

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

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

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

“ _____ ” _____ 2020 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Спецкурс «**Механічні властивості металів і сплавів**»
(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _____ перший (бакалавр) _____
галузь знань _____ 10 – природничі науки _____
(шифр і назва)
спеціальність _____ 104 – фізика та астрономія _____
(шифр і назва)
освітня програма _____ фізика _____
(шифр і назва)
спеціалізація _____ _____
(шифр і назва)
вид дисципліни _____ за вибором _____
(обов’язкова / за вибором)
факультет _____ фізичний _____

2020/2021 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету

21 червня 2020 року, протокол № 6

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Коршак В. Ф., канд. фіз.- мат. наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри фізики кристалів

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики кристалів

Протокол № 7 від 20 червня 2020 року

Завідувач кафедри Гриньов Б. В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 6 від 20 червня 2020 року

Голова методичної комісії

(підпис)

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

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

_____перший (бакалавр)_____

(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності (напряму) _____104 – фізика та астрономія_____

спеціалізації

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є сформуванню у студентів уявлення про сутність і закономірності фізичних процесів, які обумовлюють механічні властивості металів і сплавів, сучасні теоретичні уявлення про механізми цих процесів, методи проведення механічних випробувань.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є придбання знань про механізми фізичних процесів, які обумовлюють механічні властивості металів та сплавів за різних умов навантаження в широкому інтервалі температур, механічні характеристики, які отримують за різних методів випробування.

1.3. Кількість кредитів – 3

1.4. Загальна кількість годин – 90

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
За вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
3-й	-й
Семестр	
6-й	-й
Лекції	
32 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
	год.
Лабораторні заняття	
год.	
Самостійна робота, у тому числі	
58 год.	год.
Індивідуальні завдання (курсів роботи)	

16 год.	год.
---------	------

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

знати:

особливості кристалічної будови металів та сплавів, що визначають їхні механічні властивості, механізми деформації за різних умов навантаження, елементи теорії дислокацій і теорії руйнування, механізми зміцнення матеріалів, експериментальні методи проведення механічних досліджень;

вміти:

використовувати знання про кристалічну будову, залежність механізмів деформації та механізмів деформаційного зміцнення від умов випробування для аналізу механічних характеристик і прогнозування механічних властивостей металів і сплавів.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Загальні уявлення про механічні властивості і кристалічну будову металів та сплавів

1. Фізична сутність механічних властивостей. Напруження і деформації. Статичні, динамічні, циклічні випробування
2. Схеми механічного навантаження. Одноосні розтяг та стиснення. Випробування при $\dot{\epsilon} = \text{const}$ та $\sigma = \text{const}$. Згин. Кручення
3. Деформаційні криві за умов активного навантаження. Криві повзучості. Деформаційне та швидкісне зміцнення. Випробування на релаксацію напружень
4. Типові просторові ґратки металів: об'ємноцентрована, гранецентрована, гексагональна щільно пакована. Індокси площин і напрямів у кристалічних ґратках
5. Дефекти кристалічної будови – носії пластичної деформації. Точкові дефекти. Термодинаміка точкових дефектів. Комплекси точкових дефектів. Міграція точкових дефектів
6. Теоретична і реальна міцність металів. Модель Я. І. Френкеля
7. Дислокації. Контур і вектор Бюргерса. Рух дислокацій і пластична деформація. Енергія дислокацій
8. Дво- і тривимірні дефекти. Дефекти пакування. Межі зерен і блоків. Міжфазні поверхні

Розділ 2. Механічні властивості металів та сплавів за різних умов випробування

9. Пружна деформація. Границя пружності. Закон Гука. Модулі пружності. Коефіцієнт Пуассона. Непружність металів. Дефект модуля пружності
10. Механізми пластичної деформації. Стадійність пластичної деформації. Пластична деформація ковзанням. Критичне приведенне напруження зсуву. Закон Шміда. Системи ковзання
11. Пластична деформація моно- і полікристалів. Зуб і площадка текучості. Деформація двійникованням

12. Вплив різних факторів (температури, швидкості деформації, концентрації твердого розчину, частинок другої фази, розміру зерна) на розвиток пластичної деформації. Закон Холла-Петча
13. Механізми деформаційного зміцнення. Гальмування дислокацій. Сила Пайерлса-Набарро. Гальмування дислокацій домішковими атомами, дисперсними частинками та при взаємодії з іншими дислокаціями. Взаємодія дислокацій з границями зерен
14. Повзучість металів. Низькотемпературна (логарифмічна) повзучість. Високотемпературна повзучість (повзучість Андраде). Залежність швидкості стаціонарної повзучості від температури та напруження
15. Повзучість Набарро-Херрінга і повзучість Кобла. Жароміцність. Тривала міцність
16. Руйнування. Крихке руйнування. Механізми виникнення тріщин у металі. Тріщиностійкість. Механізм в'язкого руйнування
17. Твердість. Твердість по Бринеллю, по Віккерсу, по Роквеллу. Мікротвердість. Мікро- і наноіндентування як методи визначення механічних властивостей
18. Втомленість. Причини виникнення мікропластичних деформацій і механізм руйнування при втомленості. Фактори, що впливають на опір втомленості металу

Розділ 3. Надпластичність

19. Стійкість пластичної течії. Феноменологія пластичності. Основні ознаки надпластичної деформації. Релаксація напружень у надпластичних матеріалах. Внутрішнє тертя у надпластичних матеріалах
20. Механізми надпластичної деформації. Зерномежеве проковзування, направлений дифузійний масоперенос та дислокаційна повзучість в умовах надпластичності. Експериментальні методи дослідження механізмів деформації в умовах надпластичності
21. Пластичність, зумовлена фазовим перетворенням в умовах деформації. Короткі відомості про термодинаміку і кінетику фазових перетворень. Кінетика Аврамі. Природа пластичності за поліморфних перетворень. Пластичність за рекристалізацією

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		пл	ін.	с.р.		
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Загальні уявлення про механічні властивості і кристалічну будову металів та сплавів						
1. Фізична сутність механічних властивостей. Напруження і деформації. Статичні, динамічні, циклічні випробування	3	1				2
2. Схеми механічного навантаження. Одноосні розтяг та стиснення. Випробування при $\dot{\epsilon} = \text{const}$ та $\sigma = \text{const}$. Згин. Кручення	3	1				2
3. Деформаційні криві за умов активного навантаження. Криві повзучості. Деформаційне та швидкісне зміцнення. Випробування на релаксацію напружень	3	1			1	2
4. Типові просторові ґратки металів: об'ємноцентрована, гранецентрована, гексагональна щільно пакована. Індокси площин і напрямів	3	1			1	2

у кристалічних ґратках					
5. Дефекти кристалічної будови – носії пластичної деформації. Точкові дефекти. Термодинаміка точкових дефектів. Комплекси точкових дефектів. Міграція точкових дефектів	3	1		1	2
6. Теоретична і реальна міцність металів. Модель Я. І. Френкеля.	2	1			1
7. Дислокації. Контур і вектор Бюргерса. Рух дислокацій і пластична деформація. Енергія дислокацій	4	2		1	2
8. Дво- і тривимірні дефекти. Дефекти пакування. Межі зерен і блоків. Міжфазні поверхні	3	1		1	2
Разом за розділом 1	24	9		5	15
Розділ 2. Механічні властивості металів та сплавів за різних умов випробування					
9. Пружна деформація. Границя пружності. Закон Гука. Модулі пружності. Коефіцієнт Пуассона. Непружність металів. Дефект модуля пружності	3	1		1	2
10. Механізми пластичної деформації. Стадійність пластичної деформації. Пластична деформація ковзанням. Системи ковзання. Критичне приведення напруження зсуву. Закон Шміда	4	2		1	2
11. Пластична деформація моно- і полікристалів. Зуб і площадка текучості. Деформація двійниками	4	2		1	2
12. Вплив різних факторів (температури, швидкості деформації, концентрації твердого розчину, частинок другої фази, розміру зерна) на розвиток пластичної деформації. Закон Холла-Петча	4	2		1	2
13. Механізми деформаційного зміцнення. Гальмування дислокацій. Сила Пайерлса-Набарро. Гальмування дислокацій домішковими атомами, дисперсними частинками та при взаємодії з іншими дислокаціями. Взаємодія дислокацій з границями зерен	4	2		1	2
14. Повзучість металів. Низькотемпературна (логарифмічна) повзучість. Високотемпературна повзучість (повзучість Андраде). Залежність швидкості стаціонарної повзучості від температури та напруження	3	2		1	1
15. Повзучість Набарро-Херрінга і повзучість Кобла. Жароміцність. Тривала міцність	2	1		1	1
16. Руйнування. Крихке руйнування. Механізми виникнення тріщин у металі. Тріщиностійкість. Механізм в'язкого руйнування	3	2		1	1
17. Твердість. Твердість по Бринеллю, по Віккерсу, по Роквеллу. Мікротвердість. Мікро- і наноіндентування як методи визначення механічних властивостей	3	2			1
18. Втопленість. Причини виникнення мікропластичних деформацій і механізм руйнування при втопленості. Фактори, що впливають на опір втопленості металу	2	1			1
Разом за розділом 2	32	17		8	15
Розділ 3. Надпластичність					
19. Стійкість пластичної течії. Феноменологія пластичності. Основні ознаки надпластичної деформації. Релаксація напружень у надпластичних матеріалах. Внутрішнє тертя у надпластичних матеріалах	5	2		1	3
20. Механізми надпластичної деформації. Зерномежеве проковзування, направлений дифузійний масоперенос та дислокаційна повзучість в умовах надпластичності. Експериментальні методи дослідження механізмів деформації в умовах надпластичності	6	3		1	3
21. Пластичність, зумовлена фазовим перетворенням в умовах деформа-	4	1		1	3

ції. Короткі відомості про термодинаміку і кінетику фазових перетворень. Кінетика Аврамі. Експериментальне підтвердження пластичності перетворення. Природа пластичності за поліморфних перетворень. Пластичність за рекристалізації					
Разом за розділом 3	15	6		3	9
Усього годин	90	3		16	58

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин

5. Завдання для самостійної роботи

№	З використанням літературних джерел із списку рекомендованої літератури проробка питань, поставлених викладачем на лекції з теми:	Кількість годин
1	Фізична сутність механічних властивостей. Напруження і деформації	1
2	Схеми механічного навантаження	1
3	Деформаційні криві за умов активного навантаження. Криві повзучості. Випробування на релаксацію напружень.	1
4	Типові просторові ґратки металів. Індокси площин і напрямів у кристалічних ґратках	2
5	Дефекти кристалічної будови металів і сплавів	1
6	Точкові дефекти в кристалах	2
7	Теоретична і реальна міцність металів. Модель Я. І. Френкеля	1
8	Дислокації. Контур і вектор Бюргерса	2
9	Рух дислокацій і пластична деформація. Енергія дислокацій	2
10	Дво- і тривимірні дефекти. Дефекти пакування 1	
11	Межі зерен і блоків. Міжфазні поверхні	2
12	Пружна деформація. Границя пружності. Закон Гука	1
13	Модулі пружності. Коефіцієнт Пуассона. Непружність металів	2
14	Механізми пластичної деформації. Стадійність пластичної деформації. Пластична деформація ковзанням. Системи ковзання	2
15	Критичне приведенне напруження зсуву. Закон Шміда	2
16	Пластична деформація моно- і полікристалів. Зуб і площадка текучості.	2
17	Деформація двійникуванням	1
18	Вплив різних фізичних факторів на розвиток пластичної деформації. Закон Холла-Петча	2
19	Гальмування дислокацій. Сила Пайєрлса-Набарро	1
20	Гальмування дислокацій домішковими атомами, дисперсними частинками та при взаємодії з іншими дислокаціями	2
21	Взаємодія дислокацій з границями зерен	1
22	Повзучість металів. Низькотемпературна (логарифмічна) повзучість	1
23	Високотемпературна повзучість (повзучість Андраде)	1
24	Залежність швидкості стаціонарної повзучості від температури та напруження	1

25	Повзучість Набарро-Херрінга і повзучість Кобла	1
26	Жароміцність. Тривала міцність	1
27	Крихке руйнування. Механізми виникнення тріщин у металі. Тріщиностійкість.	1
28	Механізм в'язкого руйнування	1
29	Твердість. Мікротвердість	1
30	Мікро- і наноіндентування як методи визначення механічних властивостей	1
31	Причини виникнення мікропластичних деформацій і механізм руйнування при втомленості	1
32	Фактори, що впливають на опір втомленості металу	1
33	Стійкість пластичної течії. Феноменологія пластичності	2
34	Основні ознаки надпластичної деформації	1
35	Релаксація напружень у надпластичних матеріалах	1
36	Внутрішнє тертя у надпластичних матеріалах	1
37	Механізми надпластичної деформації	2
38	Експериментальні методи дослідження механізмів деформації в умовах надпластичності	2
39	Пластичність, зумовлена фазовим перетворенням в умовах деформації	1
40	Короткі відомості про термодинаміку і кінетику фазових перетворень. Кінетика Аврамі	2
41	Експериментальне підтвердження пластичності перетворення	1
42	Природа пластичності за поліморфних перетворень. Пластичність за рекристалізації	2
	Разом	58

6. Індивідуальні завдання (курсів роботи)

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Механічні властивості і кристалічна будова металів та сплавів	5
2	Механічні властивості металів та сплавів за різних умов випробування	8
3	Надпластичність	3
	Разом	16

7. Методи контролю

екзамен.

Питання до контролю:

1. Фізична сутність механічних властивостей. Напруження і деформації
2. Схеми механічного навантаження
3. Деформаційні криві за умов активного навантаження. Криві повзучості. Випробування на релаксацію напружень.
4. Типові просторові ґратки металів. Індокси площин і напрямів у кристалічних ґратках
5. Точкові дефекти в кристалах
6. Теоретична і реальна міцність металів. Модель Я. І. Френкеля
7. Дислокації. Контур і вектор Бюргерса
8. Рух дислокацій і пластична деформація. Енергія дислокацій
9. Межі зерен і блоків. Міжфазні поверхні
10. Пружна деформація. Границя пружності. Закон Гука
11. Модулі пружності. Коефіцієнт Пуассона. Непружність металів

12. Пластична деформація ковзанням. Системи ковзання
13. Критичне приведення напруження зсуву. Закон Шміда
14. Пластична деформація моно- і полікристалів. Зуб і площадка текучості
15. Вплив різних фізичних факторів на розвиток пластичної деформації. Закон Холла-Петча
16. Гальмування дислокацій. Сила Пайєрлса-Набарро
17. Гальмування дислокацій домішковими атомами, дисперсними частинками та при взаємодії з іншими дислокаціями
18. Взаємодія дислокацій з границями зерен
19. Низькотемпературна (логарифмічна) повзучість
20. Високотемпературна повзучість (повзучість Андраде)
21. Залежність швидкості стаціонарної повзучості від температури та напруження
22. Повзучість Набарро-Херрінга і повзучість Кобла
23. Жароміцність. Тривала міцність
24. Крихке руйнування. Механізми виникнення тріщин у металі. Тріщиностійкість.
25. Механізм в'язкого руйнування
26. Твердість. Мікротвердість
27. Причини виникнення мікропластичних деформацій і механізм руйнування при втомленості
28. Фактори, що впливають на опір втомленості металу
29. Стійкість пластичної течії. Феноменологія пластичності
30. Основні ознаки надпластичної деформації
31. Релаксація напружень у надпластичних матеріалах
32. Внутрішнє тертя у надпластичних матеріалах
33. Механізми надпластичної деформації
34. Експериментальні методи дослідження механізмів деформації в умовах надпластичності
35. Пластичність, зумовлена фазовим перетворенням в умовах деформації
36. Короткі відомості про термодинаміку і кінетику фазових перетворень. Кінетика Аврамі
37. Експериментальне підтвердження пластичності перетворення
38. Природа пластичності за поліморфних перетворень. Пластичність за рекристалізацією

Екзаменаційний білет № 1

1. Фізична сутність механічних властивостей. Напруження і деформації. Схеми механічного навантаження. Одноосні розтяг та стиснення. Випробування при $\epsilon = \text{const}$ та $\sigma = \text{const}$. Згин. Кручення. Статичні, динамічні, циклічні випробування
2. Пластична деформація моно- і полікристалів. Зуб і площадка текучості. Деформація двійникованням

Екзаменаційний білет № 2

1. Типові просторові ґратки металів: об'ємноцентрована, гранецентрована, гексагональна щільно пакована. Індокси площин і напрямів у кристалічних ґратках
2. Повзучість Набарро-Херрінга і повзучість Кобла. Жароміцність. Тривала міцність

Екзаменаційний білет № 3

1. Точкові дефекти в кристалах. Термодинаміка точкових дефектів. Комплекси точкових дефектів. Міграція точкових дефектів
2. Механізми надпластичної деформації. Зерномежеве проковзування, направлений дифузійний масоперенос та дислокаційна повзучість в умовах надпластичності. Експериментальні методи дослідження механізмів деформації в умовах надпластичності

Екзаменаційний білет № 4

1. Дислокації. Контур і вектор Бюргерса. Рух дислокацій і пластична деформація. Енергія дислокацій
2. Стійкість пластичної течії. Феноменологія пластичності. Основні ознаки надпластичної деформації

Екзаменаційний білет № 5

1. Пружна деформація. Границя пружності. Закон Гука. Модулі пружності. Коефіцієнт Пуассона. Непружність металів. Дефект модуля пружності
2. Деформаційні криві за умов активного навантаження. Криві повзучості. Деформаційне та швидкісне зміцнення. Випробування на релаксацію напружень

Екзаменаційний білет № 6

1. Механізми пластичної деформації. Стадійність пластичної деформації. Пластична деформація ковзанням. Критичне приведення напруження зсуву. Закон Шміда. Системи ковзання
2. Твердість. Твердість по Бринеллю, по Віккерсу, по Роквеллу. Мікротвердість

Екзаменаційний білет № 7

1. Руйнування. Крихке руйнування. Механізми виникнення тріщин у металі. Тріщиностійкість. Механізм в'язкого руйнування
2. Пластичність, зумовлена фазовим перетворенням в умовах деформації. Короткі відомості про термодинаміку і кінетику фазових перетворень. Кінетика Аврамі. Природа пластичності за поліморфних перетворень. Пластичність за рекристалізацією

Екзаменаційний білет № 8

1. Механізми деформаційного зміцнення. Гальмування дислокацій. Сила Пайерлса-Набарро. Гальмування дислокацій домішковими атомами, дисперсними частинками та при взаємодії з іншими дислокаціями. Взаємодія дислокацій з границями зерен
2. Дво- і тривимірні дефекти. Дефекти пакування. Межі зерен і блоків. Міжфазні поверхні

Екзаменаційний білет № 9

1. Повзучість металів. Низькотемпературна (логарифмічна) повзучість. Високотемпературна повзучість (повзучість Андраде). Залежність швидкості стаціонарної повзучості від температури та напруження
2. Втопленість. Причини виникнення мікропластичних деформацій і механізм руйнування при втопленості. Фактори, що впливають на опір втопленості металу

Екзаменаційний білет № 10

1. Вплив різних фізичних факторів (температури, швидкості деформації, концентрації твердого розчину, частинок другої фази, розміру зерна) на розвиток пластичної деформації. Закон Холла-Петча
2. Теоретична і реальна міцність металів. Модель Я. І. Френкеля.

8. Схема нарахування балів

Підсумковий семестровий контроль

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання						Екзамен	Сума
Поточне тестування за темами	Поточне тестування за темами	Поточне тестування за темами		Індивідуальне завдання	Разом		
T1-T8	T9-T18	T19-T21					
16	20	6	-	18	60	40	100

T1, T2 ... – теми розділів

Поточне тестування з кожної теми складається з одного тестового завдання, відповідь на яке оцінюється у 2 бали.

Індивідуальне завдання – 3 курсові роботи. Написання курсової роботи 3 бали, успішний захист 3 бали.

Екзаменаційний білет містить два пункти. Відповідь на кожен пункт оцінюється у 20 балів.

Шкала оцінювання

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

9. Рекомендована література

Основна література

1. Золотаревский В.С. Механические свойства металлов. М.: Металлургия, 1983. 350 с.

2. Физическое металловедение: В 3-х т., 3-е изд. перераб. и доп. / Под ред. Кана Р. У., Хаазена П. Т. 3: Физико-механические свойства металлов и сплавов: Пер. с англ. М.: Металлургия, 1987. 663 с.
3. Дяченко С. С. Фізичні основи міцності та пластичності металів: Навч. посібник. Харків: Видавництво ХНАДУ, 2003. 226 с.
4. Зиман З. З., Сіренко А. Ф. Основи фізичного матеріалознавства: Навчальний посібник. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2005. 288 с.
5. Неклюдов И. М., Камышанченко Н. В. Основы физики прочности и пластичности металлов. Учебное пособие. Белгород. Изд-во БелГУ, 2003. 488 с.
6. Хоникомб Р. Пластическая деформация металлов. М.: Металлургия, 1972. 408 с.
7. Бочвар А. А. Металловедение. М.: ГНТИЛЧЦМ, 1956. 490 с.
8. Розенберг В. М. Ползучесть металлов. М.: Металлургия, 1967. 276 с.
9. Кайбышев О.А. Сверхпластичность промышленных сплавов. М.: Металлургия, 1984. 264 с.

Допоміжна

1. Пинес Б. Я. Очерки по металлофизике. Харьков. Изд-во ХГУ, 1961. 316 с.
2. Пуарье Ж. П. Высокотемпературная пластичность поликристаллических тел. М.: Металлургия. 1982, 272с.
3. Смирнов. А. А. Физика металлов. М.: Наука, 1971. 112 с.
4. Салли И. В. Физические основы формирования структуры сплавов. М.: ГНТИЛЧЦМ, 1963. 220 с.
5. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства. – М.: Академкнига, 2007. - 398 с.
6. Зиман З. З. Основи структурної кристалографії: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2008. – 212 с.
7. Хирт Дж., Лоте И. Теория дислокаций. Перев. с англ. Под ред Э. М. Надгорного и Ю. А. Осипьяна. – М., Атомиздат, 1972. – 600 с.
8. Новиков И.И., Портной В.К. Сверхпластичность сплавов с ультрамелким зерном. - М.: Металлургия, 1981. – 168 с.
9. Регель В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.Е. Кинетическая природа прочности твердых тел. М.: Наука, 1974. 560 с.