

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 № 10 від 7 травня 2019 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол №21 від 10 травня 2019 року

Голова науково-методичної комісії _____
(підпис)

(Оліх О.Я.)
(прізвище та ініціали)

« _____ » _____ 2019 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).

ВСТУП

1. Мета дисципліни – отримання глибоких та систематизованих знань з фізики вуглецевих нанокompозитів, ознайомлення з методами отримання нанорозмірних вуглецевих структур та нанокompозитів на їх основі; засвоєння закономірностей утворення та механізмів формування властивостей вуглецевих нанокompозитів, ознайомлення з механізмами формування електро-транспортних, магнітних, механічних та теплових властивостей вуглецевих нанокompозитів.

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. Знання з теорії похибок, вміння оцінювати точність вимірювання.

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

В рамках курсу «Фізика вуглецевих нанокompозитів» розглядаються фізико-хімічні закономірності утворення та будова нановуглецевих систем та нанокompозитів на їх основі, зокрема, графіту, нанографіту та графену, інтеркальованих сполук графіту, фулеренів та фулереноподібних структур, нанотрубок та нановолокон, умови та методи отримання вуглецевих нанокompозитів, ознайомлення з процесами фізичної та хімічної модифікації нановуглецевих структур, вивчення механізмів формування електротранспортних, магнітних теплових та механічних властивостей вуглецевих нанокompозитів. 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, консультації. Методи оцінювання: опитування в процесі лекції, контрольні роботи після основних розділів спецкурсу, залік. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та заліку (40%).

4. Завдання (навчальні цілі) – ознайомлення студентів з закономірностями утворення, методами отримання, структурою та властивостями графітових та нановуглецевих матеріалів та нанокompозитів на їх основі, ознайомлення з методам визначення структурно-фазового складу вуглецевих нанокompозитів та дослідження їх електротранспортних, магнітних та механічних властивостей.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (другий (магістрський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Фізика», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОНП «Фізика наносистем») дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних **компетентностей**:

Інтегральних:

- Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та комплексні проблеми у процесі навчання із застосуванням сучасних теорій та процесів дослідження наноструктур із використанням комплексу методів.

Загальних:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- Здатність до проведення самостійних досліджень на сучасному рівні.
- Здатність до пошуку, оброблення на аналізі інформації з різних джерел.
- Здатність працювати в міжнародному науковому просторі.
- Здатність використовувати професійно-профільовані знання в галузі фізики.
- Здатність використовувати основні методи програмування та моделювання у фізиці.
- Здатність застосовувати знання в галузі методів вимірювання у фізиці.

Фахових:

- Володіння методами створення наноструктур.
- Здатність застосовувати знання теорій опису фізичних властивостей наноструктур
- Здатність застосовувати знання в галузі методів вимірювання фізичних властивостей наноструктур

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	Знати закономірності утворення, структуру та властивості вуглецевих нанокompозитів.	<i>Лекції</i>	<i>Модульна контрольна робота, залік</i>	25
1.2	Знати методи отримання нановуглецевих структур та нанокompозитів на їх основі.	<i>Лекції</i>	<i>Модульна контрольна робота, залік</i>	20
2.1	Вміти визначати структуру та фазовий склад вуглецевих нанокompозитів за експериментальними даними.	<i>Лабораторні роботи</i>	<i>Модульна контрольна робота, залік</i>	20
2.2	Вміти проводити комплексний аналіз структурно-фазового складу та електричних і магнітних властивостей нановуглецевих матеріалів	<i>Лабораторні роботи</i>	<i>Модульна контрольна робота, залік</i>	25
4.1	Розвивати навички самостійного вивчення наукової літератури та інших джерел наукової інформації.	<i>Лекції, лабораторні роботи</i>	<i>Модульна контрольна робота, залік</i>	5
4.2	Вміти критично осмислювати джерела наукової інформації, оцінювати цінність джерел інформації та їх адекватність.	<i>Лекції, лабораторні роботи</i>	<i>Модульна контрольна робота, залік</i>	5

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

<i>Результати навчання дисципліни</i>	1.1	1.2	2.1	2.2	4.1	4.2
Програмні результати навчання						
1.5. Знати методи отримання керамічних матеріалів та наноструктур	+	+				
1.7. Знати електронні процеси в наноструктурах;	+					
2.1. Вміти оцінювати точність основних експериментальних методів спостереження			+			

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

дифракції рентгенівських променів та нейтронів низькорозмірними та нанорозмірними системами					
2.3. Вміти встановлювати зв'язки між характеристиками конденсованих середовищ, їх будовою та фізичними процесами в них				+	
4.1. Аналізувати наукові праці, виявляючи дискусійні та мало досліджені питання;					+
4.2. Здійснювати моніторинг наукових джерел інформації відносно досліджуваної проблеми;					+
4.3. Здійснювати процедуру встановлення цінності джерел наукової інформації шляхом порівняльного аналізу з іншими джерелами.					+

7. Структура курсу

Курс складається з 2-х змістових модулів: «Структура та методи отримання вуглецевих наокомполімерів», який включає в себе 8 лекцій, та «Властивості вуглецевих наокомполімерів нанорозмірних», який складається з 7 лекцій.

8. Схема формування оцінки:

8.1 Форми оцінювання студентів: (азначаеться перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із азначенням Min. – рубіжної та Max. кількості балів чи відсотків)

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 (30 балів).
2. Модульна контрольна робота 2 (30 балів).

- підсумкове оцінювання у формі екзамену

Підсумкове оцінювання у формі екзамену³: (обов'язкове проведення екзаменаційного оцінювання в письмовій формі)

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

у випадку комплексного екзамену слід вказати питому вагу складових

Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав менше 36 балів.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.

8.2 Організація оцінювання: (обов'язково азначаеться порядок організації передбачених

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.

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) Структура та методи отримання нанорозмірних вуглецевих систем різної мірності				
1	Тема 1. Загальна класифікація карбонових структур. Кристалічна структура графітових матеріалів та методи її дослідження. Нові наноалотропні модифікації карбону. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Алотропи карбону із змішаними електронними конфігураціями. Розрахунок параметрів кристалічної структури графітових матеріалів.	2		4
2	Тема 2. Електронна будова графіту, нанографіту та графену. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Методи дослідження електронної структури графітових та нанокарбонових матеріалів.	2		4
3	Тема 3. Інтеркальовані сполуки графіту як низькорозмірні вуглецеві матеріали та нанокласти. Кристалічна та зонна структура ІСГ. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Кінетика процесу інтеркалювання.	2		4
7	Тема 4. Терморозширений графіт як низькорозмірний карбоновий матеріал. Методи отримання ТРГ. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Термодинамічна модель терморозширення.	2		4
4	Тема 5. Моделі утворення та будова оболонкових вуглецевих структур. Фулерени, фулереноподібні структури. Вуглецеві нанотрубки. Морфологічні форми ниткоподібних вуглецевих наночастинок. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Дослідження фулеренів методами мас-спектрометрії, хроматографічного аналізу та ЯМР.	2		4
5	Тема 6. Загальний огляд методів отримання нанорозмірних вуглецевих структур та графеноподібних структур. Методи виділення та ідентифікації нанорозмірних вуглецевих структур. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Інфрачервона та	2		4

	раманівська спектроскопія нанорозмірних вуглецевих систем.			
6	Тема 7. Кристалічні структури з оболонкових вуглецевих молекул. Полімеризація оболонкових вуглецевих наноструктур. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Хімічні сенсори на основі нанорозмірних вуглецевих структур.	2		3
	Тема 8. Хімія нанорозмірних вуглецевих структур. Функціоналізація, інтеркаляція та модифікація нанокарбонових структур. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до контрольної роботи.	2		3
	<i>Контрольна робота 1</i>			2
Частина 2.(ЗМ2) Властивості нанорозмірних вуглецевих систем та композиційних матеріалів на їх основі				
8	Тема 9. Електронна будова нанорозмірних карбонових структур різної мірності С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Нанорозмірні карбонові структури як елементи наноелектроніки.	2		3
9	Тема 10. Композити на основі нанорозмірних карбонових структур. Методи отримання, методи дослідження структури. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Отримання композитів з орієнтованим розподілом нанокарбонового наповнювача.	2		4
10	Тема 11. Електротранспортні властивості нанорозмірних карбонових структур та нанокompозитів на їх основі. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Провідність фулеритів, фулеридів та полімеризованих фулеренів.	2		4
12	Тема 12. Магнітні та магнітотранспортні властивості нанокарбонових структур та нанокompозитів на їх основі С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Термомагнітний метод для визначення фазового складу нанокompозитів з модифікованим нанокarbonом.	2		4
13	Тема 13. Механічні властивості вуглецевих нанокompозитів. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Особливості діаграми навантаження-розвантаження для композитів на основі терморозширеного графіту.	2		4
14	Тема 14. Електро- та теплопровідність вуглецевих нанокompозитів. Перколяційна модель. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Модель сумішей.	2		3
15	Тема 15. Електродинамічні та екрануючі властивості полімерних композитів на основі нановуглецевих структур. С.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Полімерні композити на основі нановуглецевих структур як матеріали для виготовлення електро-магнітних екранів. Підготовка до контрольної роботи.	2		4
	<i>Підсумкова модульна контрольна робота</i>			2
	ВСЬОГО	30		60

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 90 год.⁵, в тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Семінари – **0 год.**

Практичні заняття – **0 год**

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

Лабораторні заняття **0** год.
Тренінги – **0** год.
Консультації – **0** год.
Самостійна робота - **60** год.

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.
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. Э.Г. Раков. Нанотрубки и фуллерены: Учебн. пособие.-М.: Университетская книга, Логос, 2006.- 376 с.
4. П.Н. Дьячков. Электронные свойства и применение нанотрубок.- М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 488с.
5. М.О. Боровий. І.В. Овсієнко. Рентгенівська дифрактометрія наноструктурних матеріалів. Вінниця. ТОВ «Нілан-ЛТД» 2018 – 86 стор.
6. Т.Л. Макарова. Оптические и электрические свойства мономерных и полимеризованных фуллеренов. Обзор // Физика и техника полупроводников.-2001.-т **35**. – вып. 3.- с.257-293.
7. Т.Л. Макарова. Магнитные свойства углеродных структур. Обзор. // Физика и техника полупроводников.- 2004.-т **38**. – вып. 6.- с.641-664.

Додаткова:

1. П. Харрис. Углеродные нанотрубки и родственные структуры. Новые материалы XXI века. М.: Техносфера, 2003, 336 с.
2. 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.
3. А. П. Шпак, Ю. А. Куницкий, В. Л. Карбовский. Кластерные и наноструктурные материалы. Киев, академперіодика, 2001, 587 с

⁶ В тому числі Інтернет ресурси