

Міністерство освіти і науки України  
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника  
Фізико-технічний факультет  
Кафедра матеріалознавства і новітніх технологій

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Фізичне матеріалознавство

Освітня програма	Прикладна фізика та наноматеріали
Спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
Галузь знань	10 Природничі науки

Івано-Франківськ  
2022

Робоча програма спецкурсу «Фізичне матеріалознавство»  
для підготовки здобувачів третього рівня вищої освіти – доктора філософії  
спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали. „\_\_\_” \_\_\_\_\_, 2022 р.  
– \_\_\_ с.

Розробники: (вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)  
Яремій Іван Петрович, професор кафедри матеріалознавства і новітніх  
технологій, доктор фізико-математичних наук, професор.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри матеріалознавства і новітніх  
технологій

Протокол № 1 від “29” серпня 2022 р.

Завідувач кафедри матеріалознавства і новітніх технологій

“29” серпня 2022 р. \_\_\_\_\_ Богдан ОСТАФІЙЧУК

Схвалено методичною комісією фізико-технічного факультету.

Протокол від “30” серпня 2022 р. № 1

“30” серпня 2022 р.

Голова \_\_\_\_\_  
(підпис)

Михайло ЯЦУРА  
(прізвище та ініціали)

© Прикарпатський національний  
університет імені Василя Стефаника,  
2022 рік

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань 10 Природничі науки	За вибором	
Модулів – 1	Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 2		2021-й	-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин –90		3-й	-й
Тижневих годин для денної форми навчання:  аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 4	третій освітньо-науковий рівень – доктор філософії	<b>Лекції</b>	
		20 год.	год.
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		10 год.	год.
		<b>Лабораторні</b>	
		__ год.	__ год.
		<b>Самостійна робота</b>	
60 год.	год.		
<b>Індивідуальні завдання:</b>			
__ год.			
<b>Вид контролю:</b>			
залик			

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:  $40/80=0,5$

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

**Мета:** формування знань про будову та властивості матеріалів, а також методи та підходи до розробки нових матеріалів. Розглянути підходи до систематизації та класифікації сплавів. Вияснити зв'язок між діаграмами стану сплавів та властивостями сплавів.

**Завдання:** в результаті вивчення дисципліни студент має набути знання про загальні характеристики матеріалів, основні поняття, закони; зв'язок між структурою металів і сплавів та їх властивостями.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

**володіти** теоретичним матеріалом в обсязі, який передбачений навчальною програмою даного курсу;

**знати:** класифікацію, загальні характеристики властивостей та будову металічних сплавів, основні поняття та закони, підходи до розробки нових матеріалів. Методи дослідження металів і сплавів на їх основні, та зв'язок між виглядом діаграм стану і властивостями.

**вміти:** правильно використовувати набуті знання і навички на практиці, пояснити зв'язок між особливостями структури речовин з особливостями їх фізичних властивостей, визначати фазовий склад та концентрацію компонент в сплавах використовуючи фазові діаграми рівноваги.

## **3. Програма навчальної дисципліни**

### **Змістовий модуль 1. Структура і властивості матеріалів, та методи їх дослідження**

#### **Теоретичні основи матеріалознавства**

Будова і властивості матеріалів. Типи і класи сучасних і перспективних неорганічних матеріалів Електронна структура. Типи міжатомних зв'язків в кристалах. Кристалічна будова твердих тіл. Типи кристалічних решіток металів і їх характеристика. Реальна будова металевих і неметалевих кристалів. Анізотропія властивостей кристалів. Способи опису механічних властивостей. Пружність, в'язкість, пластичність.

#### **Сучасні методи аналізу фізико-механічних властивостей матеріалів**

Методи механічних випробувань.

Макро-, мікро- і субструктура матеріалів. Оптична та електронна мікроскопія. Металографічний аналіз. Мікротвердість.

Рентгеноструктурний аналіз, спектральний аналіз, гамма-резонансна спектроскопія.

Термогравіметричний аналіз. Ультразвукова дефектоскопія.

#### **Механічні властивості матеріалів та їхні характеристики**

Основні механічні властивості матеріал та їхні характеристики. Навантаження, деформація, напруження. Жорсткість, міцність, пружність матеріалів. Пластичність та в'язкість. Основні відмінності між пластичними й крихкими матеріалами. Поняття про умови міцності. Втомна міцність. Дисипація енергії. Твердість і методи її визначення. Напружений стан та види руйнування.

### **Дефекти структури матеріалів і їх роль в формуванні експлуатаційних характеристик**

Дефекти кристалічної будови: точкові, лінійні, поверхневі та об'ємні. Дислокаційна структура і міцність металів. Руйнування матеріалів, види руйнування. Механізми зародження тріщин. Силкові, деформаційні і енергетичні критерії локального руйнування. Фрактографія як метод кількісної оцінки механізму руйнування. Тріщиностійкість і прогнозування довговічності матеріалів.

### **Кристалізація металів**

Характеристика рідкого металу. Термодинаміка та кінетика кристалізації. Термодинамічні умови кристалізації. Кінетичні умови кристалізації. Гетерогенне (недовільне) зародкоутворення. Ріст кристалів. Форма і розміри кристалів. Будова металевих зливок. Ліквіація. Усадка при кристалізації. Гази та газові бульбашки. Неметалеві включення. Вторинні переплавні процеси та неоднорідність литого металу.

### **Вплив різних факторів на механічні властивості металів**

Хімічний склад. Макроструктура. Мікроструктура. Механізм пластичної деформації. Основні механізми зміцнення металевих сплавів. Вплив механізмів зміцнення на поріг холодноламкості. Вплив напруженого стану та масштабного фактора на механічні властивості матеріалів.

### **Пластична деформація та рекристалізація**

Пружна та пластична деформація. Дотичні напруження у кристалі. Системи ковзання у кристалах. Дислокаційний механізм ковзання. Джерела Франка-Ріда. Наклеп металів. Двійникування. Пластична деформація полікристалічних тіл. Зміни структури та властивостей металу при пластичній деформації. Вплив нагрівання на структуру та властивості деформованого металу. Повернення та рекристалізація. Повернення у деформованому металі. Відпуск. Полігонізація. Рекристалізація. Первинна рекристалізація. Збиральна рекристалізація. Вторинна рекристалізація. Холодна, тепла та гаряча обробка тиском.

## **Змістовий модуль 2. Теорія сплавів**

### **Будова сплавів**

Загальні положення. Механічні суміші. Хімічні сполуки. Тверді розчини. Тверді розчини заміщення. Тверді розчини проникнення. Тверді розчини вилучення. Упорядковані тверді розчини. Проміжні фази.

### **Теорія фазових рівноваг**

Характеристика агрегатних станів. Термінологія і визначенням основних величин. Принципи та закони термодинаміки. Ентропія. Характеристичні

функції. Хімічний потенціал. Рівновага термодинамічної системи. Умова рівноваги Гіббса. Правило фаз Гіббса. Фазові реакції.

Фазова рівновага в однокомпонентній системі. Фазові діаграми однокомпонентних систем. Варіантність системи. Термодинамічна рівновага в однокомпонентній системі. Фазові діаграми рівноваги. Фазові переходи. Поліморфізм в однокомпонентній системі. Варіантність системи. Діаграм рівноваги з поліморфними фазами. Термодинамічний аналіз рівноваги з поліморфними фазами.

### **Діаграми стану подвійних систем**

Діаграми стану системи, компоненти якої утворюють неперервний ряд рідких і твердих розчинів. Механізм кристалізації сплавів, що мають структуру необмеженого твердого розчину.

Діаграма стану системи з відсутністю взаємної розчинності компонентів у твердому стані. Механізм евтектичної кристалізації.

Діаграми стану систем з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані. Діаграма стану системи з евтектичним та перитектичним перетворенням.

Діаграми стану систем з хімічними сполуками та проміжними фазами. Діаграми стану систем зі стійкими та нестійкими проміжними фазами. Діаграми стану систем з проміжними фазами, які утворюються без участі рідкої фази. Діаграми стану систем з упорядкованими проміжними фазами.

Діаграми стану систем з повною нерозчинністю або обмеженою розчинністю компонентів у рідкому стані. Діаграма стану системи з повною нерозчинністю компонентів у рідкому і твердому станах.

Діаграми стану систем з поліморфними компонентами і проміжними фазами.

Кристалізація сплавів у нерівноважних умовах.

Загальні закономірності будови подвійних систем та їх діаграм стану. Зображення фазових рівноваг. Загальні закономірності, яким підпорядковуються подвійні системи. Зв'язок між діаграмами стану різних типів. Зв'язок між типом діаграм стану і властивостями сплавів (правила Курнакова).

### **Діаграми стану потрійних систем**

Геометричні основи діаграм стану потрійних систем.

Основні закономірності будови потрійних систем та їх діаграм стану. Правило фаз Гіббса. Правило відрізків (важеля). Інші закономірності, загальні для подвійних і потрійних систем.

Діаграма стану системи з необмеженою розчинністю компонентів у рідкому та твердому станах. Кристалізація потрійних сплавів. Ізотермічні та політермічні розрізи.

Діаграма стану системи з необмеженою розчинністю компонентів у рідкому стані та відсутністю розчинності у твердому стані. Кристалізація типових сплавів.

Діаграми стану систем з проміжними фазами.

Діаграми стану систем, компоненти яких обмежено розчиняються один в одному у твердому стані.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		лек.	пр. (сем.)	лаб.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
<b>Змістовий модуль 1. Структура і властивості матеріалів, та методи їх дослідження</b>						
Тема 1. Теоретичні основи матеріалознавства		2	0	–	–	6
Тема 2. Сучасні методи аналізу фізико-механічних властивостей матеріалів		2	1			6
Тема 3. Механічні властивості матеріалів та їхні характеристики.		2	1			6
Тема 4. Дефекти структури матеріалів і їх роль в формуванні експлуатаційних характеристик		2	1			6
Тема 5. Кристалізація металів		2	1	–	–	6
Тема 6. Вплив різних факторів на властивості металів		2	1	–	–	6
Тема 7. Пластична деформація та рекристалізація		2	1			6
<b>Змістовий модуль 2. Теорія сплавів</b>						
Тема 8. Загальна характеристика будови і властивостей сплавів		2	1	–	–	6
Тема 9. Діаграми стану подвійних систем		2	1	–	–	6
Тема 10. Діаграми стану потрійних систем		2	2	–	–	6
<b>Усього годин</b>		90	20	10	–	60

#### 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>Змістовий модуль 1. Структура і властивості матеріалів, та методи їх дослідження</b>		
1	Основні методи дослідження в матеріалознавстві	2
2	Аналіз механічних та фізичних властивостей матеріалів	2

3	Структура матеріалів та її вплив на властивості матеріалів. Кристалізація металів.	2
<b>Змістовий модуль 2. Теорія сплавів</b>		
4	Аналіз діаграм стану подвійних систем	2
5	Аналіз діаграм стану потрійних систем	2
	<b>Усього годин</b>	<b>10</b>

### 6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Атомно-кристалічна будова металів і неметалів.	6
2	Методи фізичного матеріалознавства	6
3	Механічні властивості матеріалів та їхні характеристики.	6
4	Дефекти кристалічної структури та їх вплив на властивості матеріалів	6
5	Кристалізація металів	6
6	Вплив різних факторів на властивості металів	6
7	Деформація та її вплив на властивості матеріалів	6
8	Загальна характеристика будови і властивостей сплавів	6
9	Діаграми стану подвійних систем	6
10	Діаграми стану потрійних систем	6
	<b>Усього годин</b>	<b>60</b>

### 7. Методи контролю

- Перевірка засвоєння теоретичного матеріалу, в т. ч методом тестування.
- Перевірка якості виконання практичних робіт.

### 8. Розподіл балів, які отримують аспіранти

Поточне тестування, семінарські заняття та самостійна робота						
Змістовий модуль №1						
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
10	10	10	10	10	10	10

Поточне тестування, семінарські заняття та самостійна робота		
Змістовий модуль №2		
T8	T9	T10
10	10	10

T1, T2 ... – теми змістових модулів.



### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), 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>		
26 – 49	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-25	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

### 9. Методичне забезпечення

- 1) Лекції, завдання для практичних робіт.
- 2) Програмне забезпечення: навчально-контролюючі програми з кожної теми курсу.

### 10. Рекомендована література

#### Базова

1. Бялік О.М., Черненко В.С., Писаренко В.М., Москаленко Ю.Н. Металознавство. К.: Політехніка, 2002.
2. Дяченко С.С., Дощечкіна І.В., Мовлян А.О., Плешаков Е.І. Матеріалознавство. – Харків: ХНАДУ, 2007.
3. Гуляев А.П. Металловедение. М.: Металлургия, 1986.
4. Физическое металловедение (в 3 томах). Под ред. Р.У. Кана и П. Хаазена. – М.: Металлургия, 1987.
5. Физическое материаловедение: Учебник для вузов: В 6 т. / Под общей ред. Б. А. Калина. – М.: МИФИ, 2007.
6. Основы материаловедения. Том 2. / В. В. Нечаев, Е. А. Смирнов, С. А. Кохтев, Б. А. Калинин, А. А. Полянский, В. И. Стаценко. – М.: МИФИ, 2007. –608 с.
7. Лахтин Ю.М. Основы металловедения М.: Металлургия, 1988.
8. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. М.: Машиностроение, 1990.

9. Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин, Г.Ф. Косолапов и др. Материаловедение. М.: Машиностроение, 1986
10. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение. М.: Металлургия, 1989.

#### **Допоміжна**

1. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. М.: Металлургия, 1983.
2. Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин и др. Материаловедение и технология металлов. М.: Высш. шк., 2002.
3. А.И. Самохоцкий, М.Н. Кунявский, Т.М. Кунявская и др. Металловедение. М.: Металлургия, 1990.
4. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.Н., Войткун Ф. Материаловедение. – М.: МИСиС, 1999. – 477 с.
5. Фреїк Д.М., Кланічка В.М. Фазові діаграми рівноваги. Івано-Франківськ: Плай, 1999.
6. Ф.Райнз. Діаграммі фазового рівноваги. М.: Металлургия, 1960. 376 с.