



Фазові рівноваги та фазові перетворення. Частина 2

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	132 Матеріалознавство
Освітня програма	Матеріалознавство
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна (денна) / дистанційна / змішана
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів ECTS (150 год.), лекції – 36 год., комп'ютерні практикуми – 18 год., СРС – 96 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен, МКР
Розклад занять	https://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д. ф.-м. н., професор Карпець Мирослав Васильович Комп'ютерні практикуми: д. ф.-м. н., професор Карпець Мирослав Васильович mkarpets@ukr.net , viber/моб. +38(068)0811722
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/NjUzNzE3MDUzOTIx?cjc=ndw43do

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Навчальна дисципліна "Фазові рівноваги та фазові перетворення. Частина 2" належить до переліку нормативних дисциплін циклу професійної підготовки освітньої-наукової програми підготовки здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 132 "Матеріалознавство".

Ця дисципліна спрямована на вивчення принципів структуроутворення та формування фазового складу на підставі даних про термодинамічну стабільність індивідуальних фаз та діаграм фазового стану подвійних та потрійних систем. Особливістю подання матеріалу є те, що на прикладі систем тугоплавких металів розглядаються питання пов'язані зі способами одержання високоміцних станів, взаємозв'язку фазових рівноваг з діаграмами міцність-склад та принципів розробки сплавів на основі титану, високоентропійних сплавів та аморфних матеріалів з моделюванням діаграм фазового стану з використанням програмного комплексу Thermo-Calc (CALPHAD — метод).

Метою навчальної дисципліни є формування у здобувачів наступних загальних та фахових компетентностей:

Загальні компетентності	
КЗ.01	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
КЗ.02	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
Фахові компетентності	
СК.01	Здатність виявляти та ставити проблеми в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення

СК.05	Здатність до критичного аналізу та прогнозування характеристик нових та існуючих матеріалів, параметрів процесів їх отримання і обробки та використання у виробі (або у виробничих умовах)
СК.06	Здатність розуміти та використовувати математичні та числові методи моделювання властивостей, явищ та процесів
СК.13	Здатність розробляти і вдосконалювати методи і методики матеріалознавчих досліджень
СК.19	Здатність використовувати закони термодинаміки та кінетики фазових і хімічних перетворень, масопереносу для розробки технологічних процесів виробництва матеріалів

Після засвоєння навчальної дисципліни здобувачі мають продемонструвати такі **результати**

навчання:

РН 1	Розуміти та застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями в контексті існуючих теорій
РН 2	Виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі проблеми і задачі
РН 3	Вільно спілкуватись державною та англійською мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів діяльності у сфері матеріалознавства та ширшого кола інженерних питань, презентації результатів досліджень та інноваційних проектів
РН 4	Застосовувати сучасні інформаційні технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач матеріалознавства
РН 5	Приймати ефективні рішення в нових ситуаціях або непередбачуваних умовах з урахуванням їх можливих наслідків, оцінювати і порівнювати альтернативи, оцінювати технічні, економічні, екологічні та правові ризики
РН 6	Наукові навички у галузі інженерії для того, щоб успішно проводити наукові дослідження як під керівництвом так і самостійно
РН 11	Використовувати сучасні методи для виявлення, постановки та розв'язування винахідницьких задач в галузі матеріалознавства
РН 12	Формулювати та розв'язувати науково-технічні задачі для розробки, виготовлення, випробування, сертифікації, утилізації матеріалів, створення та застосування ефективних технологій виготовлення виробів
РН 13	Планувати і виконувати експериментальні матеріалознавчі дослідження, обирати відповідні обладнання та методики, здійснювати статистичну обробку і статистичний аналіз результатів експериментів, обґрунтовувати висновки
РН 15	Проектувати нові матеріали, розробляти, досліджувати та використовувати фізичні та математичні моделі матеріалів та процесів
РН 17	Розв'язувати прикладні задачі виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів та виробів
РН 19	Розробляти комплексний дизайн нових матеріалів і виробів на їх основі з урахуванням експлуатаційних властивостей та умов використання
РН 20	Розробляти і застосовувати новітні методи і методики досліджень матеріалів та процесів в галузі матеріалознавства з урахуванням особливості проблем, що вирішуються
РН 21	Застосовувати сучасні математичні методи, цифрові технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач і проблем матеріалознавства
РН 26	Уміти застосовувати термодинамічний аналіз діаграм стану для прогнозування фазових рівноваг та перетворень
РН 27	Уміти користуватись спеціальним програмним забезпеченням для термодинамічних розрахунків

Алгоритми дій в стандартних професійних ситуаціях:

Працюючи особисто із використанням даних щодо хімічного складу матеріалу або його компонентів, їх структури та властивостей, а також режимів термічної обробки за допомогою обчислювальної техніки з використанням сучасних програмних комплексів здобувач зможе оцінити

значення основних фізико-механічних параметрів досліджуваних систем; робити прогнози щодо відповідних фазових перетворень в полікристалічних матеріалах при різних температурах; встановлювати закономірності кінетики і механізмів структурних перетворень в твердих тілах; проводити комп'ютерне моделювання фазових станів.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна "Фазові рівноваги та фазові перетворення. Частина 2" є базовою для освітніх компонентів "Науково-дослідна практика" та "Виконання магістерської дисертації". В свою чергу, вона базується на освітніх компонентах бакалаврської підготовки спеціальності "Матеріалознавство".

3. Зміст навчальної дисципліни

Кредитний модуль "Фазові рівноваги та фазові перетворення. Частина 2".

Розділ 1. Вступ.

Тема 1.1. Роль фазових діаграм у матеріалознавстві.

Тема 1.2. Особливості розрахунків CALPHAD методом.

Тема 1.3. Комплекс ThermoCalc. Прогнозування властивостей матеріалів.

Розділ 2. Основи хімічної термодинаміки.

Тема 2.1. Основні поняття хімічної термодинаміки.

Тема 2.2. Перший закон термодинаміки.

Тема 2.3. Другий закон термодинаміки.

Тема 2.4. Рівновага при хімічних реакціях.

Тема 2.5. Однокомпонентні гетерогенні системи.

Тема 2.6. Кристалізація з розплаву.

Тема 2.7. Основи теорії розчинів.

Розділ 3. Застосування діаграм стану до розробки нових сплавів.

Тема 3.1. Сплави титану.

Тема 3.2. Аморфні сплави.

Тема 3.3. Високоентропійні сплави. Методи одержання.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Фазові рівноваги та фазові перетворення. Частина 2 [Електронний ресурс]: конспект лекцій навчальної дисципліни /складено : М. В. Карпець; – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – Режим доступу:

<https://classroom.google.com/c/NjUzNzE3MDUzOTIx?cjc=ndw43do>

Допоміжна

2. Кудін В.Г., Макара В.А., Судавцова В.С. Фазові рівноваги в сплавах. Підручник. Київ: Логос, 2010.

3. Mats Hillert and Malin Selleby. Computerized Thermodynamics for Materials Scientists and Engineers. Computer exercises. Stockholm. - 2018. - 15 p.

4. Mats Hillert and Malin Selleby. Computerized Thermodynamics for Materials Scientists and Engineers. Book with Exercises. Stockholm. - 2018. - 60 p.

Інформаційні ресурси

5. Thermo-Calc software for thermodynamic and properties calculations. / <https://thermocalc.com/academia/free-academic-package/>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекція	Назва теми лекції та перелік основних питань
Розділ 1. Вступ.	

1	Тема 1.1. Роль фазових діаграм у матеріалознавстві. Значення фазових діаграм для матеріалознавства, зв'язок характеру фазових діаграм з хімічною термодинамікою, фактори, які прямо і непрямо визначають характер фазових діаграм.
2	Тема 1.2. Особливості розрахунків CALPHAD методом. Використання термодинамічних розрахунків для побудови фазових діаграм.
3	Тема 1.3. Комплекс ThermoCalc. Прогнозування властивостей матеріалів з використанням комплексу ThermoCalc.
Розділ 2. Основи хімічної термодинаміки.	
4, 5	Тема 2.1. Основні поняття хімічної термодинаміки. Система. Стани системи. Стан термодинамічної рівноваги. Класифікація систем. Поняття компонент, фаза. Властивості системи. Рівняння стану. Параметри системи. Термодинамічні процеси.
6, 7	Тема 2.2. Перший закон термодинаміки. Поняття робота і теплота. Формулювання та аналітичний вираз першого закону термодинаміки.. Внутрішня енергія. Застосування I закону термодинаміки до ізохорного, адіабатичного та ізобарного процесів. Ентальпія. Теплоємність. Тепловий ефект реакції. Закон Гесса. Термохімічні рівняння і їх використання. Стандартний стан.
8, 9	Тема 2.3. Другий закон термодинаміки. Другий закон термодинаміки. Ентропія: її термодинамічний і статистичний сенс. Коефіцієнт корисної дії. Абсолютна шкала температури. Термодинамічні потенціали. Вільна енергія Гельмгольца. Потенціал Гіббса. Характеристичні функції. Зв'язок термодинамічних потенціалів з іншими функціями стану. Статистична сутність ентропії. Модульна контрольна робота. Частина 1. (1 год.)
10	Тема 2.4. Рівновага при хімічних реакціях. Константа рівноваги. Вплив зовнішніх умов на хімічну рівновагу. Принцип Ле Шательє.
11, 12	Тема 2.5. Однокомпонентні гетерогенні системи. Поняття компонент, фаза. Умови рівноваги між фазами. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Правило фаз. Принцип відповідності. Принцип неперервності. Фазові діаграми однокомпонентних систем. Визначення числа компонентів і числа ступенів свободи при наявності хімічних реакцій між речовинами, що утворюють систему.
13, 14	Тема 2.6. Кристалізація з розплаву. Сучасні уявлення про будову металічних розплавів. Термодинамічні умови утворення зародку при кристалізації чистого металу. Термодинаміка границь розділу. Гомогенне зародкоутворення. Гетерогенне зародкоутворення. Механізм і кінетика росту кристалів. Форми росту кристалів. Тангенціальний та нормальний ріст кристалів. Утворення та еволюція дендритної структури під час кристалізації. Модульна контрольна робота. Частина 2. (1 год.)
15	Тема 2.7. Основи теорії розчинів. Парціальні мольні величини. Хімічний потенціал. Рівняння Гіббса-Дюгема. Графічне зображення хімічного потенціалу. Ідеальний розчин. Активність. Закон Рауля. Розведені розчини. Закон Генрі. Надлишкові величини. Енергетика утворення розчинів через статистичний підхід. Ентальпія утворення неупорядкованого твердого розчину. Конфігураційна ентропія неупорядкованого розчину. Вільна енергія розчинів.
Розділ 3. Застосування діаграм стану до розробки нових сплавів.	
16	Тема 3.1. Сплави титану. Основні металургійні методи одержання титану. Виплавка титанових сплавів. α та β -стабілізатори. Ізоморфні β -стабілізатори та евтектоїдні β -стабілізатори, нейтральні зміцнювачі. Фазовий склад титанових сплавів. Алюмінієвий та молібденовий еквіваленти. Принципи термічної обробки титанових сплавів.
17	Тема 3.2. Аморфні сплави.

	Аморфні сплави. Методи одержання. Діаграми стану і схильність сплавів до аморфізації. Температурні інтервали стабільності аморфних сплавів. Деякі властивості аморфних сплавів та перспективи їх використання у різних галузях промисловості.
18	Тема 3.3. Високоентропійні сплави. Методи одержання. Температурні інтервали стабільності. Деякі властивості високоентропійних сплавів та перспективи їх використання.

Комп'ютерні практикуми

Основні завдання циклу комп'ютерних практикумів полягають у закріпленні матеріалу лекційних занять та формуванні у студентів практичних навичок розв'язування задач із визначення фізико-механічних параметрів матеріалів в різному термодинамічному стані, використовуючи програмний комплекс TermoCalc.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
	Термодинамічні властивості елементів та сполук
1	Дайте визначення системи "Co". Яка фаза найбільш стабільна при 1 бар і 1000 К? Визначити значення рушійної сили трансформації найстабільнішої фази в Co, якщо її з певних причин немає спочатку? Розглянути за параметрів 1 бар і 1000 К.
2	Оцініть зміну енергії Гіббса при переході з ГЦУ в ГЦК Co при 1000 К і 1 бар. Визначити температуру плавлення чистого Co за тиску в 1 бар. Оцінити теплоту плавлення (НМ) чистого Co за тиску в 1 бар.
3	Оцінити енергію Гіббса сполуки Fe ₃ C при 1000 °С. Оцінити C _p цементиту Fe ₃ C при 1000 К.
4	Обчислити і побудувати графік теплоємності цементиту Fe ₃ C як функцію Т від 300 до 1500 К при постійному тиску. Оцінити стандартну енергію Гіббса при формуванні сполуки Fe ₃ C при 1000 °С.
	Фазові діаграми
5	Розрахувати бінарну фазову діаграму Fe-Al при постійному тиску. Виконайте розрахунок, варіюючи мольну частку Al і температуру. Для осей діаграми використайте масовий % Al і температуру в градусах Цельсія.
6	Розрахувати бінарну фазову діаграму Fe-Al при постійному тиску. Виконайте обчислення за допомогою Binary Calculator activity. Позначте всі фазові області та інваріантні реакції.
7	Обчисліть потрібну фазову діаграму W-Co-C при 1 бар і 1400 °С. Виконайте обчислення, змінюючи мольні відсотки Co та C.
8	Обчисліть потрібну фазову діаграму W-Co-C при 1 бар і 1400 °С. Виконайте обчислення за допомогою потрібного калькулятора
9	Обчисліть фазову діаграму P-T для чистого Fe між T = 300 - 3000 К і P = 1 - 50 GPa. Обчисліть фазову діаграму P-T для чистого Mn між T = 0 - 1400 °С і P = 1 - 120000 Bar.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота передбачає підготовку до лекційних та практичних занять. До практичних занять самостійна робота передбачає опанування теоретичних відомостей, виконання необхідних розрахунків та підготовку висновків.

Вид самостійної роботи студента	Кількість робіт	Норма часу на роботу, год.	Термін часу, год.
Засвоєння додаткових до лекцій питань	18 (34 год.)	0,5	17
Підготовка до комп'ютерних практикумів та опрацювання результатів	9 (18 год.)	2	36
Підготовка до 2 частин МКР	1 (2 год.)	6,5	13
Підготовка до екзамену	1	30	30
		Всього	96

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

1. При очній формі навчання лекційні заняття проводяться в аудиторіях згідно розкладу занять. При змішаній формі навчання лекційні заняття можуть проводитись дистанційно, для цього використовується платформа ZOOM, і слухачу необхідно організувати собі таку можливість самостійно.

2. При очній формі навчання практичні роботи проводяться в комп'ютерному класі також згідно розкладу занять, в якому необхідно дотримуватись правил техніки безпеки. Допускається використання власних ноутбуків. При змішаній формі навчання практичні роботи можуть проводитись дистанційно і слухачу необхідно самостійно забезпечити себе ПК, доступом до інтернету та встановити необхідне програмне забезпечення.

3. У разі запізнення на заняття слухачу необхідно приєднатись до нього як змога менше заважаючи іншим і процесу проведення заняття. У випадку часткового або повного пропуску лекційних занять слухачу необхідно дізнатись пропущені питання і опрацювати їх самостійно. У випадку пропуску практичних робіт слухачу необхідно домовитись з викладачем і відпрацювати їх, наприклад на консультаціях (заплановані в об'ємі 1 пари на тиждень).

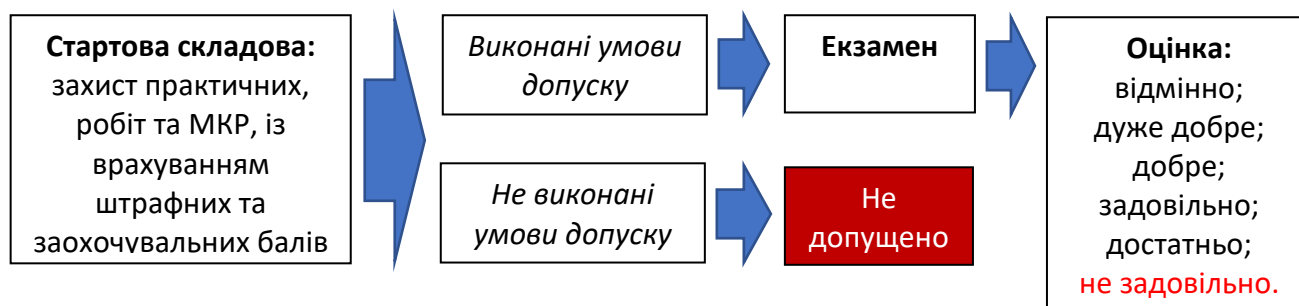
4. Користуватись мобільними телефонами на парах заборонено, як виняток – з дозволу викладача. Звук на мобільних телефонах повинен бути вимкнений. Телефоні розмови під час аудиторних занять неприпустимі, у разі невідкладних дзвінків слухачу необхідно вийти із аудиторії і провести розмову там.

5. Контрольні роботи та екзамен проводяться за окремими правилами які викладач повинен довести до слухачів на попередньому занятті і які залежать форми проведення навчання.

6. В усіх інших питаннях слухач повинен керуватись Правилами внутрішнього розпорядку КПІ ім. Ігоря Сікорського та Положенням про академічну доброчесність КПІ ім. Ігоря Сікорського.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Оцінювання результатів навчання слухачів відбувається за схемою:



Контрольні заходи:

1. Поточний контроль: захист комп'ютерних практикумів, 2 частини МКР.
2. Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: екзамен.

Таблиця видів контролю та максимальної кількості балів за них.

Вид контролю	Кількість	Максимальна кількість балів на 1	Максимальна кількість балів
Захист результатів комп'ютерних практикумів	9	4	36
2 частини МКР	2	12	24
Екзамен	1	40	40
		Всього	100

Оцінювання захисту практичних робіт:

Критерії	Бали
до оформлення роботи немає зауважень, дані правильні відповіді при захисті роботи	4
є не принципові зауваження до оформлення роботи та/або дані відповіді з помилками при захисті роботи	3
є принципові зауваження до оформлення роботи та/або не дані відповіді (дані неправильні) при захисті роботи	робота не здана

МКР складається з 2 частин. Кожна частина МКР відбувається у вигляді письмових відповідей на 3 питання. За кожну правильну відповідь на питання студент отримує 4 бали. Якщо сумарна кількість правильних відповідей менше 8, МКР вважається не зданою, при цьому бали не нараховуються.

Календарні контролю відбуваються на 8 та 14 тижнях навчання. Умовою успішної атестації під час їх проходження є наявність у здобувачів балів у кількості більше 50% від максимально можливого на момент проходження.

Перший календарний контроль проводиться на 8 тижні і на момент його проходження здобувач може отримати максимально (4 комп.практ. x 4) + 12 (МКР) = 28 балів. Здобувач вважається атестованим, якщо набрав більше 14 балів.

Другий календарний контроль проводиться на 14 тижні і на момент його проходження здобувач може отримати максимально (7 комп.практ. x 4) + 24 (МКР) = 52 бали. Здобувач вважається атестованим, якщо набрав більше 26 балів.

Умовою допуску до екзамену є захист всіх комп'ютерних практикумів, здані 2 частини МКР та сумарний семестровий рейтинг більше 35 балів. Семестровий рейтинг можна підвищити за рахунок заохочувальних балів (максимум на 6) шляхом виконання додаткових індивідуальних завдань (видає викладач). На екзамені слухачу необхідно дати розгорнуті відповіді на 4 питання, кожне з яких оцінюється за наступними критеріями:

Критерії	Бали
правильна відповідь, можливо з несуттєвими зауваженнями, повнота відповіді більша 90%	9-10
є не принципові зауваження, повнота відповіді більша 75%	7-8
є принципові зауваження, але можна вважати що суть питання розкрита, повнота відповіді не менша 60%	6
суть питання не розкрита та/або повнота відповіді менша 60%	0

У випадку коли сумарна оцінка за екзамен менше 24 балів, екзамен вважається не зданим, при цьому бали не нараховуються. Для перескладання екзамену є дві додаткові спроби.

Отриманні слухачем рейтингові бали переводять в університетські оцінки за шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

У кредитному модулі "Фазові рівноваги та фазові перетворення. Частина 2" денної форми навчання передбачено модульну контрольну роботу. Виконання самостійних завдань (СРС) розподілено рівномірно протягом семестру.

Перелік завдань до СРС видається студентам на початку семестру, чітко повідомляються вимоги до самостійної роботи, строки її виконання, правила оформлення, критерії оцінювання.

Всі питання, винесені для самостійного опанування, студенти мають оформлювати у вигляді стислого конспекту. Дата здачі СРС повідомляється на початку семестру.

Бали за рейтинговою системою проставляються у системі "Електронний кампус" в розділі "Поточний контроль", результати календарного контролю в розділі "Календарний контроль". Екзаменаційна відомість створюється і заповнюється у системі "Електронний кампус", доступ до неї існує упродовж дня екзамену (виправлення і перездача наступного дня не допускаються).

Для заочної форми навчання протягом лекційних занять передбачається більш детальний опис теоретичного матеріалу, який студенти повинні засвоїти самостійно.

Засоби змішаного навчання. При вивченні даної дисципліни студенти повинні самостійно пройти комп'ютерне тестування для перевірки своїх знань при підготовці до модульної контрольної роботи.

З усіма методичними матеріалами можна працювати через інтернет, існує можливість віддаленого доступу, тобто з навчальних аудиторій, гуртожитка, за межами Києва тощо.

Спілкування з викладачем через Telegram та Viber.

Перелік тем індивідуальних завдань (для підвищення балів), а також запитань до контрольних робіт та семестрового контролю наведено в Додатках.

Результати навчання за даною дисципліною здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних он-лайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому може бути перезарахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі практичні заняття). Можливість перезарахування (відповідність змісту дисципліни) та обсяг навчальних годин визначається викладачем для кожного конкретного випадку і здійснюється за процедурою, яка відповідає "Положенню про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті".

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус) складено:

д.ф.-м.н. професор, Карпець М.В.

Ухвалено:

кафедрою Фізичного матеріалознавства та термічної обробки НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 12 від 22 червня 2023 р.);

кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 16 від 21 червня 2023 р.).

Погоджено:

Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 12/23 від 28 червня 2023 р.)

**Тематика індивідуальних завдань (реферат)
з дисципліни "Фазові рівноваги та фазові перетворення. Частина 2"**

1. Основні поняття хімічної термодинаміки.
2. Перший закон термодинаміки.
3. Другий закон термодинаміки.
4. Рівновага при хімічних реакціях.
5. Однокомпонентні гетерогенні системи.
6. Кристалізація з розплаву.
7. Основи теорії розчинів.
8. Двокомпонентні гетерогенні системи.
9. Фазові діаграми трикомпонентних систем.
10. Загальні уявлення про діаграми стану чотирикомпонентних систем.
11. Жароміцні сплави.
12. Сплави титану.
13. Аморфні сплави.
14. Високоентропійні сплави.

**Перелік запитань для контрольних робіт
з дисципліни "Фазові рівноваги та фазові перетворення. Частина 2"**

1. Система. Класифікація систем. Приклади.
2. Стан термодинамічної рівноваги. Стабільна та метастабільна термодинамічна рівновага.
3. Властивості системи. Основні параметри системи. Рівняння стану. Характеристична поверхня. Фігуративна точка.
4. Процеси: рівноважний – нерівноважний, зворотній – незворотній.
5. Умова рівноваги між фазами в гетерогенній системі.
6. I-й закон термодинаміки.
7. Застосування I-го закону термодинаміки до ізохорного, ізобарного та адіабатичного процесів.
8. Внутрішня енергія і ентальпія системи. Теплоємність речовини.
9. Тепловий ефект реакції. Зв'язок з термодинамічною теплою. Закон Гесса. Ендотермічні і екзотермічні процеси.
10. II-й закон термодинаміки. Ентропія.
11. Ентропія: її термодинамічний і статистичний сенс. Правила Річардса і Трутона.
12. Наслідки II-го закону термодинаміки.
13. Функції стану системи. Термодинамічні потенціали. Характеристичні функції. Зв'язок термодинамічних потенціалів з іншими функціями стану системи.
14. Концентраційна залежність енергії Гіббса при розшаруванні гомогенного розчину. Як виглядає відповідна фазова діаграма? Бінодаль і спінодаль розшарування.
15. Залежність енергії Гіббса системи від температури і тиску.
16. Поняття «Компонент» та «фаза». Види фаз у системах металів.
17. Правило фаз Гіббса. Застосування до однокомпонентної системи
18. Рівняння Клапейрона – Клаузіуса. Нахил кривої плавлення- кристалізації в однокомпонентній системі.
19. Принципи неперервності і відповідності. Приклади.
20. Описати фазову діаграму однокомпонентної системи без поліморфних перетворень (показати, чому відповідають поля, лінії, точки; застосувати правило фаз).
21. Енантіотропні і монотропні перетворення. Приклади.
22. Описати діаграму стану сірки (показати, чому відповідають поля, лінії, точки; застосувати правило фаз).
23. Парціальні мольні величини. Приклади. Рівняння Гіббса-Дюгема.
24. Термодинамічний вивід діаграми стану з неперервним рядом твердих розчинів типу «сигара».
25. Хімічний потенціал компонентів. Його графічне зображення. Зв'язок між парціальними і інтегральними мольними величинами.
26. Хімічний потенціал компонентів ідеальних розчинів. Закон Рауля.
27. Хімічна рівновага. Константа рівноваги. Принцип Ле-Шательє-Брауна. Приклади.
28. Термодинамічний вивід діаграми стану з неперервним рядом твердих розчинів із мінімумом.
29. Термодинамічні функції змішування. Ідеальний розчин.
30. Реальні розчини. Термодинамічна активність компонентів. Хімічний потенціал компонентів реальних розчинів.
31. Термодинамічний вивід діаграми стану з неперервним рядом твердих розчинів із максимумом.
32. Впорядкування твердих розчинів. Приклади діаграм стану.

33. Термодинамічний вивід діаграми стану подвійної системи евтектичного типу. Дати опис фазової діаграми (показати криві ліквідусу, солідусу, сольвусу; показати, чому відповідають області, лінії; застосувати правило фаз та правило важеля; показати, як відбувається охолодження сплавів типових складів).
34. Термодинамічний вивід діаграми стану подвійної системи перитектичного типу. Дати опис фазової діаграми (показати криві ліквідусу, солідусу, сольвусу; показати, чому відповідають області, лінії; застосувати правило фаз та правило важеля; показати, як відбувається охолодження сплавів типових складів).
35. Монотектична та монотектоїдна рівновага. Приклади. Підписати фазові області, показати криві ліквідусу і солідусу. Пояснити, як відбувається охолодження сплавів типових складів.
36. Синтектична та синтектоїдна рівновага. Приклади. Позначити фазові області, показати криві ліквідусу і солідусу. Пояснити, як відбувається охолодження сплавів типових складів.
37. Метатектична рівновага. Приклади. Позначити фазові області, показати криві ліквідусу і солідусу. Пояснити, як відбувається охолодження сплавів типових складів.
38. Проміжна сполука та твердий розчин. Типи твердих розчинів.
39. Фактори, які визначають взаємну розчинність компонентів твердих розчинів. Правила Юм-Розері.
40. Діаграма стану потрійної системи з сідлоподібною точкою та проекція поверхні ліквідусу.
41. Інваріантні чотирифазні рівноваги в потрійних системах.
42. В яких випадках трифазна евтектика в потрійній системі є інваріантною? Навести приклади. Побудувати реакційні схеми відповідних систем.
43. Компоненти А і С системи А-В-С утворюють неперервний ряд твердих розчинів. Обмежуючі системи А-В і В-С – евтектичного типу. Температура евтектики в системі А-В вище, ніж у системі В-С. Побудувати діаграму плавкості та реакційну схему системи.
44. Потрійні системи з розшаруванням твердого розчину. Навести приклад ізотермічного розрізу.
45. Потрійна система А-В-С з інконгруентною подвійною сполукою. Показати проекцію поверхні ліквідусу системи і записати інваріантні перетворення.
46. Діаграма плавкості трикомпонентної системи з чотирифазною евтектикою. Показати області первинної кристалізації і кристалізацію типових сплавів.
47. Побудувати вертикальний променевий розріз потрійної системи з неперервним рядом твердих розчинів. В усіх обмежуючих подвійних системах утворюються тверді розчини типу «сигара».
48. Компоненти А і С системи А-В-С утворюють неперервний ряд твердих розчинів. $T_A > T_B > T_C$. Обмежуючі системи А-В і В-С – перитектичного типу $L + (B) \leftrightarrow (A,C)$. Побудувати ізотермічні розрізи потрійної системи А-В-С з моноваріантною перитектикою при $T = T_A$, $T = T_{p2}$.
49. Компоненти А і С системи А-В-С утворюють неперервний ряд твердих розчинів. $T_A > T_B > T_C$. Обмежуючі системи А-В і В-С – перитектичного типу $L + (B) \leftrightarrow (A,C)$. Температура перитектики в системі А-В вище, ніж у системі В-С. Побудувати діаграму плавкості та реакційну схему системи.
50. Потрійна система А-В-С з потрійною сполукою, що плавиться інконгруентно.
51. Потрійна система А-В-С з потрійною сполукою, що плавиться конгруентно.
52. Побудувати ізотермічні розрізи системи з моноваріантною евтектикою при температурах $T = T_{e1}$ та $T < T_{e2}$.
53. Побудувати проекцію поверхонь солідусу і ліквідусу потрійної системи з моноваріантною евтектикою.
54. Коротко охарактеризувати основні методи одержання високоміцних станів у сплавах на основі тугоплавких металів.
55. Охарактеризувати фізико-хімічну суть внутрішнього окислення, як методу одержання дисперсно зміцнених сплавів
56. Охарактеризувати фізико-хімічну суть внутрішнього азотування, як методу одержання дисперсно зміцнених сплавів.

57. Охарактеризувати фізичну суть деформаційного зміцнення
58. Спрямована кристалізація. Дати короткий опис суті методу. В чому полягають основні переваги і недоліки природних композитів, одержаних методом спрямованої кристалізації.
59. Охарактеризувати зміну концентраційної залежності високотемпературної твердості від температури у системі А-В. Компоненти утворюють неперервний ряд твердих розчинів з діаграмою типу "сигара". Температура плавлення компоненту А є меншою за температуру плавлення компоненту В. При кімнатній температурі твердість чистого компоненту А є нижчою за твердість компоненту В, а максимум твердості припадає приблизно на еквіатомний склад.
60. Привести зміну концентраційної залежності твердості з температурою для евтектичної системи, яка характеризується малою розчинністю зміцнюючої фази у матриці і незначним пониженням температури плавлення евтектики у порівнянні з матрицею.

Питання для проведення екзаменаційної письмової роботи

Питання для проведення екзаменаційної письмової роботи складаються з тих же самих питань, сформованих в білети по 3 запитання з різних розділів.