

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

КАФЕДРА ФІЗИКИ ТВЕРДОГО ТІЛА

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан фізичного факультету ХНУ
імені В.Н. Каразіна

Оуслан ВОВК



2023 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Механічні властивості реальних кристалів

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти другий рівень (магістерський)

галузь знань 10 природничі науки
(шифр і назва)

спеціальність 104 фізика та астрономія
(шифр і назва)

освітня програма ОПП (фізика)
(шифр і назва)

спеціалізація _____
(шифр і назва)

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

факультет фізичний

2023/ 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою фізичного факультету

“ 30 ” серпня _____ 2023 року, протокол № 6

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

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

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики твердого тіла

Протокол № 7 від 28 серпня 2023 року

Завідувач кафедри



Золтан ЗИМАН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної) програми (керівником проектної групи) _ освітньо-професійна

(назва освітньої програми)

Гарант освітньої (професійної) програми

(керівник проектної групи)



Золтан ЗИМАН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 7 від 29 серпня 2023 року

Голова методичної комісії



Микола МАКАРОВСЬКИЙ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “**Механічні властивості реальних кристалів**” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки

магістр (ОПП)

 (назва рівня вищої освіти)

спеціальності (напрямку) 104 фізика та астрономія _____

спеціалізації _____

Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є надання студентам знань про основоположні уявленнями про фундаментальні закони, закономірності і механізми фізичних процесів, які описують та обумовлюють характеристики міцності та пластичності металів і сплавів.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями вивчення дисципліни є засвоєння студентами механізмів основних механічних властивостей металів та сплавів в залежності від умов навантаження в широкому температурному інтервалі.

1.3. Кількість кредитів – 3.

1.4. Загальна кількість годин – 90.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
За вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
1-й
Семестр
2-й
Лекції
24год.
Курсові роботи
-
Контрольні роботи
2
Самостійна робота
66 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 механічні властивості металів і сплавів; експериментальні методи та методики для визначення характеристик міцності та пластичності, які визначаються за різних умов випробувань; шляхи підвищення характеристик міцності та пластичності металів та сплавів.

вміти: застосовувати здобуті знання для одержання, аналізу та пояснення експериментальних даних, отриманих за різних умов механічних випробувань металів і сплавів; встановлення шляхів підвищення характеристик міцності та пластичності функціональних матеріалів.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Пластична деформація та руйнування металів і сплавів

Тема 1. Напруження і деформації.

Зміст: Види напружень і деформацій. Пружня деформація. Модулі пружності.

Тема 2. Пластична деформація

Зміст: Основні механізми пластичної деформації.

Пластична деформація двійникуванням. Механізм двійникування.

Тема 3. Пластична деформація ковзанням.

Зміст: Пластична деформація ковзанням Критичне напруження зсуву в моделі Френкеля. Критична міцність на зсув. Рух дислокацій та пластична деформація. Рівняння Орована. Системи ковзання в гцк, оцк та гексагональних структурах. Деформаційне зміцнення.

Тема 4. Деформаційні криві для монокристалів з гранецентрованою кубічною решіткою.

Зміст: Стадійність деформаційних кривих для монокристалів з гранецентрованою кубічною решіткою. Механізм пластичної деформації та механізм деформаційного зміцнення на різних стадіях ковзання.

Тема 5. Деформаційні криві для монокристалів з гексагональною щільноупакованою решіткою та з об'ємно-центрованою решіткою.

Зміст: Стадійність деформаційних кривих для монокристалів з гексагональною щільноупакованою решіткою. Ефект Баушингера. Пластична деформація кристалів з об'ємно-центрованою решіткою. Зуб плинності.

Тема 6. Пластична деформація полікристалів. Трансляційна і ротаційна мода пластичної деформації.

Зміст: Основні типи дислокацій в кристалі та способи їх руху в кристалі. Дислокації і трансляційна мода пластичної деформації.

Тема 7. Ротаційна мода пластичної деформації та її механізми.

Зміст: Дислокації Вольтерри. Дисклінації в безперервному пружному середовищі. Дисклінації в кристалічній ґратці (повні та часткові), вектор Франка. Дисклінації і ротаційна мода пластичної деформації.

Тема 8. Характеристики міцності та пластичності реальних кристалів

Зміст: Механічні характеристики металів, які одержують при випробуванні на розтягування. Характеристики пластичності.

Тема 9. Вплив різних зовнішніх факторів на розвиток пластичної деформації. Надпластичність.

Зміст: Вплив на пластичну деформацію температури, швидкості деформування, домішок, легування та інших факторів. Надпластичність та її механізми.

Тема 10. Руйнування.

Зміст: Крихке руйнування. Тріщина Гріффітса. Механізми зароджування тріщин. В'язке руйнування та ріст мікронесуцільностей.

Розділ 2 Жароміцність

Тема 11. Жароміцність. Повзучість.

Зміст: Діаграма повзучості. Види повзучості. Криві повзучості. Непружня (оборотня) та логарифмічна повзучість. Високотемпературна (стала) повзучість, її механізм та швидкість. Дифузійна повзучість (повзучість Набарро- Херрінга та повзучість Кобле).

Тема 12. Залежність механізмів деформації від умов деформування.

Зміст: Вплив умов деформування на механізми деформації за умов повзучості. Характеристики металів і сплавів, які одержують при випробуванні на повзучість.

Тема 13. Тривала міцність.

Зміст: Тривала міцність. Шляхи підвищення характеристик жароміцності

Тема 14. Втома.

Зміст: Втома. Шляхи випробувань на втому. Криві втоми. Природа втомного руйнування, зародження втомних тріщин. Модель Мотта.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин		
	Денна форма		
	Усього	у тому числі	
лекції		С.р.	
1	2	3	4
Розділ 1. Пластична деформація та руйнування металів і сплавів			
Тема 1	7	2	5
Тема 2	4	1	3
Тема 3	7	2	5
Тема 4	7	2	5
Тема 5	4	1	3
Тема 6	7	2	5
Тема 7	7	2	5
Тема 8	4	1	3
Тема 9	7	2	5
Тема 10	7	2	5
Разом за розділом 1	61	17	44
Розділ 2. Жароміцність			
Тема 11	8	2	6

Тема 12	5	1	4
Тема 13	8	2	6
Тема 14	8	2	6
Разом за розділом 2	29	7	22
Усього годин	90	24	66

4. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Сучасні експериментальні методи дослідження трансляційної моди пластичної деформації, обумовленої рухом дислокацій	16
2	Сучасні експериментальні методи дослідження ротаційної моди пластичної деформації, обумовленої рухом дисклінацій	15
3	Методика дослідження орієнтаційних та субструктурних змін в процесі деформування на основі дифракції світла на квазіперіодичній структури зразка.	15
4.	Вплив меж зерен на розвиток пластичної деформації полікристалів в залежності від типу меж зерен.	10
5.	Дислокації Вольтерра. Дисклінації в реальних кристалах, їх роль в розвитку ротаційнох моди пластичної деформайії.	10
	Разом	66

5.Завдання для семінарських занять

Не передбачено навчальним планом.

6.Методи контролю

3.1.Поточний контроль. Перевірка контрольних робіт,

7.Схема нарахування балів

Підсумковий семестровий контроль в формі заліку з виконанням залікової роботи

Поточний контроль, контрольні роботи		Залікова робота	Сума балів	
Поточний контроль				
Розділ 1 Т1 –Т10	Розділ 2 Т11- Т14			Контрольні роботи, передбачені навчальним планом (дві)
10	10			
		60	100	

Шкала оцінювання

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

14. Рекомендована література

Базова література

- 3.3. Зиман, А.Ф. Сіренко. Основи фізичного матеріалознавства: Навчальний посібник. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2005. – 288 с.
- 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.
- Основи фізичного матеріалознавства: навчальний посібник/ В.С. Кшнякин, А.С. Опанасюк, К.О. Дядюра - Суми: Сумський державний університет, 2015. – 466 с.
- 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.

5. Погребна Н.Е., Куцова В.З., Котова Т.В. Механічна стабільність матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпро: НметАУ, 2021. – 109 с.

1. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Бадіян Є.Ю., Тонкопряд А.Г., Шеховцов О.В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з фізичного матеріалознавства: 1. Вивчення пластичної деформації та визначення механічних характеристик металів і сплавів. 2. Вирощування монокристалів”. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2007. – 36 с. https://solids.univer.kharkov.ua/book/m_bt_2009.pdf
2. Бадіян Є.Ю., Тонкопряд А.Г., Шурінов Р.В.. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з фізичного матеріалознавства: дослідження механізмів пластичної деформації полікристалів за допомогою оптоелектронних методик. - Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. - 34 с. https://solids.univer.kharkov.ua/book/book_btsh_2019.pdf
3. Badiyan E. E., Tonkopryad A. G., Shekhovtsov O. V., Shurinov R. V., Zetova T. R., Kazachkova K. S. Determination of Characteristics of Substructure and Orientation Inhomogeneity in Polycrystalline Specimens // Functional Materials. – 2014. – V. 21, № 3. – P. 307–312.
4. Патент на винахід № 89743 Україна, МПК G01B 11/16. Спосіб контролю орієнтаційних змін у кристалічних матеріалах *in situ* в процесі зовнішнього впливу / Бадіян Є. Ю., Тонкопряд А. Г., Шеховцов О. В., Шурінов Р. В.; заяв. І патентовласник ХНУ імені В. Н. Каразіна. – № а 2009 06455; заявл. 22.06.09; опубл. 25.02.10, Бюл. № 4.
5. Патент на винахід № 104249 Україна, МПК (2013.01), G01N 21/00, G01N 33/20 (2006.1). Спосіб візуалізації орієнтаційної неоднорідності та морфології поверхні монокристала або окремих зерен полікристала / Бадіян Є. Ю., Тонкопряд А. Г., Шеховцов О. В., Шурінов Р. В., Зетова Т. Р., Казачкова К. С.; заяв. і патентовласник ХНУ імені В. Н. Каразіна. – № а 2012 14845; заявл. 24.12.12.; опубл. 10.01.14, Бюл. № 1.

ПИТАННЯ ДЛЯ СЕМЕСТРОВОГО ЗАЛІКОВОГО КОНТРОЛЮ

Види напружень і деформацій.

Пружня деформація. Модулі пружності.

Пластична деформація . Основні механізми пластичної деформації.

Пластична деформація двійникуванням. Механізм двійникування.

Пластична деформація ковзанням Критичне напруження зсуву в моделі Френкеля.

Рух дислокацій та пластична деформація. Рівняння Орована. Системи ковзання в гцк, оцк та гексагональних структурах. Деформаційне зміцнення.

Стадійність деформаційних кривих для монокристалів з гцк - решіткою. Деформаційні криві для монокристалів з гексагональною щільноупакованою решіткою. Ефект Баушингера

Стадійність деформаційних кривих для полікристалів кристалів.

Механічні характеристики металів, які одержують при випробуванні на розтягування. Залежність границі плинності від розміру зерна. Закон Холла-Петча.

Дислокації і трансляційна мода пластичної деформації.

Ротаційна мода пластичної деформації та її механізми.

Дисклінації і ротаційна мода пластичної деформації.

Руйнування. Типи руйнування.

Крихке руйнування. Тріщина Гріффітса. Механізми зароджування тріщин.

Діаграма повзучості. Види повзучості. Криві повзучості. Непружня (оборотня) та логарифмічна повзучість. Високотемпературна (стала) повзучість, її механізм та швидкість. Дифузійна повзучість (повзучість Набарро- Херрінга та повзучість Кобле).

Характеристики металів і сплавів, які одержують при випробуванні на повзучість.

Тривала міцність.

Втома. Випробування на втому. Криві втоми. Природа втомного руйнування, зародження втомних тріщин. Модель Мотта.

ПИТАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

Пружня деформація. Модулі пружності.

Пластична деформація. Основні механізми пластичної деформації.

Пластична деформація двійникуванням. Механізм двійникування.

Пластична деформація ковзанням Критичне напруження зсуву в моделі Френкеля. Критична міцність на зсув.

Рух дислокацій та пластична деформація. Рівняння Орована.

Системи ковзання в гцк, оцк та гексагональних структурах. Деформаційне зміцнення.

Стадійність деформаційних кривих для монокристалів з гранецентрованою кубічною решіткою.

Деформаційні криві для монокристалів з гексагональною щільноупакованою решіткою. Ефект Баушингера

Стадійність деформаційних кривих для кристалів з об'ємно-центрованою решіткою. Зуб плинності.

Механічні характеристики металів, які одержують при випробуванні на розтягування: границя пружності, фізична та умовна границя плинності, границя міцності.

Залежність границі плинності від розміру зерна. Закон Холла-Петча.
 Трансляційна і ротаційна мода пластичної деформації.
 Дислокації і трансляційна мода пластичної деформації.
 Дисклінації і ротаційна мода пластичної деформації.
 Крихке руйнування. Тріщина Гріффітса.
 Механізми зароджування тріщин.
 В'язке руйнування та ріст мікронесуцільностей при руйнуванні.
 Діаграма повзучості. Види повзучості. Криві повзучості.
 Непружня (оборотня) та логарифмічна повзучість.
 Високотемпературна (стала) повзучість, її механізм та швидкість.
 Дифузійна повзучість (повзучість Набарро- Херрінга та повзучість Кобле).
 Характеристики металів і сплавів, які одержують при випробуванні на повзучість.
 Тривала міцність.
 Шляхи підвищення характеристик жароміцності.
 Втома. Шляхи випробувань на втому. Криві втоми.
 Природа втомного руйнування, зародження втомних тріщин. Модель Мотта.
 Надпластичність.

ЗРАЗОК ЗАЛІКОВОГО ЗАВДАННЯ

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Факультет *фізичний*

Спеціальність *104-фізика та астрономія*

Семестр 10

Форма навчання *денна*

Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень): *магістр (ОПП)*

Навчальна дисципліна: **Фізичні основи міцності та пластичності твердих тіл**

–

ЗАВДАННЯ № 1

- 1 Пластична деформація двійникуванням. Механізм двійникування (20 балів).
2. Крихке руйнування. Тріщина Гріффітса (20 балів).
3. Тривала міцність (20 балів).

Затверджено на засіданні кафедри фізики твердого тіла
 протокол № _____ від _____ 2023 р.

Завідувач кафедри _____ (З.З.Зиман)

Викладач _____ (А.Г.Тонкопряд)