.О. Каленик, І.В. Овсієнко, Т.Л. Цареградська. Наноматеріали, нанотехнології, нанопристрої. Навч. посіб. – Київ. Видавництво НВП «Інтерсервіс», 2015, 350 с.

Додаткова:

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.
2. Д. Р. Уббеллоде, Ф. В. Льюис. Графіт и его кристаллические соединения. М.: Мир, 1965, 256 с.
3. А. П. Шпак, Ю. А. Куницький, В. Л. Карбовский. Кластерные и наноструктурные материалы. Киев, академперіодика, 2001, 587 с/
4. Фиалков А.С. Углерод, межслоевые соединения и композиты на его основе. М.: Аспект-пресс., 1997.- 717с.
5. Шулепов С.В. Физика углеграфитовых материалов. / С.В. Шулепов // М.: Металлургия. 1990,- 336 с.

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

⁴ В тому числі Інтернет ресурси