

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Кафедра фізики твердого тіла

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Перший проректор

\_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2016 \_\_ р.

Програма навчальної дисципліни

**Дифузійні та механічні властивості металів та сплавів**  
(назва навчальної дисципліни)

напрямок 6.040203 – фізика  
(шифр, назва напрямку)

спеціальність 6.04020301 – фізика  
(шифр, назва спеціальності)

спеціалізація \_\_\_\_\_  
(шифр, назва спеціалізації)

факультет фізичний

2016 / 2017 навчальний рік

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

“17” \_червня\_\_ 2016 року, протокол №7

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент Тонкопряд А.Г.

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики твердого тіла  
Протокол від “16” \_\_червня\_2016 року № 7

Завідувач кафедри фізики твердого тіла

(підпис)

Зиман З. З.  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “29” \_08\_\_2016 року №7

Голова методичної комісії фізичного факультету

(підпис)

\_\_\_Макаровський М. О.  
(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “\_ Дифузійні та механічні властивості металів та сплавів» складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

бакалавра

(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

напряму 6.040203 – фізика

спеціальності \_\_6.04020301 – фізика

спеціалізації

---

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни є

Фізичні властивості металів та сплавів

Програма навчальної дисципліни складається з таких розділів:

1. Дифузійні властивості металів і сплавів.
2. Механічні властивості металів і сплавів.

### **1. Мета та завдання навчальної дисципліни**

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є надання студентам знань про основоположні уявленнями про фундаментальні закони, закономірності і механізми фізичних процесів, які описують та обумовлюють дифузійні та механічні властивості металів і сплавів.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є засвоєння студентами

- а) базових знань щодо теоретичних основ дифузії, механізмів дифузії, методів визначення різних коефіцієнтів дифузії в металах та сплавах;
- б) механізмів основних механічних властивостей металів та сплавів в залежності від умов навантаження в широкому температурному інтервалі.

1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

*знати:* фундаментальні закони, закономірності і механізми фізичних процесів, які описують та обумовлюють дифузійні і механічні властивості металів і сплавів; експериментальні методи та методики для визначення коефіцієнтів дифузії в металах та сплавах та механічних характеристик, які визначаються за різних умов випробувань;

*вміти:* застосовувати здобуті знання для одержання, аналізу та пояснення експериментальних даних при різних умовах випробувань металів і сплавів та прогнозування нових наукових результатів.

## 2. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		<i>денна форма навчання</i>
Кількість кредитів - 2	Галузь знань <u>0402 – фіз.-мат. науки</u> <b>(шифр і назва)</b>	За вибором
	Напрямок підготовки <u>040203 – фізика</u> <b>(шифр і назва)</b>	
	Спеціальність (професійне спрямування): <u>«фізика»</u>	<b><i>Рік підготовки:</i></b>
Загальна кількість годин 68		4- й
		<b><i>Семестр</i></b>
		8-й
	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	<b><i>Лекції</i></b>
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних -3 самостійної роботи студента – 1,5		45год.
		<b><i>Самостійна робота</i></b>
		23 год.
		Вид контролю: екзамен

### Примітка

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить для денної форми навчання 2:1.

## 3. Виклад змісту навчальної дисципліни

### Розділ 1. Дифузійні властивості металів і сплавів

**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. Прямі методи визначення коефіцієнтів дифузії:

**Зміст:** Рішення другого рівняння Фіка для дифузії із постійного та непостійного джерела. Прямі методи визначення коефіцієнтів дифузії: з використанням радіоактивних ізотопів (методи зняття шарів, абсорбційні та авторадіографічні методи), локальний рентгеноспектральний аналіз

**Тема 4.** Непрямі методи визначення коефіцієнтів дифузії

**Зміст:** Методи визначення коефіцієнтів дифузії: а) які побудовані на вимірюванні зміни структури (металографічний, метод спікання, метод мікротвердості); електроннографічний метод; релаксаційні методи; б) методи, які основані на зміні фізичних властивостей (резистометричні, скін- ефект та інш.)

**Тема 5.** Залежність коефіцієнта дифузії від температури.

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 для вакансійного механізму. Джерела та стоки вакансій.

Тема 6. Закономірності дифузії в сплавах.

Зміст: Парціальні коефіцієнти дифузії. Ефект Кіркендала.

Формули Даркена. Ефект Френкеля.

Тема 7. Шляхи прискореної дифузії. Поверхнева дифузія.

Зміст: Геометрія реальної поверхні кристалів. Дифузія по реальній кристалічній поверхні. Механізми поверхневої само- та гетеродифузії ("перекати-поле", твердофазне розтікання). Рішення задачі про дифузію уздовж поверхні (рішення Фішера).

Тема 8. Межова дифузія.

Зміст: Структура меж зерен та вплив її на коефіцієнти дифузії по межах зерен. Модель і рішення Фішера для дифузії по межах зерен з урахуванням стоку в об'єм.

Тема 9. Дифузія уздовж потрійних стиків меж зерен та дислокацій.

Зміст: Механізм дифузії уздовж потрійних стиків меж зерен та дислокацій. Вклад такої дифузії в загальний дифузійний потік.

## Розділ 2. Механічні властивості металів і сплавів

Тема 10. Напруження і деформації.

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

Тема 11. Пластична деформація

Зміст: Основні механізми пластичної деформації.

Пластична деформація двійникуванням. Механізм двійникування.

Тема 12. Пластична деформація ковзанням.

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

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

Тема 13. Деформаційні криві для монокристалів з гранецентрованою кубічною решіткою.

Зміст: Стадійність деформаційних кривих для монокристалів з гранецентрованою кубічною решіткою. Механізм пластичної деформації та механізм зміцнення на різних стадіях ковзання. Типи дислокаційних структур, які формуються в процесі ПД.

Тема 14. 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. Пластична деформація полікристалів.

Тема 15. Вплив різних зовнішніх факторів на розвиток пластичної деформації.

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

Тема 16. Механічні характеристики металів.

Зміст: 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. Характеристики пластичності.

Тема 17. Руйнування.

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

*Тема 18. Жароміцність.*

Зміст: Повзучість. Діаграма повзучості. Види повзучості. Криві повзучості. Непружня (оборотна) та логарифмічна повзучість. Стала повзучість, її механізм та швидкість. Дифузійна повзучість (повзучість Набарро- Херрінга та повзучість Кобле).

*Тема 19. Залежність механізмів пластичної деформації від умов деформування.*

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

*Тема 20. Тривала міцність.*

Зміст: Тривала міцність. Шляхи підвищення характеристик жароміцності.

*Тема 21. Втома.*

Зміст: Шляхи випробувань на втому. Криві втоми. Природа утомного руйнування, зародження втомних тріщин.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин		
	Денна форма		
	Усього	у тому числі	
лекції		С.р.	
1	2	3	4
<b>Розділ 1. Дифузійні властивості металів і сплавів</b>			
Тема 1	3	2	1
Тема 2	3	2	1
Тема 3	3	2	1
Тема 4	6	4	2
Тема 5	3	2	1
Тема 6	3	2	1
Тема 7	3	2	1
Тема 8	3	2	1
Тема 9	3	2	1
Разом за розділом 1	30	20	10
<b>Розділ 2. Механічні властивості металів і сплавів</b>			
Тема 10	3	2	1
Тема 11	2	1	1
Тема 12	6	4	2
Тема 13	3	2	1
Тема 14	3	2	1
Тема 15	3	2	1
Тема 16	3	2	1
Тема 17	3	2	1
Тема 18	3	2	1
Тема 19	3	2	1
Тема 20	3	2	1
Тема 21	3	2	1
Разом за розділом 2	38	25	13
<b>Усього годин</b>	<b>68</b>	<b>45</b>	<b>23</b>

## 6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Форма контролю
1	Ознайомитися з методами визначення коефіцієнтів дифузії: мікродифракційними, магнітними; методами, які основані на зміні фізичних властивостей (резистометричні, скін- ефект та інш.)	4	КР
2	Виведення формули для визначення коефіцієнта дифузії $x^2 = Dt$	3	КР
3.	Одержати закон Ареніуса за допомогою законів статистики.	3	КР
4.	Способи руху гвинтових та крайових дислокацій в кристалах, площини ковзання, вектор і контур Бюргерса.	5	КР
5.	Проблеми надійності конструкційних матеріалів і шляхи до їх вирішення.	4	КР
6.	Методами неруйнівного контролю стану конструкцій	4	КР

### 12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота											Підсумковий семестровий контр. (екзамен)	Сума
розділ 1												
T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9					
30											40	100
розділ 2												
T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	
30												

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка за національною шкалою	
	для екзамену	для заліку
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

#### 14. Рекомендована література

Базова література до гл. “Дифузія ....”.

1. Бокштейн Б.С. Диффузия в металлах /М.: Металлургия, 1978. .248 с.
2. Бокштейн Б.С., Бокштейн С.З., Жуховицкий А.А. Термодинамика и кинетика диффузии в твердых телах. М.: Металлургия. 1974. 280с.
3. Герцрикен С.Д., Дехтяр И.Я. Диффузия в металлах и сплавах в твердой фазе. М.: Гос. Изд-во физ.-мат. лит. 1960. 567с.
4. Зайт В. Диффузия в металлах М.: Изд-во иностр. лит. 1958. 382с.
5. Шьюмон П. Диффузия в твердых телах. М.: Металлургия. 1966.196с.

Література до гл. “Механічні властивості металів”

6. Кан Р., Хаазен П. Физическое металловедение, т.3. 1987.663 с.
7. Золотаревский В.С. Механические свойства металлов. М.: Металлургия, 1983, 350с.
8. Дьяченко С.С., Рабухин В.Б. Физические основы прочности металлов, 1982.
9. Полухин П.И., Горелик С.С., Воронцов В.К. Физические основы пластической деформации. М.: Металлургия, 1982, 584с.
10. Хоникомб Р. Пластическая деформация металлов. М.: Мир, 1972, 408с.

#### Допоміжна

11. Лариков Л.Н., Исайчев В.И. Структура и свойства металлов и сплавов. Справочник “Диффузия в металлах и сплавах”, Киев: Наукова думка. 1982. 510с.
12. Белоус М.В., Браун М.П. Физика металлов. Киев.: Вища шк. 1986. 343с.
13. Пинес Б.Я. Очерки по металлофизике. Харьков. Изд-во Кан Р. Физическое металловедение, т.2, М.: Мир. 1968. 492с.
14. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высш.шк.1985. 384с.
15. Пуарье Ж.П. Высокотемпературная пластичность поликристаллических тел. М.: Металлургия. 1982, 272с.
16. Неклюдов И.М., Камышанченко Н.В. Основы физики прочности и пластичности металлов. Учебное пособие, Белгород. Изд-во БелГУ. -2003.-488 с.
17. Пуарье Ж.П. Высокотемпературная пластичность поликристаллических тел. М.: Металлургия. 1982, 272с.
18. Неклюдов И.М., Камышанченко Н.В. Основы физики прочности и пластичности металлов. Учебное пособие, Белгород. Изд-во БелГУ. -2003.-488 с.