

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Кафедра Фізичне матеріалознавство
(найменування кафедри, яка відповідає за дисципліну)


«ЗАТВЕРДЖУЮ»
В.о. декана Факультету будівництва,
архітектури та дизайну
Ольга БАБЕНКО
« 15 » Вересень 2025 року

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОК11 ФАЗОВІ РІВНОВАГИ

(шифр за відповідною освітньою програмою та назва навчальної дисципліни)

освітня програма (спеціалізація) Композиційні та порошкові матеріали, покриття
(назва освітньої програми (спеціалізації))

спеціальність 132 «Матеріалознавство»
(код і найменування спеціальності)

галузь знань 13 «Механічна інженерія
(код і найменування галузі)

ступінь вищої освіти бакалавр
(назва ступеня вищої освіти)

програма з дисципліни ФАЗОВІ РІВНОВАГИ
(назва навчальної дисципліни)

спеціальності 132 «Матеріалознавство»
(код і найменування спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) «Композиційні та порошкові матеріали, покриття»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

Розробник (и): Олена ЛИСИЦЯ, старший викладач кафедри «Фізичне матеріалознавство
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Програма погоджена:

Завідувач кафедри

на якій виконується освітній компонент



Дар'я ТКАЧ
(ім'я прізвище)

28.08 2025

Гарант освітньої програми



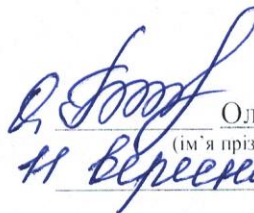
Іван АКИМОВ
(ім'я прізвище)

03.09 2025

Схвалено науково-методичною комісією факультету будівництва, архітектури та дизайну
(найменування факультету)

Протокол від « 11 » вересня 2025 року № 1

Голова науково-методичної комісії



Ольга БАБЕНКО
(ім'я прізвище)

11 вересня 2025

1. Опис навчальної дисципліни

Загальна характеристика

Обов'язковий освітній компонент	
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) рівень
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	132 Матеріалознавство
Обмеження щодо форм навчання	Без обмежень

Найменування показників	Характеристика навчальної дисципліни	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів	5	
Модулів	1	1
Змістових модулів	2	2
Семестр	4	4
Загальна кількість годин	150	
з них аудиторних:	64	12
лекції	32	6
практичні	32	6
лабораторні	-	-
семінарські	-	-
з них самостійної роботи:	86	138
Занять на тиждень	4	12
Індивідуальні заняття	-	-
Форма контролю	залік	
Курсова робота (проект) (загальний обсяг)	2 год.	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення дисципліни є опанування знань та навичок читання діаграм стану подвійних і потрійних систем, отримання навичок у визначенні структури сплавів та властивостей в рівноважному стані відповідно до діаграми стану; освоєння умов фазових перетворень і процесів структуроутворення в сплавах при нагріванні та охолодженні.

3. Завдання вивчення дисципліни

Основне завдання навчальної дисципліни: розвинути знання та практичні навички у визначенні характеру фазових перетворень, зміни в структурі сплавів при нагріванні та охолодженні та прогнозування властивостей сплавів системи в рівноважному стані.

4. Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни

Для засвоєння дисципліни необхідно мати загальне уявлення про природу речовин, їх структуру та поведінку за зовнішніх умов, таких як температура та тиск. Важливо розуміти будову речовин, зокрема взаємозв'язок між атомною структурою та властивостями матеріалів, закономірності взаємодії між компонентами в системах, що визначають можливість утворення сплавів, сумішей або нових сполук; також корисними є навички роботи з графічними залежностями, аналізу діаграм і математичного опису процесів, що дозволяє ефективно інтерпретувати фазові рівноваги та прогнозувати поведінку матеріалів у технологічних і природних умовах.

Опанування цієї дисципліни є важливим етапом для подальшого вивчення матеріалів та їх властивостей, а також для освоєння технологічних процесів, пов'язаних із їхньою обробкою та застосуванням. Отримані знання дозволять: аналізувати та прогнозувати поведінку матеріалів за різних умов, зокрема при зміні температури та складу; використовувати принципи фазових рівноваг для вибору оптимальних матеріалів у різних технологічних і виробничих процесах; розуміти закономірності структурних змін у матеріалах, що впливає на їх механічні властивості, корозійну стійкість та інші експлуатаційні характеристики; застосовувати отримані знання для проектування, розробки та вдосконалення матеріалів з необхідними властивостями. Ці навички є основою для подальшої професійної діяльності у сфері матеріалознавства, дослідницької роботи та інженерних технологій.

5. Характеристика навчальної дисципліни

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати

загальні компетентності: КЗ.02.Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. КЗ.05. Здатність приймати обґрунтовані рішення. КЗ.06.Здатність до адаптації та дії в новій ситуації. КЗ.11.Здатність працювати в команді.

фахові компетентності: КС.01.Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні, фізичні і технічні методи для вирішення інженерних матеріалознавчих завдань. КС 03. Здатність ефективно використовувати технічну літературу та інші джерела інформації в галузі матеріалознавства. КС.07. Здатність застосовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для підтримки діяльності в сфері

матеріалознавства. КС.08. Здатність застосовувати знання і розуміння міждисциплінарного інженерного контексту і його основних принципів у професійній діяльності. КС.09. Здатність застосовувати сучасні методи дослідження структури властивостей матеріалів для вирішення матеріалознавчих проблем. КС.10. Здатність застосовувати навички роботи із випробувальним устаткуванням для вирішення матеріалознавчих завдань. КС.12. Здатність виконувати дослідницькі роботи в галузі матеріалознавства, обробляти та аналізувати результати експериментів.

очікувані програмні результати навчання: ПРН2 Знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації матеріалознавства, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми. ПРН4 Передавати свої знання, рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і неспеціалістам в ясній і однозначній формі. ПРН13 Розуміти будову металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. ПРН20 Знаходити потрібну інформацію у літературі, консультуватися і використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань відповідно до спеціалізації. ПРН22 Використовувати базові методи аналізу речовин, матеріалів та відповідних процесів з коректною інтерпретацією результатів.

6. Зміст навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. Діаграми стану подвійних систем. Правило Курнакова-Бочвара.

Тема 1. Основи побудови діаграм стану подвійних систем. Предмет і завдання курсу. Основні поняття і терміни: система, фаза, компонент, структурна складова. Стабільний і метастабільний рівноважний стан у системах. Фази в металевих системах. Координатні осі діаграм стану. Побудова діаграм стану за допомогою термічного методу. Критичні точки.

Тема 2. Діаграми стану з необмеженою розчинністю компонентів у твердому і рідкому станах. Умови утворення діаграм стану із безперервними твердими розчинами. Правило важеля або правило відрізків і концентрацій. Правило фаз Гібса. Побудова кривих охолодження за допомогою правила фаз. Кристалізація і структура сплавів. Темп кристалізації. Діаграми стану з точками екстремуму на кривих солідусу і ліквідусу. Система з бінодальною кривою. Поняття розпаду твердого розчину. Діаграми стану з упорядкованими твердими розчинами.

Тема 3. Діаграми стану із обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані. Умови утворення обмежених твердих розчинів на основі компонентів. Діаграма стану із евтектичною рівновагою. Кристалізація і структура сплавів. Механізм кристалізації і структура евтектики. Поняття фазової суміші. Діаграма стану із змінною взаємною розчинністю компонентів. Крива сольвусу. Поняття вторинної кристалізації. Класифікація сплавів за структурою. Діаграма стану з майже відсутньою розчинністю компонентів у твердому стані. Вироджена евтектика. Трикутник Тамана. Діаграма стану з ретроградним

солідусом. Діаграма стану системи з перитектичною рівновагою. Механізм перитектичного перетворення. Кристалізація і структура сплавів. Вироджена перитектика.

Тема 4. Діаграми стану систем з перитектичною рівновагою та з проміжними фазами. Механізм перитектичного перетворення. Кристалізація і структура сплавів. Криві охолодження типових сплавів. Вироджена перитектика.

Класифікація проміжних фаз за складом і характером плавлення (постійного і змінного складу, стійкі і нестійкі, або фази з конгруентним і інконгруентним плавленням). Діаграми стану систем з конгруентним плавленням проміжних фаз. Поняття твердого розчину на основі кристалічної ґратки хімічної сполуки. Діаграми стану систем із інконгруентним плавленням проміжних фаз. Діаграми стану систем з утворенням проміжної фази в твердому стані за перитектоїдною реакцією. Діаграма стану системи з існуванням проміжної фази в певному інтервалі температур.

Взаємозв'язок між властивостями сплавів, типом діаграми та фазовим складом (правило Курнакова-Бочвара).

Тема 5. Діаграми стану систем з поліморфними модифікаціями компонентів. Поняття поліморфізму. Діаграми стану з ізоморфними модифікаціями, високотемпературної та низькотемпературною модифікаціями другого компонента. Поняття α - і β -стабілізаторів. Діаграма стану з евтектоїдною рівновагою. Фазові перетворення і структура сплавів. Діаграма стану системи з поліморфними модифікаціями компонентів і відсутньою розчинністю компонентів у твердому стані. Діаграма стану, коли один із компонентів має три інтервали існування поліморфних модифікацій (типу Fe-Cr). Діаграма стану з евтектоїдною рівновагою. Фазові перетворення і класифікація сплавів системи.

Тема 6. Діаграми стану з обмеженою розчинністю у рідкому стані. Діаграма стану з обмеженою розчинністю компонентів у всьому інтервалі концентрацій сплавів. Діаграми стану з метатектичною та монотектоїдною рівновагами.

Змістовий модуль 2. Діаграми стану потрійних систем.

Тема 1. Геометричні основи зображення діаграм стану потрійних систем. Концентраційний трикутник і його властивості. Правило фаз. Правило відрізків у потрійній системі для двофазних сплавів. Правило центру маси конодного трикутника.

Тема 2. Діаграма стану системи з необмеженою розчинністю компонентів у рідкому і у твердому стані. Умови кристалізації потрійних сплавів. Структура і фазові перетворення. Кількісний аналіз структурних складових. Ізотермічні і політермічні перерізи. Можливості аналізу фазових перетворень в сплавах при користуванні перерізами.

Тема 3. Діаграма стану системи з відсутньою розчинністю компонентів у твердому стані і утворенням потрійної евтектики. Проекції поверхонь діаграми на площину концентраційного трикутника. Кристалізація і структура типових сплавів. Побудова ізотермічних і політермічних перерізів в системі. Аналіз політермічних перерізів реальних систем.

7. Орієнтовний розподіл навчального часу

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Діаграми стану подвійних систем. Правило Курнакова-Бочвара.												
Тема 1. Основи побудови діаграм стану подвійних систем	10	2	2			6	6					6
Тема 2. Діаграми стану з необмеженою розчинністю компонентів у твердому і рідкому станах.	18	4	4			10	13	1				12
Тема 3. Діаграми стану із обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані.	18	4	4			10	22	1		1		20
Тема 4. Діаграми стану систем з перитектичною рівновагою та з проміжними фазами. Правило Курнакова-Бочвара	22	6	6			10	27	1		1		25
Тема 5. Діаграми стану систем з поліморфними модифікаціями компонентів.	20	4	6			10	23	1		2		20
Тема 6. Діаграми стану з обмеженою розчинністю у рідкому стані	12	2		-		10	6					6
Разом за змістовим модулем 1	100	22	22			56	97	4		4		89
Змістовий модуль 2. Діаграми стану потрійних систем.												
Тема 1. Геометричні основи зображення діаграм стану потрійних систем	14	2	2			10	9					9
Тема 2. Діаграма стану системи з необмеженою розчинністю компонентів у рідкому і у твердому стані.	13	3				10	17	1		1		15
Тема 3. Діаграма стану системи з відсутньою розчинністю компонентів	23	5	8			10	27	1		1		25

у твердому стані і утворенням потрібної евтектики.												
Разом за змістовим модулем 2	50	10	10			30	53	2		2		49
Усього годин	150	32	32			86	180	6		6		138
ІНДЗ			-	-		-			-	-	-	
Усього годин												

8. Види навчальних занять та їх орієнтовний зміст

№ з/П	Тема	Вид занять	Орієнтовний зміст
1	Побудова діаграм стану сплавів подвійних систем за допомогою термічного аналізу	<i>практична</i>	ознайомитися з термічним методом побудови діаграм стану; навчитися будувати діаграми двокомпонентних систем за допомогою кривих охолодження
2	Діаграма стану сплавів із необмеженою розчинністю компонентів у твердому і рідкому станах	<i>практична</i>	з'ясувати фазові перетворення в сплавах системи при рівноважній і нерівноважній кристалізації; навчитися використовувати правило відрізків та правило фаз
3	Діаграма стану сплавів із обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані і утворенням евтектики	<i>практична</i>	навчитися аналізувати характер фазових перетворень в сплавах при рівноважній кристалізації; ознайомитися з типовими структурами сплавів даної системи
4	Діаграми стану сплавів з обмеженою розчинністю у твердому стані та з перитектичною рівновагою і діаграми стану з проміжними фазами	<i>практична</i>	навчитися аналізувати характер фазових перетворень в сплавах при рівноважній кристалізації; ознайомитися із фазовим станом та структурами сплавів даних систем
5	Діаграми стану сплавів із моно- і нонваріантними рівновагами твердих розчинів на основі поліморфних модифікацій компонентів та проміжних фаз	<i>практична</i>	навчитися аналізувати характер фазових перетворень в діаграмах складного типу; ознайомитися із структурою та фазовим складом сплавів
6	Фазові рівноваги в	<i>практична</i>	навчитися аналізувати характер

потрійних системах. Діаграма стану сплавів із незначною розчинністю компонентів у твердому стані і утворенням потрійної евтектики		фазових перетворень в потрійних системах; ознайомитися з політермічними та ізотермічними перерізами в системі
--	--	--

9. Курсова робота, її характеристика

Курсова робота виконується з використанням діаграм стану реальних систем. Тематика курсової роботи видається викладачем або обирається студентом у рамках курсу самостійно. Курсова робота складається з двох частин: діаграми подвійної і потрійної систем. Мета роботи – закріпити і розширити знання одержані під час вивчення дисципліни. При виконанні другої частини в системі з трьома компонентами необхідно порівняти політермічний переріз з подвійною діаграмою стану і з'ясувати вплив легувального елемента на зміну розчинності в твердих розчинах, а також характер фазових перетворень (температурні та концентраційні інтервали). Об'єм пояснювальної записки - 20...30 сторінок, графічна частина - 7...8 рисунків.

ТИПОВЕ ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ З ДИСЦИПЛІНИ «ФАЗОВІ РІВНОВАГИ»

Студентові _____

прізвище, ім'я, по батькові

ТЕМА РОБОТИ _____

Розділ 1. Діаграма стану сплавів подвійної системи _____

1.1. Намалювати одержану діаграму стану, в кожній області записати структурні складові, а також в квадратних дужках вказати фазовий склад структури. Знайти лінії ліквідусу і солідусу.

1.2. Відмітити поліморфізм компонентів. В довідковій літературі з'ясувати тип ґраток та їх параметри для компонентів або їх поліморфних модифікацій та температурні інтервали їх існування.

1.3. Описати характер взаємної розчинності компонентів.

1.4. Дати характеристику фазам і структурним складовим.

1.5. Визначити концентраційні інтервали сплавів, в яких спостерігаються нонваріантні рівноваги. Вказати температури і записати відповідні реакції.

1.6. Знайти сплави, в яких при охолодженні виділяються вторинні та третинні фази. Назвати ці фази, вказати лінії діаграми та температурні інтервали їх виділення із твердих розчинів.

1.7. Знайти інтервали сплавів, в яких не спостерігаються нонваріантні рівноваги у всіх діапазонах температур.

1.8. Використовуючи правило Курнакова - Бочвара, пояснити і схематично намалювати, як будуть змінюватися властивості сплавів в залежності від їх хімічного складу.

1.9. Побудувати криву охолодження сплаву 1: _____ із застосуванням правила фаз та описати фазові перетворення при охолодженні.

1.10. Схематично намалювати структуру цього сплаву при кімнатній температурі. Визначити масову частку структурних складових за правилом відрізків. Позначити структурні складові.

1.11. Для вказаної температури _____, використовуючи правило відрізків, визначити вміст компонентів у фазах та масову частку кожної фази в процентах.

1.12. Схематично намалювати структуру сплаву 2 : _____ і описати фазові перетворення при нагріванні цього сплаву.

Розділ 2. Діаграма стану потрійної системи _____

2.1. Намалювати політермічний переріз системи _____ з постійним вмістом _____, а також подвійну діаграму системи _____.

2.2. Показати концентраційну лінію сплавів заданого перерізу на концентраційному трикутнику системи.

2.3. Показати точки заданих сплавів _____ та _____ на концентраційному трикутнику системи.

2.4. Побудувати криві охолодження для цих сплавів, використовуючи правило фаз.

2.5. Описати фазові перетворення при нагріванні сплавів від кімнатної температури до розплавлення, використовуючи політермічний переріз _____ та діаграму залізо-цементит.

2.6. Порівняти розглянутий переріз _____ з подвійною діаграмою системи _____ і вказати вплив _____ на наступні фактори:

2.6.1. Зміну температурного інтервалу кристалізації в сплавах _____ та _____.

2.6.2. Появу нових фаз у сплавах потрійної системи і температурні інтервали їх існування.

2.6.3. Максимальну розчинність вуглецю в аустеніті та фериті в межах областей їх існування.

2.6.4. Вказати температурні та концентраційні інтервали, в яких відбуваються перитектичне, евтектичне та евтектоїдне перетворення. Вказати, з яких фаз складається евтектика чи евтектоїд.

2.6.5. Описати вплив _____ на температури поліморфного перетворення і пояснити стабілізація якої фази (аустеніту чи фериту) відбувається в даній системі.

10. Форми та методи контролю

Для студентів денної форми навчання: усне/письмове опитування на практичних заняттях, завдання для захисту практичної роботи, завдання на рубіжний контроль в середині семестру, залікове завдання, захист курсової роботи.

Для студентів заочної форми навчання: захист контрольної роботи, захист курсової роботи.

При рубіжному контролі та заліку враховуються усі види робіт, які виконуються студентами:

- діалогове спілкування у рамках лекційного та практичного заняття;
- виконання та захист практичної роботи;
- виконання індивідуального завдання;
- результати відповідей на рубіжному контролі;
- результати відповідей при проведенні заліку.

11. Критерії оцінювання результатів навчання

За результатами засвоєння дисципліни складається залік.

Поточне тестування та самостійна робота					Оцінка
Змістовий модуль 1					зараховано
T1	T2	T3	T4	T5, T6	
60-100	60-100	60-100	60-100	60-100	

T1, T2 ... T5 – теми змістових модулів

В загальну оцінку знань входять активна участь в діалоговому спілкуванні у рамках лекційного та практичного заняття (20 балів), виконання практичної роботи (20 балів), усні і письмові відповіді на завдання поточного контролю при захисті практичних робіт (60 балів), відповіді на завдання рубіжного контролю (60-100 балів), відповіді на залікове завдання (60-100 балів). Позитивними оцінками для всіх форм контролю є оцінки від 60 до 100 балів за 100-бальною шкалою та оцінка «зараховано» за двобальною. Межею незадовільної оцінки за результатами підсумкового контролю є оцінка нижче 60 балів за 100-бальною шкалою або оцінка «не зараховано» за двобальною шкалою. Отримання оцінки 60 балів та вище або оцінки «зараховано» передбачає отримання позитивних оцінок за всіма, визначеними програмою освітнього компонента, обов'язковими видами поточного, проміжного (рубіжного) контролю.

Оцінювання курсової роботи

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до 25	до 25	до 50	100

12. Політика курсу

Під час навчання студенти зобов'язані дотримуватися академічної доброчесності:

- самостійно виконувати навчальні завдання, завдання поточного та підсумкового контролю;
- дотримуватися норм законодавства про авторське право;
- приймати активну участь у навчальному процесі;
- не запізнюватися на заняття, не пропускати заняття без поважних причин;
- самостійно і своєчасно вивчати матеріал пропущеного заняття;
- давати достовірну інформацію про результати власної навчальної діяльності.

- бути терпимим і доброзичливим до однокурсників та викладачів.

13. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки та завдання до лабораторних робіт, курсової і контрольної роботи з дисципліни «Фазові рівноваги» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» денної та заочної форми навчання /Укл.: Л.П. Степанова, О.В. Лисиця, Г.Г. Трикоз. Комп'ютерний набір – Г.Г. Трикоз, графіка – О.В. Лисиця. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022. – 76 с.
2. Завдання для захисту практичних робіт.
3. Завдання до рубіжного контролю та заліку.
4. Перелік питань до заліку.
5. Технічні засоби: просторові макети потрійних систем, презентації.

14. Перелік навчальної, наукової та довідкової літератури

1. Бялік О.М. Металознавство: підручник / О.М. Бялік, В.С. Черненко, В.М. Писаренко, Ю.Н. Москаленко. – К.: ІВЦ «Політехніка», 2001. – 375 с.
2. Сплави та їх діаграми стану [Текст] : навчально-метод. посібник / М. Д. Раранський, П. М. Ткачук ; Чернівецький національний ун-т ім. Юрія Федьковича. – Чернівці : Рута, 2002. – 80 с.
3. Сухова О.В. Фазові перетворення у сплавах: навч. посібник для студентів фізичних та інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / О.В. Сухова. – Д.: РВВ ДНУ, 2009. – 100 с.
4. Діаграми стану потрійних систем [Текст] : навч. посіб. для студ. техн. вищ. навч. закл. України / В. С. Черненко [та ін.] - К. : Нац. техн. ун-т «Київ. політехн. ін-т», 2000. - 90 с.

15. Рекомендовані інформаційні джерела

1. <http://library.zp.edu.ua/>
2. <http://scholar.google.com.ua/>
3. <https://www.researchgate.net/>
4. <http://uk.wikipedia.org/wiki/>