

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Кораблебудівний навчально-науковий інститут

Кафедра матеріалознавства і технології металів

T71123



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

Фізика та хімія твердого тіла

рівень вищої освіти *перший (бакалаврський)*

тип дисципліни *обов'язкова*

мова викладання *українська*

Миколаїв – 2023

Робоча програма навчальної дисципліни «Фізика та хімія твердого тіла» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 13 «Механічна інженерія» спеціальності 132 «Матеріалознавство» освітня програма «Композиційні та порошкові матеріали, покриття»

"26" квітня 2023 року. - 15 с.

Розробник: Бобров М.М., канд. техн. наук, доцент кафедри матеріалознавства і технології металів

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Фізика та хімія твердого тіла» узгоджено з гарантом освітньої програми

Гарант освітньої програми

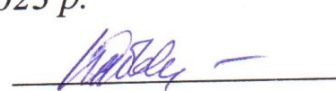
«Композиційні та порошкові матеріали, покриття»

канд. техн. наук, доцент


Н.Ю. Лебедева

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Фізика та хімія твердого тіла» розглянуто на засіданні кафедри матеріалознавства і технології металів
Протокол № 9 від «17» травня 2023 р.

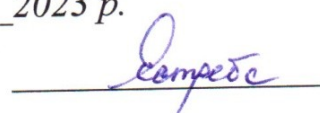
Завідувач кафедри

 О.М. Дубовий

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Фізика та хімія твердого тіла» розглянуто Навчально-методичною комісією кораблебудівного навчально-наукового інституту

Протокол № 4 від «24» травня 2023 р.

/ Голова

 О.В. Бондаренко

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Фізика та хімія твердого тіла» погоджено з навчальним відділом

Начальник відділу

 А.В. Лабарткава

Робоча програма навчальної дисципліни «Фізика та хімія твердого тіла» затверджена Навчально-методичною радою НУК

Протокол № 5 від «28» червня 2023 р.

Голова НМР НУК

 С.І. Трушляков

© НУК, 2023

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Опис навчальної дисципліни.....	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни.....	6
3. Передумови для вивчення дисципліни	6
4. Очікувані результати навчання.....	6
5. Програма навчальної дисципліни.....	6
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	10
7. Форми поточного та підсумкового контролю.....	11
8. Критерії оцінювання результатів навчання.....	14
9. Засоби навчання.....	14
10. Рекомендовані джерела інформації.....	14

Вступ

Анотація

Освітньою програмою «Композиційні та порошкові матеріали, покриття» підготовки бакалаврів передбачено набуття студентами знань про теоретичні уявлення відносно встановлення взаємозв'язку між властивостями окремих атомів та молекул і властивостями, які проявляються при їх об'єднанні у гігантські асоціації у вигляді регулярно-упорядкованих систем – кристалів.

Програма навчальної дисципліни «Фізика та хімія твердого тіла» розрахована на студентів, які вивчили вищу математику, фізику, хімію, основи теоретичного та прикладного матеріалознавства.

Дисципліна сприятиме розвитку навичок щодо дослідження впливу дефектів кристалічної ґратки та дифузії на електричні, магнітні властивості діелектриків, іонних кристалів, напівпровідників та металів; розширить теоретичні уявлення щодо відомостей із атомної фізики та квантової механіки.

Ключові слова: фізика твердого тіла, кристалічна решітка, структура, дефекти, дифузія, діелектрики.

Abstract

The educational program "Composite and powder materials, coatings" for bachelor's training provides students with the acquisition of knowledge about theoretical concepts related to establishing the relationship between the properties of individual atoms and molecules and the properties that manifest when they are combined into giant associations in the form of regularly ordered systems - crystals.

The program of the study discipline "Physics and Chemistry of Solids" is designed for students who have studied higher physics, chemistry, the basics of theoretical and applied materials science.

The discipline will contribute to the development of skills related to the study of the influence of crystal lattice defects and diffusion on the electrical and magnetic properties of dielectrics, ionic crystals, semiconductors and metals; will expand theoretical ideas about information from atomic physics and quantum mechanics.

Key words: physics of solids, crystal lattice, structure, defects, diffusion, dielectrics.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 3,0	Галузь знань 13 - Механічна інженерія	Обов'язкова
Модулів – 1		Рік підготовки:
Змістових модулів – 3		3-й
Електронний адрес РПНД на сайті Університету	Спеціальність 132 – Матеріалознавство	Семестр
		5-й
		Лекцій
Індивідуальне науково-дослідне завдання - відсутнє	Освітня програма Композиційні та порошкові матеріали, покриття	30 год.
		Практичні, семінарські
		15 год.
Загальна кількість годин – 90		Лабораторні
		-
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3; самостійної роботи студента – 3.	Освітній рівень: Перший (бакалаврський)	Самостійна робота
		45год.
		Індивідуальні завдання: - год.
		Вид контролю: залік
		Форма контролю: комбінована

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Фізика та хімія твердого тіла» є формування у студентів відповідно до освітньої програми таких компетентностей:

КС. 07 - Здатність застосовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для підтримки діяльності в сфері матеріалознавства;

КС. 09 - Здатність застосовувати сучасні методи математичного та фізичного моделювання, дослідження структури, фізичних, механічних, функціональних та технологічних властивостей матеріалів для вирішення матеріалознавчих проблем;

КС. 14 - Здатність дотримуватися професійних і етичних стандартів.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення даної дисципліни є дисципліни: вища математика, фізика; хімія; основи теоретичного і прикладного матеріалознавства.

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів відповідно до освітньої програми таких програмних результатів навчання:

ПР. 14 – Розуміти будову металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення.

ПР. 24 - Уміти використовувати базові методи аналізу речовини, матеріалів та відповідних процесів з коректною інтерпретацією результатів.

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Структура і симетрія твердих тіл, їх механічні та теплові властивості.

Тема 1. Основні поняття фізики твердого тіла. Поняття симетрії в кристалах. Агрегатні стани речовини. Аморфні тіла. [1], с. 10-14, [2], с. 22-38

Тема 2. Основні поняття та елементи теорії кристалічного стану речовини. Елементарна комірка та її параметри. Типи кристалічних сингоній. Дефекти кристалічних ґрат. Зв'язок між симетрією і фізичними властивостями. [1] с. 26-28, [2] с. 74-84, [1] с. 35-41

Тема 3. Динаміка кристалічних ґрат. Тепловий рух у кристалі. Пружні коливання. Елементи теорії пружності. Квантування коливань кристалічних ґрат (фонони). [1], с. 41-45, [2] 197-208, [1] с. 54-56.

Тема 4. Механічні властивості твердих тіл. Тензор механічних напружень та деформацій. Пружна жорсткість і пружна податливість. Пружні хвилі у кристалах. [2], с. 124-138.

Тема 5. Теплові властивості твердих тіл. Основні теплоенергетичні характеристики твердого тіла. Теплове розширення твердих тіл. Теплоємність та теплопровідність кристалів. [1], с.61-68, [2], с. 148-172.

Змістовий модуль 2. Електронна теорія металів та напівпровідників.

Тема 6. Квазічастинки у твердих тілах. Особливості статистики квазічастинок. Фотони. Магнони. [2], с. 185-194, [2], с.197-215.

Тема 7. Елементи зонної теорії кристалів. Енергетичні рівні вільних атомів. Електрони в атомах та кристалах. Ефективна маса. [1], с. 72-89, [2], с.215-239.

Тема 8. Метали. Визначальні особливості металів. Електропровідність металів. Теплові властивості металів. Електронні властивості металів, поверхня Фермі. [1], с. 94-104, [2], с. 239-260.

Тема 9. Механізми розсіювання електронів у металах. Особливі електронні стани в металах. Надпровідність металів і сплавів. [2] с. 274-301, [1], с. 104-110, [3], с. 48-57.

Тема 10. Напівпровідники. Характерні ознаки напівпровідникового стану. Однорідні напівпровідники без домішок. Розподіл електронів у власних напівпровідниках. Температурна залежність власної провідності та рухливості вільних носіїв заряду у напівпровідниках. [1], с. 110-116, [3], с. 57-73.

Змістовий модуль 3. Електронна теорія діелектриків та магнетиків. Кінетичні явища в кристалах.

Тема 11. Діелектрики. Електричні властивості діелектриків. Електрична міцність. Статична електрична поляризація діелектриків. Поляризація неполярних діелектриків. Поляризація зміщення: електронна та іонна. Середнє та ефективне поле в діелектриках. Формула Лоренц-Лоренца. [1]. с. 129-132.

Тема 12. Магнетики. Основні визначення. Невпорядковані магнетики. Діамагнетизм та парамагнетизм. [2], с. 324-353, [4], 135-139

Тема 13. Феромагнетизм. Антиферомагнетизм і феромагнетизм. Взаємодія в упорядкованих магнетиках. Спінові хвилі. Елементи теорії Ландау. Процеси перемагнічування. [2], с. 353-392, [4], с. 139-156.

Тема 14. Фазові переходи. Умови рівноваги фаз. Класифікація фазових переходів. Елементи теорії Ландау для фазових переходів другого роду. [4], с. 157-165.

Тема 15. Кінетичні явища в кристалах. Термоелектричні явища. Об'ємна термо-ЕРС в однорідних напівпровідниках. Прямий та обернений термоелектричні ефекти. Термоелементи. Основи теорії гальваномагнітних явищ. [1], с. 147-159, [3], 105-122.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
		л	п.р.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6
Змістовий модуль 1. Структура і симетрія твердих тіл, їх механічні та теплові властивості.					
1	2	3	4	5	6
Тема 1. Основні поняття фізики твердого тіла. Поняття симетрії в кристалах. Агрегатні стани речовини. Аморфні тіла.	8	2	2	-	4
Тема 2. Основні поняття та елементи теорії кристалічного стану речовини. Елементарна комірка та її параметри. Типи кристалічних сингоній. Дефекти кристалічних ґрат. Зв'язок між симетрією і фізичними властивостями.	6	2	-	-	4
Тема 3. Динаміка кристалічних ґрат. Тепловий рух у кристалі. Пружні коливання. Елементи теорії пружності. Квантування коливань кристалічних ґрат (фонони).	8	2	-	-	6
Тема 4. Механічні властивості твердих тіл. Тензор механічних напружень та деформацій. Пружна жорсткість і пружна податливість. Пружні хвилі у кристалах.	6	2	-	-	4
Тема 5. Теплові властивості твердих тіл. Основні теплоенергетичні характеристики твердого тіла. Теплове розширення твердих тіл. Теплоємність та теплопровідність кристалів.	2	2			
Разом за змістовим модулем 1	30	10	2	-	18
Змістовий модуль 2. Електронна теорія металів та напівпровідників.					

Тема 6. Квазічастинки у твердих тілах. Особливості статистики квазічастинок. Фотони. Магнони.	6	2	-	-	4
Тема 7. Елементи зонної теорії кристалів. Енергетичні рівні вільних атомів. Електрони в атомах та кристалах. Ефективна маса.	8	2	2	-	4
Тема 8. Метали. Визначальні особливості металів. Електропровідність металів. Теплові властивості металів. Електронні властивості металів, поверхня Фермі.	5	2		-	3
Тема 9. Механізми розсіювання електронів у металах. Особливі електронні стани в металах. Надпровідність металів і сплавів.	4	2	2	-	
1	2	3	4	5	6
Тема 10. Напівпровідники. Характерні ознаки напівпровідникового стану. Однорідні напівпровідники без домішок. Розподіл електронів у власних напівпровідниках. Температурна залежність власної провідності та рухливості вільних носіїв заряду у напівпровідниках.	7	2	2	-	3
Разом за змістовим модулем 2	30	10	6	-	14
Змістовий модуль 3. Електронна теорія діелектриків та магнетиків. Кінетичні явища в кристалах.					
Тема 11. Діелектрики. Електричні властивості діелектриків. Електрична міцність. Статична електрична поляризація діелектриків. Поляризація неполярних діелектриків. Поляризація зміщення: електронна та іонна. Середнє та ефективне поле в діелектриках. Формула Лоренц-Лоренца.	9	2	3	-	4
Тема 12. Магнетики. Основні визначення. Невпорядковані магнетики. Діамагнетизм та парамагнетизм.	8	2	-	-	6
Тема 13. Феромагнетизм. Антиферомагнетизм і феромагнетизм. Взаємодія в упорядкованих магнетиках. Спінові хвилі. Елементи теорії Ландау. Процеси перемагнічування.	4	2	2	-	-

1	2	3	4	5	6
Тема 14. Фазові переходи. Умови рівноваги фаз. Класифікація фазових переходів. Елементи теорії Ландау для фазових переходів другого роду.	5	2			3
Тема 15. Кінетичні явища в кристалах. Термоелектричні явища. Об'ємна термо-ЕРС в однорідних напівпровідниках. Прямий та обернений термоелектричні ефекти. Термоелементи. Основи теорії гальваномагнітних явищ.	4	2	2		
Разом за змістовим модулем 3	30	10	7	-	13
Всього годин	90	30	15	-	45

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вивчення симетрії кристалічних багатогранників	2
2	Функція розподілу Фермі- Дірака	2
3	Власний напівпровідник	2
4	Домішковий напівпровідник	2
5	Застосування ефекту Пельтьє у термоелектричних пристроях	3
6	Визначення параметрів напівпровідників методом ефекту Холла	2
7	Фізичні процеси в магнітних матеріалах	2
	Разом	15

Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Норматив	Денна форма
1	Підготовка до лекційних занять	1 год. на 1 лек.	15
2	Підготовка до практичних робіт	підготовка до лабораторних робіт – до 1 год. на 1 роб.	5
3	Підготовка до поточного модульного	(5-10) год. на 1	10

	контролю	захід	
4	Підготовка до заліку	(15-30) год. на 1 захід	15
	Разом		45

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Методи навчання, які використовуються для засвоєння програмного матеріалу та активізації навчального процесу:

- робота з літературою - опрацювання різних видів джерел, спрямоване на формування нових знань, їх закріплення, вироблення вмінь і навичок та реалізацію контрольної-корекційної функції в умовах формальної, неформальної та інформальної освіти;

пояснення - словесне розкриття причинно-наслідкових зв'язків і закономірностей у розвитку природи, людського суспільства і людського мислення;

- лекція - усний виклад навчального матеріалу, який характеризується великим обсягом, складністю логічних побудов, сконцентрованістю розумових образів, доведень і узагальнень;

- ілюстрування - показ та сприйняття предметів, процесів і явищ у їх символічному зображенні за допомогою плакатів, карт, портретів, фотографій, схем, репродукцій, звукозаписів тощо;

- відеометод - використання відеоматеріалів для активізації наочно-чуттєвого сприймання; забезпечує більш легке і міцне засвоєння знань в їх образно-понятійній цілісності та емоційній забарвленості;

- інструктаж - ознайомлення зі способами виконання завдань, інструментами, матеріалами, технікою безпеки, показ операцій та організацію робочого місця;

практична робота - метод поглиблення і закріплення теоретичних знань та перевірки наукових висновків;

Методи контролю і самоконтролю:

- фронтальне опитування;

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

- комплексний іспит (залік);
- стандартизовані тести;

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчальної дисципліни включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного іспиту.

Питома вага заключного іспиту (заліку) в загальній системі оцінок - **35 балів**. Право здавати заключний іспит дається студенту, якій з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок і заключного іспиту набирає не менше **60 балів**. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки іспиту.

Поточний контроль проводиться на кожному практичному занятті та за результатами виконання завдань самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час виконання завдань практичних робіт.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання Практична робота

Бал	Критерії оцінювання
5	Робота виконана у встановлений термін. Студент самостійно визначає тип задачі і раціонально розв'язує її. Може розв'язувати комбіновані задачі. Звіт відповідає встановленим вимогам.
4	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує розрахунки комбінованих задач, іноді після консультації викладача.
3	Робота виконана самостійно з порушенням встановлених термінів. Студент самостійно визначає тип задачі і раціонально розв'язує її. Не може розв'язувати комбіновані задачі. Звіт відповідає встановленим вимогам.
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент наводить потрібні формули. Розв'язує задачу користуючись алгоритмом. Складений звіт містить неточності у висновках та помилки
1	Студент складає скорочену умову задачі, робить обчислення лише за готовою формулою.
0	Студент не розв'язує задачі.

Поточний модульний контроль у формі тестування

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Бал	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Форма контролю	Максимальна кількість балів
Виконання практичних робіт	7 роб. $\times$ 5 балів = 35 балів
Поточний модульний контроль	3 МКР $\times$ 10 балів = 30 балів
Всього	65

Підсумковий контроль

Тестування

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Бал	15	13	12	10	9	8	6	5	3	2

Усна відповідь (1 питання - 10 балів)

Бал	Критерії оцінювання
10	Студент вільно володіє матеріалом, знає основні поняття та елементи теорії кристалічного стану речовини. Вміє розгорнуто пояснити зв'язок між симетрією кристалів та їх фізичними, механічними та експлуатаційними властивостями. Вільно надає інформацію щодо електронної теорії металів, напівпровідників, діелектриків та магнетиків. Може пояснити основи зонної теорії кристалів та надати інформацію щодо основних видів квазічастинок у твердих тілах. Знає умови рівноваги фаз у кристалах та класифікацію фазових переходів; основні кінетичні та термоелектричні явища у кристалах.
8	Студент знає основні поняття та елементи теорії кристалічного стану речовини та основні теплоенергетичні характеристики твердого тіла. Може пояснити зв'язок між симетрією кристалів та їх фізичними властивостями. Має уявлення щодо електронної теорії металів, напівпровідників, діелектриків та магнетиків. Може пояснити основи зонної теорії кристалів та надати інформацію щодо основних видів квазічастинок у твердих тілах.
6	Студент знає основні поняття та елементи теорії кристалічного стану речовини. Має уявлення щодо будови елементарної комірки та її параметрів. Може пояснити зв'язок між симетрією кристалів та їх фізичними властивостями. Може пояснити основи зонної теорії кристалів та надати інформацію щодо основних видів квазічастинок у твердих тілах.
4	Студент знає основні види кристалічних структур. Має уявлення щодо впливу типу зв'язку між атомами твердого тіла та його фізико-механічними властивостями. Може надати інформацію щодо основних металічних властивостей та пояснити їх взаємозв'язок з будовою

	металів.
2	Студент знає основні види кристалічних структур та типи дефектів кристалічних ґраток. Має уявлення про основні типи зв'язку атомів у твердих тілах.
0	Студент не орієнтується у матеріалах питання, не може відповісти на додаткові питання за змістом навчальної дисципліни

8. Критерії оцінювання результатів навчання

№ змістового модуля і теми		Денна форма	
		Вид роботи	Кількість балів
ЗМ1	T1	Практична робота № 1	5
ПМК		Тест № 1	10
ЗМ2	T7	Практична робота № 2	5
	T9	Практична робота № 3	5
	T10	Практична робота № 4	5
ПМК		Тест № 2	10
ЗМ3	T11	Практична робота № 5	5
	T13	Практична робота № 6	5
	T15	Практична робота № 7	5
ПМК		Тест № 3	10
Підсумковий контроль		Екзамен, в т.ч.	35
		Тестування	15
		Усна відповідь	20
Сума			100

9. Засоби навчання

Для засвоєння дисципліни застосовуються:

- конспект лекцій (електронний ресурс);
- методичні вказівки до виконання практичних робіт (електронний ресурс);
- ілюстративні матеріали;
- лабораторне обладнання для дослідження структури металів та сплавів та їх властивостей;
- демонстраційні стенди, плакати, відеофільми.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. **Подопригора Н.В.** Фізика твердого тіла: навчальний посібник / Подопригора Н.В., Садовий М.І., Трифонова О.М. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2013 – 413 с.

2. **Поплавко Ю. М.** Фізика твердого тіла: підручник в 2-х томах / Ю. М. Поплавко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – Том 1: Структура, квазічастинки, метали, магнетики. – 415 с.

3. **Строїтелева Н.І.** Фізика твердого тіла. Навчальний посібник / Строїтелева Н.І., Кісельов Є.М. – ЗДІА, Запоріжжя, 2018. – 145 с.

4. **Бібик В.В.** Фізика твердого тіла. Навчальний посібник / В.В. Бібик, Т.М. Гричановська, Л.В.Одноворець, Н.І.Шумакова - Суми: Вид-во СумДУ, 2010.- 200 с.

Допоміжна література

1. **Economou E.N.** The Physics of Solids / . Economou E.N. - Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. — 865 p.

2. **Sólyom J.** Fundamentals of the Physics of Solids. Volume III: Normal, Broken-Symmetry, and Correlated Systems / Sólyom J. - Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2010. – 774 p.

3. **Ketterson J.B.** The Physics of Solids / Ketterson J.B. - Oxford University Press, 2016. - 1054 p.

Інформаційні ресурси в інтернет

[http:// nuos. edu. ua](http://nuos.edu.ua)