



Термодинаміка матеріалів та кінетика процесів

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>третьій освітньо-науковий (доктор філософії)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>матеріалознавство</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/ заочна / дистанційна / змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>6 кредитів ECTS, 26 годин лекцій, 39 годин практичні заняття</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит / Модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: .д.ф.-м.н, професор, Зауличний Ярослав Васильович, mail:Zaulychnyy@ukr.net. Практичні заняття д.ф.-м.н., професор, Зауличний Ярослав Васильович</i>
Розміщення курсу	<i>В розділі методичне забезпечення дисципліни в системі Campus https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&ir_own</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Вивчаючи дисципліну, **Термодинаміка матеріалів та кінетика процесів**, рНд-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 рНд-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 рНд 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: 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.

Загальні компетентності (ЗК):

- ЗК 01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу
- ЗК 02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел

- ЗК 03. Здатність працювати в міжнародному контексті
- ЗК 04. Здатність розробляти проекти та управляти ними
- ЗК 05. Здатність застосовувати новітні педагогічні, у тому числі інформаційні, технології у навчальному процесі.

Фахові компетентності спеціальності (ФК):

- ФК 01 Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у матеріалознавстві, дотичних на міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з матеріалознавства.

- ФК 02. Здатність проводити теоретичні й експериментальні дослідження, математичне й комп'ютерне моделювання матеріалознавчих задач.

- ФК 03 Здатність аналізувати стан проблеми в галузі матеріалознавства, ідентифікувати шляхи вирішення та синтезувати нове знання на основі власного досвіду розв'язання проблеми.

- ФК 04.Здатність дотримуватись етики досліджень, а також правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях та науково-педагогічній діяльності.

- ФК 05. Здатність розробляти проекти виробничих технологічних процесів виготовлення виробів з сучасних матеріалів традиційними та генеративними методами.

- ФК 06. 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.

- ФК 07.Здатність на основі фундаментальних та спеціальних знань проектувати та створювати нові матеріали заданого функціонального призначення.

Після засвоєння навчальної дисципліни рНд-студент повинен знати:

- ЗН 1. Логіки та методології наукового пізнання.
- ЗН 2. Методики аналізу та синтезу знань при вирішенні проблем в широкому контексті матеріалознавчих та міждисциплінарних задач, в тому числі, за умов невизначеності чи неповної інформації.
- ЗН 3. Підходи забезпечення оригінальності в розробці та застосуванні ідей в контексті наукового дослідження
- ЗН 4. Основи психології та методів розв'язання соціальних, світоглядних, міжкультурних та особистих проблем
- ЗН 5. Психолого-дидактичні основи навчального процесу
- ЗН 6. Принципи контролю навчальних досягнень студентів та аналізу його результатів
- ЗН 7. Сутність нових та інформаційних технологій навчання у вищій школі.
- ЗН 8. Новітні світові досягнення науки, техніки та технологій в галузі матеріалознавства та суміжних сферах.
- ЗН 9. Принципи організації комунікації державною та іноземними мовами у тому числі у міжкультурному середовищі
- ЗН 10. Організації та механізми функціонування соціальних інститутів суспільства та місце і вплив людини в них.
- ЗН 11. Фізичні, хімічні та математичні принципи матеріалознавства.
- ЗН 12.Сучасні методи теоретичного та експериментального дослідження структури та властивостей матеріалів
- ЗН 13. Закономірності керування складом, структурою та властивостями матеріалів різної природи та функціонального призначення
- ЗН 14. Фундаментальні принципи фізичного, математичного, фізико-хімічного та імітаційного моделювання
- ЗН 15. Теоретичні засади створення нових матеріалів заданого функціонального призначення: композиційних, наноструктурованих
- ЗН 16. Методології проведення наукових досліджень з метою створення нових функціональних матеріалів з наперед заданими властивостями

ЗН 17. Сучасні моделі для оцінювання структури та властивостей різного функціонального призначення

pHd-студент повинен уміти:.

- УМ 1. Застосовувати логіку та методологію наукового пізнання
- УМ 2. Застосовувати аналіз та синтез знань при вирішенні проблем в широкому контексті матеріалознавчих та міждисциплінарних задач, в тому числі, за умов невизначеності чи неповної інформації
- УМ 3. Забезпечувати оригінальні розробки та ідеї в контексті наукового дослідження.
- УМ 4. Синтезувати знання та формулювати висновки, обґрунтовувати їх для фахової та нефахової аудиторії.
- УМ 5. Об'єктивно оцінювати процеси сучасного суспільно-політичного життя у світі та Україні.
- УМ 6. Планувати, організовувати, керувати продуктивною працею в різних напрямках в групі та команді, виконувати різні функції в колективі та соціумі в цілому.
- УМ 7. Формулювати навчальні цілі та обирати відповідний навчальний матеріал і його структуру.
- УМ 8. Розробляти зміст, проводити структурування навчального матеріалу та проводити заняття різних видів
- УМ 9. Обирати методи та засоби навчання і контролю
- УМ 10. Організовувати комунікацію із застосуванням різноманітних засобів з урахуванням міжкультурних, міжлінгвістичних та міжособистісних особливостей.
- УМ 11. Застосовувати знання наукових принципів матеріалознавства для модернізації та створення нових матеріалів та процесів.
- УМ 12. Планувати теоретичне та експериментальне дослідження, оцінювати, адаптувати та узагальнювати його результати.
- УМ 13. Проводити експертизу науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт та проектів в галузі матеріалознавства.
- УМ 14. Проводити моніторинг робіт та вчасно вносити корективи в план робіт за проектом

2. ререквізити 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, рУd-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 рHd-дисертації під час планування експериментів та обґрунтуванні і оцінці наукових результатів. Засвоєння предмету «термодинаміка матеріалів та кінетика процесів» дозволить з'ясувати 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 та кінетика процесів”

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 поліморфізмом обох компонент, рівновагою евтектичного типу і відсутністю розчинності в твердих фазах та з екстектичною рівновагою фаз. Фазові рівноваги в наносистемах.

Розділ 4. Аналіз кінетики необоротних процесів фазових переходів на основі діаграм фазових рівноваг

Аналіз фазових переходів в реальних системах за принципами термодинаміки незворотних процесів. Кристалізація твердих розчинів. Дендритна ліквідація.

Евтектична кристалізація і будова евтектичних сплавів. Вплив термокінетичних параметрів на характеристики евтектичного зерна.

Кінетика росту фаз при перитектичному і екстектичному перетвореннях.

2. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Палехін В. П. Курс фізики : підручник - Частина 2. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА . – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013. – 516 с.
2. О.Й.Соколовський, С.Ф.Лягушин, С.О.Соколовський. Посібник із термодинаміки та статистичної фізики - Д.: РВВ ДНУ, 2005. - 40 с.
3. П. С. Харлашин, Т. М. Чаудрі, М. Я. Меджибожський. 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.
4. В.Ю. Ольшанецький, Ю.І. Кононенко. Конспект лекцій з дисципліни “Термодинаміка і кінетика фазових перетворень” для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» частина II – Запоріжжя: ЗНТУ. 2018. - 94 с.
5. Мазур В.И., Мазур А.В. Введение в теорию сплавов. -Д.: Лири ЛТД, 2009. -264 с.
6. Бунин К.П., Баранов А.А., Таран Ю.Н. Анализ фазовых равновесий и кристаллизации металлических сплавов (учебное пособие).- Днепропетровск; Металлургический институт,- 1973. -133 с.
7. Мазур В.И., Таран Ю.Н. Фазовые равновесия и фазовые превращения. Киев: УМК ВО.- 1988.- 88 с

8. Shibata H., Aral Y., Suzuki M., Emi T. Kinetics of peritectic transformation in Fe-C.//MMT, 31B.- 2000.- P. 981- 991. 8.
9. Marquis E.A. Seidman D.N. Coarsening kinetics of nanoscale Al₃Sc precipitates in an Al-Mg-Sc alloy.// Acta Met.- 53, 2005. - P. 259-4268.

Додаткова література

10. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. -М.: Наука, 1976. -503 с.
11. Ансельм А.Н. Основы статистической физики и термодинамики. . -М.: Наука, 1973. -424 с.
12. Румер Ю.Б., Ривкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. . -М.: Наука, 1972. -400 с.
13. Млодзеевский А.Б. Геометрическая термодинамика. М.; Изд. МГУ- 1956,- 92 с.
14. Витторф Н.М. Теория сплавов в применении к металлическим системам.- СПб: Изд. Эрлих.- 1909.- 433 с.
15. Глазов В.М., Павлова Л.М. Химическая термодинамика и фазовые равновесия. - М.; Металлургия.- 1981,- 336 с.
16. Курц В., Зам П.Р. Направленная кристаллизация втектических материалов.- М.: Металлургия.- 1980. - 272 с.
17. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкостей.- Л,- Наука. -1975.- 592 с.
18. Ладьянов В.И. Структурные особенности и процессы завершенности эвтектических аморфообразующих систем.//Научные труды межд. научн, конф. EUTECTICA VII. Теория и практика металлургии.- №4-5.- 2006.- с.99 - 103.

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. Фазовий простір та правило фаз Гіббса. [3], [4].

Лекція 4. Діаграми фазових рівноваг в одно- та двокомпонентних системах. Методи побудови діаграм станів. (Література: [4], [5]).

Лекція 5. Концентраційна залежність вільної енергії та діаграми станів з необмеженою і обмеженою розчинністю компонентів в твердих і рідких фазах з евтектичною рівновагою фаз. (Література: [4], [6], [9]).

Лекція 6. Діаграми станів з обмеженою розчинністю компонентів в твердих і рідких фазах з перитектичною рівновагою фаз та з поліморфізмом однокомпонентного кристалу. (Література: [4], [6]).

Лекція 7. Аналіз двокомпонентних діаграм станів при поліморфізмі компонентів з евтектоїдною та перитектоїдною рівновагою фаз. (Література: [4], [6]).

Лекція 8. Діаграми станів з поліморфізмом обох компонент, рівновагою евтектичного типу і відсутністю розчинності в твердих фазах та з екстектичною рівновагою фаз. Фазові рівноваги в наносистемах. (Література: [4], [8]).

Лекція 9. Фазові рівноваги в наносистемах. Аналіз фазових переходів в реальних системах за принципами термодинаміки незворотних процесів (Література: [4], [8]).

Лекція 10. Кристалізація твердих розчинів. Дендридна ліквідація (Література: [4], [13]).

Лекція 11. Евтектична кристалізація. Вплив термодинамічних параметрів на характеристики евтектичного зерна. (Література: [4], [14]).

Лекція 12. Кінетика росту фаз при перитектичному перетворенні. (Література: [4], [7]).

Лекція 13. Кінетика росту фаз при екстектичному перетворенні. (Література: [4], [7], [11]).

Тематика практичних занять.

Тривалість кожного практичного заняття 2 години.

1. Узагальнені координати (УзК) системи. Фазові точки і лінії. Фазовий простір. Доведення теореми Ліувілля про нестискуваність фазового простору. Визначення імовірності знаходження УзК випадкової системи в елементарному об'ємі фазового простору. (2 години)
2. Канонічний розподіл. Визначення імовірності того, що енергія системи, координати якої належать об'єму $d\Gamma$, знаходиться в надвузькому інтервалі енергій в околі $\mathcal{E}_{\text{середнє}}$. (2 години).
3. Визначення ентропії через кількість станів системи, координати яких достовірно потрапляли в об'єм $d\Gamma$ з енергіями в околі $\mathcal{E}_{\text{середнє}}$, котра є мірою розупорядкування системи. (2 години).
4. Виявлення залежності вільної енергії від середньої енергії, ентропії та температури системи і статистична інтерпретація її фізичного змісту (2 години).
5. З'ясування фізичного змісту термодинамічних параметрів: температури, тиску, об'єму та термодинамічних потенціалів (теплова функція, вільні енергії Гельмгольца та Гіббса) і їх основних співвідношень. (2 години).
6. Визначення умови фазових рівноваг в гетерогенних, в тому числі в одно- та двокомпонентних системах. (2 години).
7. Визначення умови фазових рівноваг в гетерогенних, в тому числі в одно- та двокомпонентних системах. (2 години).
8. Побудова діаграм стану методом диференціальної скануючої калориметрії стрибків електропровідності. (2 години).
9. Аналіз концентраційної залежності вільної енергії та діаграми станів з необмеженою розчинністю компонентів в твердих і рідких фазах. (2 години).
10. Аналіз концентраційної залежності вільної енергії та діаграми станів з обмеженою розчинністю компонентів в твердих і рідких фазах. (2 години).
11. Аналіз діаграм станів з евтектичною рівновагою фаз. (2 години).
12. Аналіз діаграм станів з перитектичною рівновагою фаз. Самостійна робота студента/аспіранта. (2 години).
13. Аналіз діаграм станів з поліморфізмом компонента в одно- і двокомпонентних системах. (2 години).
14. Аналіз діаграм станів з поліморфізмом обох компонент, рівновагою евтектичного типу і відсутністю розчинності в твердих фазах та з екстектичною рівновагою фаз. (2 години).
15. Аналіз фазових рівноваг в наносистемах. Аналіз фазових переходів в реальних системах за принципами термодинаміки незворотних процесів. (2 години).
16. З'ясування природи і механізмів кристалізації твердих розчинів, дендридної ліквідації. (2 години).

17. Вивчення процесів евтектичної кристалізації і впливу термо-кінетичних параметрів на характеристики евтектичного зерна. (2 години).
18. Аналіз кінетики росту фаз при перитектичному перетворенні. (2 години).
19. Модульна контрольна робота. (3 години).

6. Самостійна робота рНd-студентів

Самостійна робота Phd-студентів (загальна тривалість 115 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 рНd-докторської дисертації – в розрахунку 2 години на лекційне заняття $13 \times 1 = 13$ годин;
- при підготовці до практичних занять – в розрахунку 1,5 години на 1 годину практичного заняття $38 \times 1,5 = 57$ годин;
- при підготовці до модульної контрольної 15 годин;
- підготовці до підсумкової атестації – іспиту (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 рНd-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 google meet або зoot 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 рНд-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 (РД) враховує роботу студента протягом семестру та рівень знань і навичок, виявлених ним на екзамені.

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

- Участь в діалозі на фінальній стадії (10-хвилин) лекції 1 бал за 1 лекцію. $r_L=1$ бал
- Пропущені лекції компенсуються виконанням конспекту-реферату (див. п. 7) теж 1 бал.
- Виконання і захист звітів з практичних робіт за 1 звіт максимально $r_{зп}=2$ бали
- Модульна контрольна робота в вигляді тестових завдань проводиться на 17 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 рНд-студентом завдань під час **поточного контролю**, а саме

$$r_c = \sum(r_L + r_{зп} + r_M)$$

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

$$r_c = \sum(r_L + r_{зп} + r_M) = 1 \text{ бал} \times 13 \text{ занятть} + 2 \text{ бали} \times 18 \text{ занятть} + 11 \text{ балів} = 60 \text{ балів}$$

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

Критерії	Кількість балів
повна відповідь (відмінно)	2
неповна відповідь (добре)	1,5
неповна відповідь (задовільно)	1
незадовільна відповідь	Менше 1.

- 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)	9-11
неповна відповідь (добре)	6-8
неповна відповідь (задовільно)	3-5
незадовільна відповідь	менше 3

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

Семестровий контроль - екзамен r_1 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	35-40
студент демонструє хороші знання навчального матеріалу, вміє правильно використовувати знання	25-34
студент демонструє хороші знання навчального матеріалу, але допускає деякі неточності, щодо використання отриманих знань	15-24
студент демонструє задовільні знання навчального матеріалу, але допускає суттєві неточності, щодо використання отриманих знань	5-14
студент демонструє достатні знання засвоїв теоретичний матеріал, але допускає суттєві помилки, щодо використання отриманих знань	0,1-4
незадовільне знання теорії та відсутність вміння та навичок у вирішенні поставлених завдань	1-9

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

- Лекційні заняття не менше 5
- Модульна контрольна робота не менше 5
- Практичні заняття не менше балів 20.
- 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. 3. 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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- У випадку самостійного проходження студентом дистанційного курсу <https://elearning.grantadesign.com/> та одержання сертифікату **CES Selector Certificate Program - Certified User**, останній може бути зарахований з сумою 80 балів.
- Додаткову інформацію для опанування навчальної дисципліни можна знайти на сайті розробника програмного забезпечення: .
<https://www.grantadesign.com/education/students/video-tutorials/>,
<https://www.grantadesign.com/education/support/ces-edupack-support/>.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професор каф. Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії, д.ф.-м.н., професор, Зауличний Ярослав Васильович

Ухвалено кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії (протокол №_21_ від_08 липня 2022 р._)

Погоджено Методичною комісією НН Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О.Патона (протокол №_10/22_ від_10 липня 2022 р._)