

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

“ЗАТВЕРДЖУЮ”  
Перший проректор

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### ”Фізика надпластичності”

(шифр і назва навчальної дисципліни)

напряму підготовки  
для спеціальності  
спеціалізації  
факультету

6.040203 – фізика  
(шифр і назва напряму підготовки)

6.04020301 – фізика  
(шифр і назва спеціальності (тей))

фізичного  
(назва факультету)

2016 / 2017 навчальний рік

## **Фізика надпластичності**

Робоча програма навчальної дисципліни  
за напрямом підготовки 6.040203 – фізика,  
спеціальністю 6.04020301– фізика  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ , 2016\_.\_–\_.\_с.

Розробники: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади).

Кандидат фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник, старший науковий  
співробітник Коршак Віра Федосіївна

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри \_\_\_\_\_

---

Протокол № 7 від “16” червня 2016 р.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р \_\_\_\_\_ (підпис) (Зиман З. З.)  
(прізвище та ініціали)

Схвалено методичною комісією

---

Протокол № 7 від “29” серпня 2016 р.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2016 р. Голова \_\_\_\_\_ (Макаровський М. О.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		<i>денна форма навчання</i>	
Кількість кредитів – 1	Галузь знань 0402 - фізико-математичні науки (шифр і назва)	за вибором	
	Напрямок підготовки <b>Фізика конденсованого стану</b> (шифр і назва)		
Модулів – 1	Спеціальність (професійне спрямування): науково-виробниче відділення	<b>Рік підготовки:</b>	
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		4-й	
Загальна кількість годин - 15		<b>Семестр</b>	
		8-й	
		<b>Лекції</b>	
		0,5 год.	
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		год.	год.
		<b>Лабораторні</b>	
		год.	год.
		<b>Самостійна робота</b>	
		0,5 год.	
		<b>ІНДЗ:</b>	
		Вид контролю:	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 0,5 самостійної роботи студента – 0,5	Освітньо-кваліфікаційний рівень:		

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета та завдання вивчення дисципліни: сформувати уявлення про надпластичність як одну з важливих наукових проблем сучасної фізики міцності і пластичності; ознайомити студентів з експериментальними даними про структурну надпластичність металів і сплавів; механізмами надпластичної деформації; природою пластичності при фазових перетвореннях; експериментальними методами досліджень надпластичних матеріалів; теоретичними уявленнями про ефект надпластичності; основними напрямками практичного використання цього ефекту.

У результаті вивчення даного курсу студент повинен :

- На понятійно-аналітичному рівні мати основні уявлення про механічні властивості матеріалів, механізми деформації полікристалів, основні ознаки надпластичності, зв'язок надпластичних властивостей з температурою, розміром зерна, хімічним та фазовим складом, особливості зерномежевого проковзування, дифузійного масопереносу та дислокаційної повзучості в умовах надпластичності, природу пластифікації матеріалів за умов фазових перетворень.
- Володіти основами феноменологічного аналізу надпластичної деформації. Вміти за експериментальними даними визначити оптимальні умови виявлення ефекту надпластичності.
- Розуміти головні переваги та недоліки традиційних методів експериментальних досліджень надпластичних матеріалів, зокрема, механічних випробувань, фазового аналізу, механізмів деформації.
- Придбати навички роботи з науковою літературою та виступу з доповіддю на науковому семінарі.

## 3. Програма навчальної дисципліни

**Тема 1.** Загальні уявлення про механічні властивості матеріалів ( 2 год.)

Пружність. Пластичність. Міцність. Твердість. Напруження і деформації. Способи проведення механічних випробувань. Одноосні розтяг та стиснення. Випробування при  $\sigma = \text{const}$   $\epsilon = \text{const}$ . Криві повзучості. Деформаційні криві за умов активного навантаження. Деформаційне та швидкісне зміцнення. Холодна, тепла та гаряча деформації. Релаксація напружень. Непружна деформація. Внутрішнє тертя. Стійкість пластичної течії. Феноменологія пластичності. Кількісні характеристики механічних властивостей деяких матеріалів.

**Тема 2.** Експериментальні дані про надпластичність металів і сплавів ( 4 год.)

Історичні роботи С. Пірсона і А.А. Бочвара. Основні ознаки надпластичної деформації. Швидкісна залежність напруження течії, показника швидкісної чутливості напруження течії і відносного видовження надпластичних матеріалів. Структурна (ізотермічна) надпластичність і надпластичність за особливих зовнішніх умов. Зв'язок надпластичних властивостей з температурою, розміром зерна, хімічним та фазовим складом. Вплив попередньої деформації на показники надпластичності. Концентрація вакансій і густина дислокацій у надпластичних

матеріалах. Релаксація напружень у надпластичних матеріалах. Внутрішнє тертя у над пластичних матеріалах.

**Тема 3. Механізми надпластичної деформації ( 4 год.).**

Зерномежеве проковзування.

Експериментальні методи дослідження зерномежевого проковзування. Моделі зерномежевого проковзування. Моделі перестановок і модулі вбудовування. Модель Речінгера. Модель Лі. Модель Ешбі і Веррела. Модель Джифкінса. Роль пористості у надпластичності. Особливості дії зерномежевого проковзування за умов надпластичної деформації.

Направлений дифузійний масоперенос в умовах надпластичності. Сучасні уявлення про дифузійну повзучість. Повзучість Набарро-Херінга и повзучість Кобла. Експериментальні докази дії механізму дифузійної повзучості в умовах надпластичності. Особливості дифузійної повзучості за надпластичності.

Дислокаційна повзучість.

Повзучість, що контролюється ковзанням та переповзанням дислокацій. Моделі внутрішньозеренного дислокаційного ковзання. Моделі Болла і Хатчісона і модель Мукерджі. Модель Джифкінса. Експериментальні методи дослідження внутрішньозеренного дислокаційного ковзання. Особливості внутрішньозеренного дислокаційного ковзання в умовах надпластичності. Взаємозв'язок і роль різних механізмів деформації у забезпеченні надпластичної течії.

**Тема 4. Пластичність перетворення ( 3 год.).**

Фазові перетворення. Мартенситні (бездифузійні) перетворення і перетворення, зумовлені дифузією. Короткі відомості про термодинаміку і кінетику фазових перетворень. Кінетика Аврамі. Експериментальне підтвердження пластичності перетворення. Природа пластичності за поліморфних перетворень. Пластичність за рекристалізації. Пластичність за умов мартенситного перетворення. Фізичні макроскопічні і мікроскопічні моделі надпластичної течії.

**Тема 5. Високошвидкісна та низькотемпературна надпластичність ( 1 год.)**

**Тема 6. Практичне використання ефекту надпластичності (1 год.).**

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин										
	Денна форма										
	Усього	у тому числі									
		л	п	лаб	інд	ср					
1	2	3	4	5	6	7					
<b>Модуль 1</b>											
Тема 1.		2				2					
Тема 2.		4				4,5					
Тема 3.		4				4,5					
Тема 4.		3				4,5					

Тема 5.		1				-						
Тема 6.		1				-						
Разом за модулем 1		15				15,5						
<b>Усього годин</b>		15				15,5						

## 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Способи проведення механічних випробувань. Деформаційне та швидкісне зміцнення. Релаксація напружень. Непружна деформація. Внутрішнє тертя. Стійкість пластичної течії. Феноменологія пластичності.	2
2	Основні ознаки надпластичної деформації. Швидкісна залежність напруження течії, показника швидкісної чутливості напруження течії і відносного видовження надпластичних матеріалів. Зв'язок надпластичних властивостей з температурою, розміром зерна, хімічним та фазовим складом.	4,5
3	Експериментальні методи дослідження зерномежевого проковзування. Моделі зерномежевого проковзування. Сучасні уявлення про дифузійну повзучість. Експериментальні докази дії механізму дифузійної повзучості в умовах надпластичності. Моделі внутрішньозеренного дислокаційного ковзання. Експериментальні методи дослідження внутрішньозеренного дислокаційного ковзання.	4,5
4	Термодинаміка і кінетика фазових перетворень. Кінетика Аврамі. Експериментальне підтвердження пластичності перетворення. Природа пластичності за поліморфних перетворень. Пластичність за рекристалізації. Пластичність за умов мартенситного перетворення. Фізичні макроскопічні і мікроскопічні моделі надпластичної течії.	4,5
	Разом	15,5

## 9. Індивідуальне навчально - дослідне завдання

Особливості структури і механічної поведінки ультрадрібнозернистих (нано- та субмікросталічних) металів і сплавів, отриманих із застосуванням інтенсивної пластичної деформації. Надпластичні властивості матеріалів з нано- та субмікронною структурою.

### Питання до модульного контролю

1. Механічні властивості матеріалів. Напруження і деформації.
2. Способи проведення механічних випробувань.
3. Стійкість пластичної течії. Феноменологія пластичності.
4. Основні ознаки надпластичної деформації.
5. Структурна (ізотермічна) надпластичність і надпластичність за особливих зовнішніх умов.
6. Зв'язок надпластичних властивостей з температурою, розміром зерна, хімічним та фазовим складом.
7. Зерномежеве проковзування в умовах надпластичності. Експериментальні методи дослідження зерномежевого проковзування.
8. Моделі зерномежевого проковзування в умовах надпластичності.
9. Сучасні уявлення про дифузійну повзучість. Повзучість Набарро-Херінга и повзучість Кобла.
10. Особливості дифузійного масопереносу в умовах надпластичності.
11. Експериментальні докази дії механізму дифузійної повзучості в умовах надпластичності.
12. Дислокаційна повзучість в умовах надпластичності. Моделі внутрішньозеренного дислокаційного ковзання.
13. Експериментальні методи дослідження внутрішньозеренного дислокаційного ковзання.
14. Загальні уявлення про термодинаміку і кінетику фазових перетворень.
15. Пластичні властивості металів за умов фазових перетворень та рекристалізації.

## 12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота		Сума
Модуль		
100		100

## Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсової роботи (проекту), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
80-89	<b>B</b>	добре	
70-79	<b>C</b>		
60-69	<b>D</b>	задовільно	
50-59	<b>E</b>		
1-49	<b>FX</b>	незадовільно	не зараховано

### 14. Рекомендована література Базова

1. Грабский М.В. Структурная сверхпластичность металлов. – М.: Металлургия, 1975. – 272 с.
2. Новиков И.И., Портной В.К. Сверхпластичность сплавов с ультрамелким зерном. - М.: Металлургия, 1981. – 168 с.
3. Кайбышев О.А. Сверхпластичность промышленных сплавов. - М.: Металлургия, 1984. – 264 с.
4. Тихонов А.С. Эффект сверхпластичности металлов и сплавов. – М.: Наука, 1978. – 142 с.
5. Пуарье Ж.-П. Ползучесть кристаллов. Механизмы деформации металлов, керамики и минералов при высоких температурах. – М.: Мир, 1988. – 287 с.
6. Чумаченко Е.Н., Смирнов О.М., Цепин М.А. Сверхпластичность: материалы, теория, технологии. – М.: КомКнига, 2005. – 320 с.
7. Эстрин Э.И. О природе пластичности при полиморфных превращениях // Физика металлов и металловедение. – 2006, т. 102, № 1. – С. 123-128.
8. Эстрин Э.И. Пластичность при рекристаллизации // Физика металлов и металловедение. – 2006, т. 102, № 3. – С. 346-349.

### Допоміжна

1. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. - М.: Логос, 2000. – 272 с.
2. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства. – М.: Академкнига, 2007. - 398 с.