

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

КАФЕДРА ФІЗИКИ ТВЕРДОГО ТІЛА

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-
педагогічної роботи ХНУ імені
В.Н. Каразіна

Олександр ГОЛОВКО

серпень 2022 р.



Робоча програма навчальної дисципліни

Фізичні властивості металів і сплавів
(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти другий рівень (магістр)

галузь знань 10 природничі науки
(шифр і назва)

спеціальність 104 фізика та астрономія
(шифр і назва)

освітня програма освітня наукова- фізика
(шифр і назва)

спеціалізація _____
(шифр і назва)

вид дисципліни за вибором
(обов'язкова / за вибором)

факультет фізичний

2022/ 2023 _____ навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету
(інституту, центру)

“ 30 серпня 2022 року, протокол №6


РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Канд. фіз.- мат. наук, доцент, доцент Тонкопряд А.Г.

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики твердого тіла

Протокол від “ 29 ” серпня _____ 2022 року № 6

Завідувач кафедри фізики твердого тіла


_____ Зиман З.З.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/наукової) програми (керівником
проектної групи) _____ освітня наукова _____

назва освітньої програми

Гарант освітньої (наукової) програми
(керівник проектної групи)



Юрій БОЙКО

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 11 від 29 серпня 2022 року

Голова методичної комісії



Микола МАКАРОВСЬКИЙ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Фізичні властивості металів і сплавів”
складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки

магістр (ОНП)

(назва рівня вищої освіти)

спеціальності (напряму) 104 фізика та астрономія

спеціалізації

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Курс складається із двох розділів: дифузійні та теплові властивості твердих тіл. Метою викладання навчальної дисципліни є надання студентам знань про фундаментальні закони, закономірності та механізми фізичних процесів, які обумовлюють дифузійні та теплові властивості металів і сплавів.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями вивчення дисципліни є засвоєння студентами знань щодо теоретичних основ дифузії, механізмів дифузії, математичних і експериментальних методів визначення коефіцієнтів дифузії в металах і сплавах, природи та механізмів теплових властивостей – теплоємності, теплопровідності та теплового розширення твердих тіл.

1.3. Кількість кредитів – 5.

1.4. Загальна кількість годин – 150.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
За вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
1-й
Семестр
2-й
Лекції
24 год.
Курсові роботи
-
Контрольні роботи
2
Самостійна робота
114 год.

Семінари
12 год.

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

знати: фундаментальні закони, закономірності і механізми фізичних процесів, які описують та обумовлюють дифузійні та теплові властивості металів і сплавів; експериментальні методи та методики для визначення характеристик, які визначаються для різних граничних умов з урахуванням впливу різних дефектів кристалів.

вміти: застосовувати здобуті знання для одержання, аналізу та пояснення експериментальних результатів, отриманих за різних умов умов випробування металів і сплавів. з широкого спектру питань в дослідницькій роботі в області фізики твердого тіла.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Математичні та експериментальні методи визначення коефіцієнтів дифузії

Тема 1. Дифузія. Кінетика дифузії

Зміст: Класифікація явищ дифузії. Дифузійний потік. Перше і друге рівняння Фіка.

Тема 2. Концентраційна залежність коефіцієнта дифузії.

Зміст: Метод Больцмана-Матана. Площина Матана.

Визначення коефіцієнта дифузії за допомогою метода скінченних різниць.

Тема 3. Рішення другого рівняння Фіка.

Зміст: Чисельні методи рішення другого рівняння Фіка для дифузії із постійного та непостійного джерела.

Тема 4 Експериментальні методи визначення коефіцієнтів дифузії.

Прямі та непрямі методи визначення коефіцієнтів дифузії.

Залежність коефіцієнта дифузії від температури.

Тема 5. Атомні механізми дифузії в металах. Коефіцієнти самодифузії.

Зміст: Теорія дифузії Френкеля. Обмінний, вакансійний, міжвузловий, краудіонний механізми дифузії та механізм витіснення. Визначення коефіцієнтів самодифузії для атома та вакансії за умов вакансійного механізму. Джерела та стоки вакансій.

Тема 6. Закономірності дифузії в сплавах.

Зміст: Взаємна дифузія. Парціальні коефіцієнти дифузії. Дослід Кіркендала та Смігельскаса. Ефект Кіркендала. Аналіз та формули Даркена. Ефект Френкеля.

Тема 7. Шляхи прискореної дифузії.

Зміст: Поверхнева дифузія та її механізми. Дифузія вздовж меж зерен.

Рішення задачі: дифузія уздовж поверхні та меж зерен з урахуванням відтоку в об'єм (рішення Фішера). Дифузія уздовж дислокацій.

Розділ 2. Теплові властивості твердих тіл

Тема 8. Коливання атомів кристалічної решітки.

Зміст: Лінійний гармонічний осцилятор. Коливання і хвилі в одномірному ланцюжку із однакових атомів. Дисперсійне співвідношення. Акустичні та оптичні вілки. Коливання атомів трьохвимірної ґратки.

Тема 9. Класична теорія теплоємності твердих тіл. Теорія теплоємності Ейнштейна.

Зміст: Фонони. Класична теорія теплоємності твердих тіл. Закон Дюлонга та Піті. Теорія теплоємності Ейнштейна.

Тема 10. Теорія теплоємності Дебая.

Зміст: Теорія теплоємності Дебая. Теплоємність електронів провідності.

Тема 11. Теплове розширення твердих тіл.

Зміст: Природа теплового розширення твердих тіл. Теплове розширення твердих тіл.

Тема 12. Теплопровідність твердих тіл.

Зміст: Механізм теплопровідності діелектриків та металів.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин		
	Денна форма		
	Усього	у тому числі	
лекції		С.р.	
1	2	3	4
<i><u>Розділ 1. Математичні та експериментальні методи визначення коефіцієнтів дифузії</u></i>			
Тема 1	5	2	3
Тема 2	5	2	3
Тема 3	5	2	3
Тема 4	5	2	3
Тема 5	5	2	3
Тема 6	5	2	3
Тема 7	5	2	3
Разом за розділом 1	35	14	21
<i>Розділ 2. Теплові властивості твердих тіл</i>			
Тема 8	5	2	3
Тема 9	5	2	3
Тема 10	5	2	3
Тема 11	3	1	2
Тема 12	9	3	6
Разом за розділом 2	27	10	17
Усього годин	62	24	38

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Теорія дифузії Френкеля. Обмінний, вакансійний, міжвузловий, краудіонний механізми дифузії та механізм витіснення. Визначення коефіцієнтів самодифузії для атома та вакансії за умов вакансійного механізму. Джерела та стоки вакансій.	2
2	Дифузія у полі градієнта концентрації: взаємна дифузія.	2

3	Дифузійні властивості меж зерен в залежності від структури меж зерен.	2
4	Роль дефектів кристалічної будови твердих тіл у дифузійних процесах	2
5	Коливання атомів трьохвимірної ґратки. Повне число мод в кристалі. Дисперсійні криві. Частотний спектр коливань решітки. Спектральна функція розподілу частот.	2
6	Залежність коефіцієнта теплопровідності від температури для діелектриків та металів.	2
	Разом	12

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Ознайомитися з методами визначення коефіцієнтів дифузії: <ul style="list-style-type: none"> – мікродифракційними; – релаксаційними; 	6 6
2	Прямі методи визначення коефіцієнтів дифузії: з використанням радіоактивних ізотопів та локальний рентгеноспектральний аналіз	8
3	Методи визначення коефіцієнтів дифузії: які побудовані на вимірюванні зміни структури (металографічний, метод спікання, метод мікротвердості); електронграфічний метод	8
4	Виведення формули для визначення коефіцієнта дифузії $x^2 = Dt$	5
5	Одержати закон Ареніуса за допомогою законів статистики.	5
6	Дифузійні механізми структурних змін при підвищених температурах: <ul style="list-style-type: none"> – дифузійна повзучість; – дифузійне спікання. 	4 4
7	Модель і рішення Фішера для дифузії уздовж поверхні з урахуванням відтоку в об'єм .	8
8	Дифузія і випадкові блукання	5
9	Коливання і хвилі в одномірному ланцюжку із однакових атомів. Дисперсійне співвідношення. Акустичні та оптичні вілки.	10
10	Роль дефектів кристалічної будови в теплопровідності металів.	5
	Разом	74

6. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом

7.Методи контролю

3.1.Поточний контроль. Перевірка контрольних робіт. Участь в семінарах.

8.Схема нарахування балів

Підсумковий семестровий контроль в формі екзамену

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Екзамен (залікова робота)	Сума балів
Розділ 1	Розділ 2	Контрольні роботи,передбачені навчальним планом	Разом		
T1-T7	T8-T12	2		60	100
10	10	20	40		

9.Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

14. Рекомендована література

Базова література

- 1.Богданов В.В. Дифузія в кристалах: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Х.:ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2006. – 232 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. 1.
- 3.Подопрігора Н.В. Фізика твердого тіла : навчальний посібник / Подопрігора Н.В., Садовий М.І., Трифонова О.М. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2013. – 413 с.

4. Основи фізичного матеріалознавства: навчальний посібник/ В.С. Кшнякин, А.С. Опанасюк, К.О. Дядюра - Суми: Сумський державний університет, 2015. – 466 с.
5. Якименко Ю. Фізичне матеріалознавство. Ч. 1. Основні напрямки матеріалознавства/ Ю.І. Якименко Ю.М., А. С. Воронов, Ю.М. Поплавко, – К. Політехнік, 2011. – 300 с.
6. Прокопович І.В. Металознавство: навчальний посібник. – Одеса: Екологія, 2020. - 308 с.

Допоміжна література:

7. Погребна Н.Е., Куцова В.З., Котова Т.В. Механічна стабільність матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпро: НметАУ, 2021. – 109 с.
8. Основи матеріалознавства. Частина 1. Властивості матеріалів та методи їх дослідження. Конспект лекцій для студентів хімічного факультету / Укладачі: Юрченко О.М., Кормош Ж.О., Парасюк О.В. – Луцьк: Вежа-друк. – 44 с.

: <https://www.yakaboo.ua/ua/materialoznavstvo-tugoplavkih-metaliv-ta-spoluk-navchal-nij-pocibnik.html>

ТЕМИ КУРСОВИХ РОБІТ

1. Дифузійні механізми структурних змін при підвищених температурах твердих тілах.
2. Експериментальні методи визначення параметрів об'ємної дифузії.
3. Конкурентні дифузійні потоки при спіканні кристалів.
4. Дифузія і повзучість.
5. Роль дифузії в полігонізації.
6. Частотний спектр коливань тривимірної ґратки. Спектральна функція розподілу частот.

ПИТАННЯ, ЯКІ ВХОДЯТЬ ДО КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

1. Види дифузії Само- і гетеродиффузія.
2. Перший закон Фіка. Коефіцієнт дифузії. Другий закон Фіка.
3. Рішення другого закону Фіка за умов, коли
 $D = f(C)$:
 - а) метод Больцмана – Матано
 - б) метод скінченних різниць
4. Чисельні методи рішення другого рівняння Фіка для дифузії
 - а) із постійного джерела;
 - б) із непостійного джерела
5. Експериментальні методи визначення коефіцієнтів дифузії:
 - а) Прямі методи визначення коефіцієнтів дифузії
 - б) Непрямі методи визначення коефіцієнтів дифузії
6. Атомні механізми дифузії в твердих тілах.
7. Температурна залежність коефіцієнта дифузії.
8. Парціальні коефіцієнти дифузії. Дослід Кіркендала та Смігельського. Ефект Кіркендала
9. Закономірності дифузії в сплавах. Формули Даркена.
10. Шляхи прискореної дифузії. Шляхи і механізми поверхневої само- та гетеродифузії.
11. Рішення задачі: дифузія уздовж поверхні з урахуванням відтоку в об'єм (рішення Фішера).

12. Модель і рішення Фішера для дифузії уздовж меж зерен з урахуванням відтоку в об'єм.
13. Лінійний гармонічний осцилятор. Коливання і хвилі в одномірному ланцюжку із однакових атомів. Дисперсійне співвідношення. Акустичні та оптичні вілки.
14. Класична теорія теплоємності твердих тіл Закон Дюлонга та Пті.
15. Теорія теплоємності Ейнштейна.
16. Теорія теплоємності Дебая.
17. Теплове розширення твердих тіл.
18. Теплопровідність твердих тіл. Механізм теплопровідності діелектриків та металів.

1. Что такое температура Дебая? 2. Чем отличается тепловая энергия твердого тела от внутренней? 3. Что такое ангармоническое приближение? 4. Почему с ростом температуры твердые тела расширяются? 5. Какие процессы ограничивают теплопроводность твердых тел? 6. Является ли коэффициент теплового расширения изотропным? 7. От чего зависит величина коэффициента теплового расширения?

ПИТАННЯ, ЯКІ ВІНОСЯТЬСЯ НА ПІДСУМКОВИЙ ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ КОНТРОЛЬ

Класифікація явищ дифузії. Дифузійний потік.

Перше і друге рівняння Фіка.

Метод Больцмана-Матана для визначення коефіцієнта взаємної дифузії. Площина Матана.

Визначення коефіцієнта дифузії за допомогою метода скінченних різниць.

Чисельні методи рішення другого рівняння Фіка для дифузії із постійного джерела

Чисельні методи рішення другого рівняння Фіка для дифузії з непостійного джерела.

Експериментальні методи визначення коефіцієнтів дифузії. Прямі методи визначення коефіцієнтів дифузії: з використанням радіоактивних ізотопів (методи зняття шарів, абсорбційні та авторадіографічні методи) та локальний рентгеноспектральний аналіз.

Непрямі методи визначення коефіцієнтів дифузії. Методи визначення коефіцієнтів дифузії: які побудовані на вимірюванні зміни структури (металографічний, метод спікання, метод мікротвердості); електронграфічний метод; релаксаційні методи.

Залежність коефіцієнта дифузії від температури.

Атомні механізми дифузії в металах. Теорія дифузії Френкеля.

Закономірності дифузії в сплавах. Парціальні коефіцієнти дифузії.

Дослід Кіркендала та Смігельскаса. Ефект Кіркендала. Формули Даркена. Ефект Френкеля першого роду.

Поверхнева дифузія по реальній кристалічній поверхні. Механізми поверхневої само- та гетеродифузії.

Межова дифузія. Вклад дифузії вздовж меж зерен в загальний дифузійний потік.

Дифузія уздовж дислокацій.

Коливання атомів кристалічної решітки.

Лінійний гармонічний осцилятор. Коливання і хвилі в одномірному ланцюжку із однакових атомів. Дисперсійне співвідношення. Акустичні та оптичні вілки.

Фонони.

Класична теорія теплоємності твердих тіл Закон Дюлонга та Пті.

Теорія теплоємності Ейнштейна.

Теорія теплоємності Дебая.

Теплове розширення твердих тіл.

Теплопровідність твердих тіл. Механізм теплопровідності діелектриків та металів.

