



Термодинаміка матеріалів

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Третій освітньо-науковий (доктор філософії)
Галузь знань	G Інженерія, виробництво та будівництво
Спеціальність	G8 Матеріалознавство
Освітня програма	Матеріалознавство
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)/вечірня
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів ECTS, 28 годин лекцій, 14 годин практичні заняття, 108 годин СРС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен / Модульна контрольна робота
Розклад занять	rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: .д.ф.-м.н, професор, Зауличний Ярослав Васильович, mail:Zaulychnyy@ukr.net . Практичні заняття д.ф.-м.н., професор, Зауличний Ярослав Васильович
Розміщення курсу	В розділі методичне забезпечення дисципліни в системі Campus https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&ir_own

Програма навчальної дисципліни

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

Вивчаючи дисципліну, **Термодинаміка матеріалів**, PhD-студенти узагальнюють власні знання з різних дисциплін матеріалознавства та одержують досвід аналізу фазових перетворень, кінетики зародження і росту фаз та процесів формування матеріалів з заданими властивостями. Також PhD-студенти навчаються використовувати отримані знання для вибору термодинамічних умов для розробки новітніх технологічних процесів синтезу матеріалів та з'ясування фізико-хімічної природи отриманих нових властивостей.

Метою викладання навчальної дисципліни є формування у PhD студентів здатностей:

- обґрунтовано ставити мету і задачі при плануванні науково-дослідницької роботи та комплексно вирішувати проблеми в процесі виконання досліджень в матеріалознавстві;
- на основі термодинамічних і кінетичних критеріїв з'ясовувати природу отриманих експериментальних і теоретичних результатів та обґрунтовувати їх новизну.

а також розвивати програмні, загальні та фахові компетентності, зокрема:

Програмні компетентності:

Інтенгральна компетентність. Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності у сфері матеріалознавства, що передбачає глибоке переосмислення наявних і створення нових цілісних знань та професійної практики.

Фахові компетентності спеціальності (ФК):

-ФК 03 Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, якістворюють нові знання у матеріалознавстві, дотичних та міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з матеріалознавства.

- ФК 04. Здатність проводити теоретичні й експериментальні дослідження, математичне й комп'ютерне моделювання матеріалознавчих задач.

- ФК 05 Здатність аналізувати стан проблеми в галузі матеріалознавства, ідентифікувати шляхи вирішення та синтезувати нове знання на основі власного досвіду розв'язання проблеми.

- ФК 07.Здатність адаптувати і узагальнювати результати сучасних досліджень структури та властивостей матеріалів для вирішення наукових і практичних проблем, модернізації, конструювання та створення нових матеріалів, компонентів та процесів.

Програмні результати навчання (ПРН):

- ПРН 04. Визначати закономірності керування складом, структурою та властивостями матеріалів різної природи та функціонального призначення, фізико- хімічними процесами в матеріалах (у тому числі наноматеріалах) для створення матеріалів із заданими структурами та властивостями.
- ПРН 05. Розробляти і застосовувати у професійній діяльності науково обґрунтовані критерії працездатності матеріалів та виробів; фізичних явищ, які зумовлюють деградацію матеріалів; умов експлуатації, які спричиняють зниження працездатності виробів, методи і засоби технічної діагностики стану матеріалів і виробів
- ПРН 08. Планувати і виконувати експериментальні дослідження у сфері матеріалознавства та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних методів та обладнання, аналізувати результати експериментів у контексті комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.
- ПРН 09. Знати та застосовувати термодинамічні принципи матеріалознавства та закономірності кінетики процесів в матеріалах.
- ПРН 10. Знати та використовувати фундаментальні принципи фізичного, математичного, фізикохімічного та імітаційного моделювання, методи теоретичного та експериментального дослідження структури та властивостей матеріалів, закономірностей керування складом, структурою та властивостями матеріалів різної природи та функціонального призначення.

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

Дисципліна викладається в третьому семестрі підготовки за освітньо-науковими програмами підготовки докторів філософії. Для успішного засвоєння дисципліни, PhD-студент повинен володіти набором компетентностей магістерського рівня, зокрема:

- здатності до системного мислення, аналізу та синтезу
- здатності виявляти, ставити та вирішувати проблеми
- здатності генерувати нові ідеї та реалізовувати їх у вигляді обґрунтованих інноваційних рішень
- здатності використовувати новітні інформаційні технології
- здатності до подальшого автономного та самостійного навчання на основі новітніх науково-технічних досягнень

Дисципліна забезпечує розширення наукового кругозору в галузі матеріалознавства та інженерії матеріалів чим формує заключний набір компетенцій та інтегральну компетенцію. Результати вивчення дисципліни можуть бути використані при виконанні PhD-дисертації під

час планування експериментів та обґрунтуванні і оцінці наукових результатів. Засвоєння предмету «термодинаміка матеріалів та кінетика процесів» дозволить з'ясовувати фізико-хімічні та термодинамічні процеси, що протікають в матеріалах під час їх розробки і синтезу та управляти ними для отримання очікуваних властивостей.

1. Зміст навчальної дисципліни.

Дисципліна – «термодинаміка матеріалів та кінетика процесів» містить один змістовний модуль: «термодинаміка матеріалів»

Розділ 1. Основи термодинаміки конденсованого стану.

Вступ. Закони термодинаміки і статистичний зміст функцій стану. Рівняння стану.

Термодинамічні параметри, потенціали та їх основні співвідношення.

Розділ 2. Термодинамічні умови та діаграми стану фазових рівноваг

Умови рівноваги в гетерогенній системі. Фазовий простір та правило фаз Гіббса

Діаграми фазових рівноваг в одно- та двокомпонентних системах. Методи побудови діаграм станів.

Розділ 3. Аналіз діаграм фазових рівноваг в двокомпонентних системах Діаграми станів з необмеженою і обмеженою розчинністю компонентів в твердих і рідких фазах з евтектичною та перитектичною рівновагою фаз. Діаграми станів при поліморфізмі компонентів з евтектоїдною та перитектоїдною рівновагою фаз. Діаграми станів з полімофізмом обох компонентів, рівновагою евтектичного типу і відсутністю розчинності в твердих фазах та з екстектичною рівновагою фаз. Фазові рівноваги в наносистемах

2. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Mazur V. Phase equilibria and phase transformations / V. Mazur. – Kyiv : Pub. house "Polytechnica", 2020. – 212 p
2. Заулицький Я. В. Фізика конденсованого стану для матеріалознавців : підручник / Я. В. Заулицький, Ю. В. Яворський ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. Вид-во "Політехніка", 2021. – 488 с.
3. Мазур В. І. Конспект лекцій з дисципліни «Фазові рівноваги та фазові перетворення».

Додаткова література

4. Палехін В. П. Курс фізики : підручник в 3 ч. / В. П. Палехін. – Ч. 2. Молекулярна фізика і термодинаміка. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013. – 516 с.
5. Соколовський О. Й. Посібник із термодинаміки та статистичної фізики / О. Й. Соколовський, С. Ф. Лягушин, С. О. Соколовський. – Донецьк : РВВ ДНУ, 2005. – 40 с.
6. Харлашин П. С. Основи термодинаміки і кінетики сучасних сталеплавильних процесів [Текст] : підручник для студентів вузів / П. С. Харлашин, Т. М. Чаудрі, М. Я. Меджибожський ; ПДТУ. Каф. металургії сталі ім. І. Г. Казанцева. – Маріуполь : [б. и.], 2009. – 339 с.
7. Ольшанецький В. Ю. Термодинаміка і кінетика фазових перетворень : конспект лекцій для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» в 2 ч. / В. Ю. Ольшанецький, Ю. І. Кононенко. – Ч. 2. – Запоріжжя : ЗНТУ. 2018. – 94 с.
8. Мазур В. И. Введение в теорию сплавов : учеб. пособие. / В. И. Мазур, А. В. Мазур. – Днепропетровск : Лира ЛТД, 2009. – 264 с.
9. Бунин К. П. Анализ фазовых равновесий и кристаллизации металлических сплавов : учеб. пособие / К. П. Бунин, А. А. Баранов, Ю. Н. Таран. – Днепропетровск : Металлургический институт, 1973. – 133 с.
10. Мазур В. И. Фазовые равновесия и фазовые превращения / В. И. Мазур, Ю. Н. Таран. – Киев : УМК ВО, 1988. – 88 с.

Додаткова література

11. Shibata H. Kinetics of peritectic transformation in Fe-C / H. Shibata, Y. Aral, M. Suzuki, T. Emi // *MMT*, 31B. – 2000. – P. 981- 991.
12. Marquis E. A. Coarsening kinetics of nanoscale Al_3Sc precipitates in an Al-Mg-Sc alloy / E. A. Marquis, D. N. Seidman // *Acta Met.* – 2005. – 53. – P. 259-268.
13. Ландау Л. Д. Статистическая физика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – Москва : Наука, 1976. – 503 с.
14. Ансельм А. Н. Основы статистической физики и термодинамики / А. Н. Ансельм. – Москва : Наука, 1973. – 424 с.
15. Румер Ю. Б. Термодинамика, статистическая физика и кинетика / Ю. Б. Румер, М. Ш. Ривкин. – Москва : Изд. МГУ, 1956. – 92 с.
16. Млодзеевский А. Б. Геометрическая термодинамика / А. Б. Млодзеевский. – Москва : Изд. МГУ, 1956. – 92 с.
17. Курц В. Направленная кристаллизация евтектических материалов / В. Курц, П. Р. Зам. – Москва : Металлургия, 1980. – 272 с.

Перераховані книги є основоположними як в тематиці навчальної дисципліни у цілому, так і для розробки і дослідження нових матеріалів, зокрема. Електронні версії книг доступні в інтернеті.

Рекомендується ознайомитись зі змістом вказаних базових та додаткових джерел, більш глибоко опрацювати рекомендовані викладачем розділи, що відповідають тематиці лекцій та практичних занять. Для окремих розділів доцільно створити електронний конспект.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Зміст лекційних занять

- Лекція 1. Вступ. I і II закони термодинаміки. Узагальнені координати системи. Фазові точки і лінії. Фазовий простір. Теорема Ліувілля. Фізичний та статистичний зміст ентропії, внутрішньої і вільної енергії енергії. Рівняння стану. (Література: [1],[2])
- Лекція 2. Термодинамічні параметри: температура, тиск, об'єм та потенціали (теплова функція, вільні енергії Гельмгольца та Гіббса) і їх основні співвідношення.(Література: [2], [3], [12])
- Лекція 3.Хімічний потенціал атомів компонентів і умови рівноваги в гетерогенній системі. [3], [4].
- Лекція 4. Фазовий простір та правило фаз Гіббса.Діаграми фазових рівноваг в одно- та двокомпонентних системах. (Література: [4], [5]).
- Лекція 5.Методи побудови діаграм станів. (Література: [4], [5]).
- Лекція 6. Концентраційна залежність вільної енергії двокомпонентного сплаву та діаграми станів з необмеженою розчинністю компонентів в твердих і рідких фазах. Визначення граничної розчинності атомів компонентів в фазах(Література: [4], [5]).
- Лекція 7. Діаграми станів з обмеженою розчинністю компонентів в твердих і рідких фазах з евтектичною рівновагою фаз. (Література: [4], [6], [9]).
- Лекція 8. Діаграми станів з обмеженою розчинністю компонентів в твердих і рідких фазах з перитектичною рівновагою фаз. (Література: [4],[6]).
- Лекція 9.Діаграми станів з поліморфізмом одного компонента одно- та двох компонентного кристалу. (Література: [4], [5]).
- Лекція 10. Аналіз двокомпонентних діаграм станів при поліморфізмі компонентів з евтектоїдною та перитектоїдною рівновагою фаз. (Література: [4], [6]).
- Лекція 11. Діаграми станів з поліморфізмом обох компонентів, рівновагою евтектичного типу і відсутністю розчинності в твердих фазах та з екстектичною рівновагою фаз. Фазові рівноваги в наносистемах. (Література: [4],[8]).
- Лекція 12.Фазові рівноваги в наносистемах. Аналіз фазових переходів в реальних системах за принципами термодинаміки незворотних процесів(Література: [4], [8]).

Лекція 13. Діаграми станів з рівновагою в системах з проміжними і метастабільними фазами. (Література: [4], [5]).

Лекція 14. Діаграми станів з рівновагою в рідких системах. (Література: [4], [5]).

Тематика практичних занять.

Тривалість кожного практичного заняття 2 години.

1. Побудова діаграм стану методом диференціальної скануючої калориметрії стрибків електропровідності. (2 години).
2. Аналіз концентраційної залежності вільної енергії та діаграми станів з необмеженою розчинністю компонентів в твердих і рідких фазах. (2 години).
3. Аналіз концентраційної залежності вільної енергії та діаграми станів з обмеженою розчинністю компонентів в твердих і рідких фазах. (2 години).
4. Аналіз діаграм станів з евтектичною рівновагою фаз. (2 години).
5. Аналіз діаграм станів з перитектичною рівновагою фаз. Самостійна робота студента/аспіранта. (2 години).
6. Аналіз діаграм станів з поліморфізмом компонента в одно- і двокомпонентних системах. (2 години).
7. Аналіз діаграм станів з поліморфізмом обох компонент, рівновагою евтектичного типу і відсутністю розчинності в твердих фазах та з екстектичною рівновагою фаз. (2 години).

6. Самостійна робота PhD-студентів

Самостійна робота PhD-студентів (загальна тривалість 108 годин) з дисципліни полягає в:

- самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем, для фокусування розглянутих методів аналізу взаємного зв'язку властивостей матеріалів на власні наукові дослідження, що відповідають напрямку PhD-дисертації – в розрахунку 2 години на лекційне заняття $14 \times 2 = 28$ годин;
- при підготовці до практичних занять – в розрахунку 2,5 години на 1 годину практичного заняття $14 \times 2,5 = 35$ годин;
- при підготовці до модульної контрольної – 15 годин;
- підготовці до підсумкової атестації – екзамен (30 годин).

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентом:

- Відвідування усіх видів занять є обов'язковим.
- Пропущене без поважної причини лекційне заняття студент повинен відпрацювати шляхом написання конспекту-реферату об'ємом 8-10 тис. знаків, не враховуючи рисунків та таблиць;
- Завдання пропущеного практичного заняття PhD-студент повинен самостійно виконати в час, узгоджений з викладачем і представити в письмовій формі проведений аналіз змісту термодинамічних функцій, фазових діаграм, кінетичних процесів фазових переходів. Якщо пропуск відбувся без поважної причини – з загальної оцінки за практичне заняття знімається 10% за кожні дві години пропуску.
- Під час усіх видів аудиторних занять забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі. Під час практичних занять дозволяється застосування персональних комп'ютерів для пошуку інформації, побудови фазових діаграм за заданими термодинамічними параметрами, використання власних термодинамічних параметрів, отриманих в результаті проведених досліджень, тощо.

- Результати виконаних практичних робіт оформлюються у письмовому вигляді (звіті) з застосуванням текстового редактора. Звіт супроводжується виведенням термодинамічних співвідношень параметрів і функцій, графіками залежностей, описами діаграм та кінетичних процесів фазових перетворень, які підтверджують виконання завдань. За дистанційної чи змішаної форми навчання звіт оформлюється під час googlemeet або зомт конференцій, після чого надається доступ для перевірки викладачу. За звичайної аудиторної форми навчання звіт виконується письмово або в будь-якому текстовому редакторі і на перевірку надається у виконаному вигляді. Безпосередній захист відбувається у формі співбесіди, запитань-відповідей.
- Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – переважно використання для аналізу фазових діаграм досліджуваних матеріалів, термодинамічних даних і кінетичних параметрів з власних досліджень за темою дисертаційних робіт. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 10 балів.
- Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Конспект-реферат за пропущену лекцію має бути виконаний і поданий на перевірку не пізніше 2-х тижнів з часу пропущеної лекції. Звіти з практичних занять виконуються і подаються на перевірку не пізніше 2-х тижнів з моменту завершення. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.
- Усі учасники освітнього процесу: викладачі і PhD-студенти в процесі роботи вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>.

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

Рейтинг з дисципліни формується як сума балів, нарахованих студенту за:

- Виконання і захист звітів з практичних робіт за 1 звіт максимально $r_{3п}=5$ балів
- Модульна контрольна робота в вигляді тестових завдань проводиться на 15 тижні. Максимальна оцінка $r_M=11$ балів за тест.
- Виконання завдань, отриманих на екзамені, максимальна оцінка $r_I=40$ балів

Рейтинг з дисципліни розраховується за формулою рейтингова оцінка (RD) з кредитного модуля формується як сума балів поточної успішності навчання – стартового рейтингу (r_c) та балів отриманих на екзамені (r_I):

$$RD = r_c + r_I,$$

де r_c – стартовий рейтинг, r_I – екзаменаційний рейтинг.

Стартовий рейтинг є сумарною оцінкою за виконання PhD-студентом завдань під час **поточного контролю**, а саме

$$r_c = \sum (r_{3п} + r_M)$$

Тому максимальна кількість балів стартового рейтингу PhD-студента за лекційні і практичні заняття разом з модульною контрольною роботою в семестрі становить

$$r_c = \sum (r_{3п} + r_M) = 6 \text{ балів} \times 7 \text{ практичних занять} + \text{МКР } 8 \text{ балів} = 50 \text{ балів}$$

Табл. 1. Критерії оцінювання та кількість балів за роботу на практичних заняттях.

Критерії	Кількість балів
повна відповідь (відмінно)	6
неповна відповідь (добре)	5
неповна відповідь (задовільно)	4
Дуже неповна відповідь (достатньо)	3
незадовільна відповідь	Менше 3.

- Максимальна кількість балів, яку може отримати студент за МКР складає 11 балів. Критерії оцінювання результатів написання МКР представлені в таблиці 2.

Табл. 2. Критерії оцінювання та кількість балів за МКР.

Критерії	Кількість балів
повна відповідь (відмінно)	8
неповна відповідь (добре)	7
неповна відповідь (задовільно)	6
Дуже неповна відповідь (достатньо)	5
незадовільна відповідь	менше 5

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль - екзамен Γ , студент отримує в результаті складання екзамену у письмовій, усній або змішаній формі. Критерії оцінювання на екзамені представлені в таблиці 3.

Табл. 3. Критерії оцінювання та кількість балів на іспиті.

Критерії	Кількість балів
студент демонструє повні і глибокі знання навчального матеріалу, вміє правильно використовувати знання	50
студент демонструє хороші знання навчального матеріалу, вміє правильно використовувати знання	44
студент демонструє хороші знання навчального матеріалу, але допускає деякі неточності, щодо використання отриманих знань	34
студент демонструє задовільні знання навчального матеріалу, але допускає суттєві неточності, щодо використання отриманих знань	24
студент демонструє достатні знання засвоїв теоретичний матеріал, але допускає суттєві помилки, щодо використання отриманих знань	14
незадовільне знання теорії та відсутність вміння та навичок у вирішенні поставлених завдань	Менше 10

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 30 балів за умови виконання усіх практичних робіт та кількості балів за видами:

- Модульна контрольна робота не менше 5
- Практичні заняття не менше балів 25.
- Сумарний рейтингова оцінка оцінюється за університетською шкалою, таблиці оцінки знань за якою представлена на таблиці 4.
- За умови карантину екзамен проводиться у дистанційному режимі на платформі **meet.google**, а за відсутності карантину він відбувається в призначених аудиторіях. При цьому: - студентам видаються білети, в яких наведено 3 питання із списку Додатку А.
- - протягом однієї години студенти письмово надають відповіді на поставлені питання і по закінченню відведеного на підготовку часу студенти здають свої роботи.
- - кожен студент пояснює викладені ним відповіді для з'ясування розуміння предмету.
- - при виникненні недостатнього розуміння або при бажанні студента підняти бал оцінки студенту задаються додаткові питання, які фіксуються на письмовій відповіді.
- В дистанційному режимі:
- - викладач виставляє по черзі презентацію довільно названих студентами білетів, з яких вони роблять скріншоти і готуються.

- після закінчення відведеного на підготовку студентам часу, вони висилають файли фотокопій своїх відповідей на мою електронну пошту
- в режимі онлайн спілкування студенти дають пояснення своїх відповідей аналогічно як в аудиторному режимі.

Табл. 4. Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською 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)

- Перелік питань до іспиту з дисципліни «Фізика конденсованого стану матеріалів» та приклад білету наведено у додатку А.
- Перелік питань до модульної контрольної роботи з дисципліни фізика конденсованого стану матеріалів наведено у додатку Б.
- Приклад екзаменбаційного білету у додатку В.
- Результати навчання за даним освітнім компонентом, здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних онлайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому може бути перезарахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (окремі теми, окремі лабораторні 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" (<https://osvita.kpi.ua/node/179>)

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором каф. Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії, д.ф.-м.н., професором, Зауличним Ярославом Васильовичем

Ухвалено кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії

(протокол №3 від 30 вересня 2025 р.)

Погоджено Методичною комісією Навчально-наукового Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є. О. Патона (протокол № 2 від 16 жовтня 2025 р.)

Додаток А.

1. Поясніть суть I і II закони термодинаміки та загальні координати системи.
2. З'ясуйте, що таке фазові точки, лінії, фазовий простір та його не стискуваність за теоремою Ліувілля.
3. Отримайте математичний вираз та з'ясуйте фізичний і статистичний зміст ентропії.
4. З'ясуйте фізичний зміст співвідношення між внутрішньою і вільною енергією енергією.
5. Розкрийте суть рівняння стану системи.
6. Визначте термодинамічні параметри: температури, тиску і об'єму.
7. Виведіть співвідношення для термодинамічних потенціалів (теплова функція, вільні енергії Гельмгольца та Гіббса).
8. З'ясуйте хімічний потенціал атомів компонентів і умови рівноваги в гетерогенній системі.
9. Встановіть зв'язок між фазовим простором та правилом фаз Гіббса.
10. Експериментальні методи побудови діаграм станів.
11. Розкрийте схему теоретичних методів побудови діаграм станів.
12. Розкрийте концентраційну залежність вільної енергії двокомпонентного сплаву.
13. Виведіть правило важеля для діаграми станів з необмеженою розчинністю компонентів в твердих і рідких фазах.
14. Розкрийте визначення граничної розчинності атомів компонентів в фазах.
15. Проаналізуйте рівновагу фаз і зміну концентрацій твердої і рідкої фази в доектектичному діапазоні діаграми стану.
16. Проаналізуйте рівновагу фаз і зміну концентрацій твердої і рідкої фази в заектектичній області діаграми стану.
17. Проаналізуйте рівновагу фаз їх концентрації твердої тектиці.
18. Проаналізуйте рівновагу фаз і зміну концентрацій твердої і рідкої фази в доперитектичному діапазоні діаграми стану.
19. Проаналізуйте рівновагу фаз і зміну концентрацій твердої і рідкої фази в заперитектичному діапазоні діаграми стану.
20. Проаналізуйте рівновагу фаз і їх концентрації в перитектиці.
21. Проаналізуйте діаграми станів з поліморфізмом одного компонента однокомпонентного кристалу.
22. Проаналізуйте діаграми станів з поліморфізмом одного компонента двох компонентного кристалу.
23. Проведіть аналіз двокомпонентних діаграм станів при поліморфізмі компонентів з евтектоїдною рівновагою фаз.

24. Аналіз двокомпонентних діаграм станів при поліморфізмі компонентів з перитектоїдною рівновагою фаз.
25. Проаналізуйте діаграми станів з поліморфізмом обох компонент, рівновагою евтектичного типу і відсутністю розчинності в твердих фазах
26. Проаналізуйте діаграми станів з поліморфізмом обох компонентів з екстектичною рівновагою фаз.
27. Проаналізуйте фазові рівноваги в наносистемах.
28. Проведіть аналіз фазових переходів в реальних системах за принципами термодинаміки незворотних процесів.
29. Проаналізуйте діаграми станів з рівновагою в системах з проміжними фазами.
30. Проаналізуйте діаграми станів з рівновагою в рідких системах.

Додаток Б.

1. Сформулюйте I і II закони термодинаміки.
2. Вкажіть відмінності між фазовими точками, фазовими лініями і фазовими точками.
3. Сформулюйте теорему Ліувілля.
4. Сформулюйте фізичну суть ентропії.
5. Визначте залежність температури від енергії і температури.
6. Визначте залежність тиску від енергії і об'єму.
7. Розкрийте суть термічного аналізу.
8. Розкрийте суть термічного аналізу.
9. Розкрийте суть диференціального термічного аналізу.
10. Розкрийте суть термічного скануючої калориметрії.
11. Виведіть правило фаз Гіббса.
12. Запишіть формулу вільної енергії Гельмгольца.
13. Запишіть формулу вільної енергії Гіббса.
14. Запишіть формулу теплової функції (ентальпії).
15. Дайте визначення хімічного потенціалу.
16. Сформулюйте умови фазових рівноваг.
17. Опишіть схему побудови діаграм стану двокомпонентних систем з необмеженою розчинністю.
18. Виведіть правило важеля для визначення кількості фаз при певній температурі.
19. Проаналізуйте рівновагу фаз і їх концентрацій в евтектиці.
20. Проаналізуйте рівновагу фаз і їх концентрацій в периктектиці.
21. Проаналізуйте діаграми станів з поліморфізмом одного компонента двох компонентного кристалу.
22. Проведіть аналіз двокомпонентних діаграм станів при поліморфізмі компонентів з евтектоїдною рівновагою фаз.
23. Дайте аналіз двокомпонентних діаграм станів при поліморфізмі компонентів з перитектоїдною рівновагою фаз.

Приклад екзаменаційного білету

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ.ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Освітньо-кваліфікаційний рівень доктор філософії

спеціальності 132 Матеріалознавство

Семестр 3

Дисципліна Термодинаміка матеріалів.

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ №__

1. Отримайте математичний вираз та з'ясуйте фізичний і статистичний зміст ентропії.
2. Розкрийте схему теоретичних методів побудови діаграм станів.

Затверджено на засіданні кафедри високо- температурних матеріалів та порошкової металургії

Протокол №3 від 30 вересня 2025 р.

Зав.кафедрою _____ Богомол Ю. І.

Екзаменатор _____ Я. В. Зауличний