

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Фізичний факультет
(назва факультету)

Кафедра загальної фізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник декана
з навчальної роботи
Момот О.В.

« _____ » _____ 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ¹

Фізика низькорозмірних вуглецевих систем

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань	<u>10 Природничі науки</u> <i>(шифр і назва)</i>
спеціальність	<u>104 Фізика та астрономія</u> <i>(шифр і назва спеціальності)</i>
освітній рівень	<u>бакалавр</u> <i>(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)</i>
освітня програма	<u>Фізика</u> <i>(назва освітньої програми)</i>
спеціалізація <i>(за наявності)</i>	<u>Фізика наноструктур в металах та кераміках</u> <i>(назва спеціалізації)</i>
вид дисципліни	<u>вибіркова</u>

Форма навчання	<u>очна</u>
Навчальний рік	<u>2020/2021</u>
Семестр	<u>8</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>залік</u>

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 – 2020

¹ 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 контролю.

Розробники²: 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 № 12 від 21 травня 2020 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол №33 від 11 червня 2020 року

Голова науково-методичної комісії _____
(підпис)

(Оліх О.Я.)
(прізвище та ініціали)

« _____ » _____ 2020 року

² Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (радї 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 електри-вимірювальними приладами.
4. Знання з теорії похибок, вміння оцінювати точність вимірювання.

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

Курс включає розгляд таких тем, як „Кристалічна та електронна структура і методи отримання графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості”, „Кристалічна та електронна структура і методи отримання інтеркальованих сполук на основі структурно різних графітових матеріалів”, „Кінетичні властивості графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості” та „Електротранспортні властивості інтеркальованих сполук на основі структурно різних графітових матеріалів”. 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, консультації. Методи оцінювання: опитування в процесі лекції, контрольні роботи після основних розділів спецкурсу, 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 проекту 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:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- Здатність приймати обґрунтовані рішення.

- Навички здійснення безпечної діяльності.
- Здатність спілкуватися іноземною мовою.

Спеціальних (фахових, предметних):

- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.
- Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.
- Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.
- Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.
- Здатність моделювати фізичні системи та явища і процеси.
- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.
- Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи.
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.
- Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики та суміжних галузей.
- Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.
- Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень.
- Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.
- 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			
1.1	Закономірності формування низькорозмірних графітових структур.	<i>лекції</i>	<i>Модульна контрольна робота, залік</i>	20
1.2	Механізми формування кінетичних властивостей низькорозмірних графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості та їх зв'язок з структурними характеристиками.	<i>лекції</i>	<i>Модульна контрольна робота, залік</i>	30
1.3	Закономірності зміни кінетичних властивостей при інтеркалюванні вуглеграфітових матеріалів різного ступеня структурної досконалості.	<i>лекції</i>	<i>Модульна контрольна робота, залік</i>	20
2.1	Визначати параметри кристалічної	<i>лабораторні роботи</i>	<i>Захист лабораторних</i>	15

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

	структури низькорозмірних графітових матеріалів за даними рентгенівської дифракції.		<i>робіт</i>	
2.2	Проводити дослідження кінетичних властивостей графітових матеріалів. Оцінювати точність вимірювань	<i>лабораторні роботи</i>	<i>Захист лабораторних робіт</i>	15

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

7. 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 3 лабораторні роботи, та «Кінетичні властивості графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості та інтеркальованих сполук на їх основі», який складається з 8 лекцій та 3 лабораторних робіт.

8. Схема формування оцінки:

8.1 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. Модульна контрольна робота 1 (10 балів).
2. Опитування на лекціях (10 балів)
2. Захист лабораторних робіт першого змістового модулю (5×3=15 балів).
3. Модульна контрольна робота 2 (10 балів).
4. Захист лабораторних робіт другого змістового модулю (5×3=15 балів).

- підсумкове оцінювання у формі заліку.

Підсумкове оцінювання у формі заліку³: (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).⁴

(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.

³ 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**).

⁴ 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.

8.2 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).

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

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	Самостійна робота
Частина 1.(ЗМ1) Кристалічна та електронна структура і методи отримання графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості та інтеркальованих сполук на їх основі				
1	Тема 1. Класифікація вуглецевих матеріалів. Кристалічна структура вуглеграфітових матеріалів та методи її дослідження. Лаб.р. “Визначення параметрів кристалічної структури графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості за даними рентгенівської дифракції” С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Розрахунок параметрів кристалічної структури графітових матеріалів.	2	2	4
2	Тема 2. Вуглецеві волокна. Методи отримання графітових матеріалів. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Методи дослідження структури графітових матеріалів. Електронна мікроскопія. Електронна дифракція.	2		4
3	Тема 3. Електронна структура графіту. Лаб.р. “Визначення параметрів кристалічної структури дрібнокристалічного анізотропного графіту за даними рентгенівської дифракції” С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Розрахунок параметрів кристалічної структури дрібнокристалічного графіту.	2	2	4
4	Тема 4. Інтеркальовані сполуки графіту як низькорозмірні вуглецеві матеріали та наноккомпозити. Кристалічна структура ІСГ. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Методи дослідження електронної структури графітових матеріалів.	2		4
5	Тема 5. Методи отримання інтеркальованих сполук графіту. Лаб.р. “Визначення стадії інтеркальованої сполуки графіту за даними рентгенівської дифракції” С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Розрахунок номеру стадії та параметра ідентичності інтеркальованої сполуки.	2	2	4
6	Тема 6. Кінетика процесу інтеркалювання. Термодинамічна модель утворення ІСГ. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Кінетика процесу інтеркалювання. Оператор псевдопотенціалу, його властивості.	2		4
7	Тема 7. Моделі зонної структури інтеркальованих сполук графіту. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до контрольної роботи	2		4
Підсумкова модульна контрольна робота 1			1	
Частина 2.(ЗМ2) 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. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Механічні властивості графітових матеріалів.	2		6

9	Тема 9. Кінетичні властивості дрібнокристалічних графітових матеріалів. Лаб.р. Дослідження температурної залежності електроопору в інтервалі температур 77-293К для графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Розрахунок температурного коефіцієнту опору, концентрації носіїв заряду та рухливості для графітових матеріалів.	2	2	6
10	Тема 10. Кінетичні властивості неупорядкованих карбонових матеріалів. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Теплові властивості графітових матеріалів.	2		6
11	Тема 11. Кінетичні властивості інтеркальованих сполук на основі структурно різних графітових матеріалів Лаб.р. «Дослідження магнітоопору та коефіцієнту Холла графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості». С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Магнітні властивості графітових матеріалів	2	2	6
12	Тема 12. Гальваномагнітні та термоелектричні властивості інтеркальованих сполук графіту. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Теплові властивості графітових матеріалів.	2		6
13	Тема 13. Опис кінетичних властивостей інтеркальованих сполук акцепторного типу в рамках простої двовимірної моделі електронної структури. Лаб.р. Дослідження температурної залежності термо-ерс графітових матеріалів з різним ступенем структурної досконалості в інтервалі температур 77-293К С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Розрахунок коефіцієнту термо-ерс графітових матеріалів.	2	2	6
14	Тема 14. Розрахунок параметрів електронної структури інтеркальованих сполук графіту в рамках простої двовимірної моделі електронної структури ІСГ. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Розрахунок параметрів електронної структури.	2		6
15	Тема 15. Прояв квантових ефектів слабкої локалізації та електрон-електронної взаємодії носіїв заряду в кінетичних властивостях інтеркальованих сполук графіту. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Вплив фазових перетворень в шарах інтеркалянту на температурну залежність кінетичних властивостей інтеркальованих сполук графіту.	2		6
	Підсумкова модульна контрольна робота 2		1	
	ВСЬОГО	30	14	76

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 120 год.⁵, 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.**

⁵ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА⁶:

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. Д. Р. Уббелоде, Ф. В. Льюис. Графит и его кристаллические соединения. М.: Мир, 1965, 256 с.
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. 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.

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. А. П. Шпак, Ю. А. Куницкий, В. Л. Карбовский. Кластерные и наноструктурные материалы. Киев, академперіодика, 2001, 587 с

⁶ В тому числі Інтернет ресурси