



# ТЕОРІЯ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізитивна навчальна дисципліна

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>136Металургія</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютеризовані процеси лиття</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредитів ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: професор, д.т.н., Костецький Юрій Віталійович, <i>050-675-89-64</i> , <i><a href="mailto:y.kostetsky@gmail.com">y.kostetsky@gmail.com</a></i> Лабораторні: Іванченко Дмитро Вікторович, <i>050-99-88-615</i> , <i><a href="mailto:cortdm77@gmail.com">cortdm77@gmail.com</a></i> Практичні: Іванченко Дмитро Вікторович, <i>050-99-88-615</i> , <i><a href="mailto:cortdm77@gmail.com">cortdm77@gmail.com</a></i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://classroom.google.com/u/0/c/NTM3Mjg2NjgzOTM1">https://classroom.google.com/u/0/c/NTM3Mjg2NjgzOTM1</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Процеси виробництва чавуну, сталі або інших металів і сплавів супроводжуються фізичними перетвореннями речовин (переходи із однієї кристалічної модифікації в іншу, плавлення, випаровування, розчинення, кристалізація) та хімічними реакціями. Необхідно проводити ці процеси так, щоб якомога повніше добувати з руд та сплавів цінні метали (залізо, марганець, хром, ванадій та інші), повніше переводити в шлак домішки, які погіршують якість металу (сірку, фосфор, неметалічні вclusions).

Якість вихідних руд та інших матеріалів поступово знижується, а вимоги до якості металу зростають. Задовольнити вказаним вимогам і провести процес за оптимальних параметрів можна, тільки знаючи термодинамічні та кінетичні особливості поведінки кожного компонента в різних умовах плавки та розливки. Ці особливості допомагає розкрити теорія металургійних процесів, яка на основі фізико-хімічних законів та методів дозволяє проаналізувати найважливіші реакції та фазові переходи, що відбуваються при одержанні та подальшому переробленні металів.

Навчальна дисципліна «Теорія металургійних процесів» (ПО-10) є нормативною дисципліною і належить до циклу професійної підготовки. Вона у сукупності з теплофізикою та фізичним металознавством закликає сформулювати теоретичний базис металурга.

Її вивчення базується на знанні студентами основних законів хімії, фізичної хімії, фізики, застосуванні математичного апарату та обчислювальної техніки. Теоретичний матеріал курсу

викладається на лекціях, практичні заняття присвячені розрахунку термодинамічних характеристик речовин і реакцій та аналізу термодинамічних процесів, в ході лабораторного практикуму студенти оволодівають методиками та технікою високотемпературного експерименту.

Для підвищення творчої активності та самостійності в роботі студентів при вивченні курсу передбачено виконання індивідуальних завдань з розрахунку термодинамічних та кінетичних характеристик простих та складних металургійних систем і процесів.

Набуті знання і вміння використовуються в подальшому при вивченні дисциплін професійної підготовки та вибіркового професійно-орієнтованих дисциплін.

**Метою вивчення** дисципліни є одержання знань щодо сучасних уявлень про фізико-хімічні і металургійні основи виробництва чорних і кольорових металів, щодо закономірностей та механізмів перебігу металургійних процесів, поведінки різних матеріалів під час виробництва металів і сплавів.

**Предмет дисципліни:** теоретичні закономірності та механізми процесів, що відбуваються під час отримання металів з руд та процесів плавки та рафінування металів.

#### **Фахові компетентності (ФК)**

- ФК1 – Здатність застосовувати системний підхід до вирішення проблем металургії.
- ФК2 – Здатність вирішувати типові інженерні завдання відповідно до спеціалізації.
- ФК7 – Здатність виявляти, класифікувати і описувати ефективність систем, компонентів і процесів в металургії на основі використання аналітичних методів і методів моделювання.
- ФК8 – Усвідомлення контекстів, в яких можуть бути застосовані знання металургії (наприклад, управління процесами та обладнанням, менеджмент, розробка технології тощо).
- ФК12 – Здатність використовувати математичні принципи і методи, необхідні для підтримки спеціалізації в металургії
- ФК13 – Здатність управляти комплексними діями або проектами відповідно до спеціалізації для забезпечення досягнення поставленої мети з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми, у тому числі пов'язаних із виробництвом, експлуатацією, технічним обслуговуванням та утилізацією.
- ФК14 – Здатність забезпечувати якість продукції.
- ФК16 – Усвідомлення вимог до діяльності в сфері спеціалізації, зумовлених необхідністю забезпечення сталого розвитку.
- ФК25 – Здатність розробляти технологічні процеси виплавляння сплавів їх легування, модифікування та позапічного оброблення.

#### **Програмні результати навчання**

- ПР10 – Розуміння особливостей матеріалів, що застосовуються, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів, а також їх обмежень відповідно до спеціалізації.
- ПР16 – Розуміння широкого міждисциплінарного контексту металургії.
- ПР22 – Навички прийняття рішень в нестандартних ситуаціях, зокрема, рішень, спрямованих на усунення або запобігання виникненню несприятливого (кризового, аварійного) стану металургійного обладнання.
- ПР23 – Розуміння питань впровадження ресурсозберігаючих технологій, які дозволяють акумулювати ресурси, спрямовані на досягнення цілей в усіх напрямках діяльності металургійного підприємства.

- ПР26 – Вміння аналізувати і керувати факторами, які впливають на технологічні процеси виготовлення, структуру та властивості литих виробів.

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

**Пререквізити:** мати щонайменше базовий рівень знань з фізичної-хімії, хімії елементів та фізики, у межах відповідних навчальних курсів, що передують даному; вміння використовувати математичні принципи і методи для виконання термодинамічних розрахунків; здатність застосовувати знання про основні принципи та методи термодинамічного аналізу фізико-хімічних систем і властивості хімічних елементів та сполук.

**Постреквізити:** теоретичне підґрунтя для розуміння і аналізу металургійних технологій; уміння з'ясувати закономірності явищ у металургійних системах; здатність виконувати термодинамічні розрахунки для вирішення технологічних завдань; здатність застосовувати теоретичні знання для аналізувати поведінки металургійних систем; здатність теоретично обґрунтовувати технологічні рішення.

Після проходження дисципліни студенти зможуть використовувати знання з фундаментальних дисциплін та математичний апарат для опису та аналізу металургійних процесів для реалізації професійно-профільованих знань й практичних навичок при вирішенні завдань з управління металургійними технологіями, їх розробки та удосконалення; визначати основні параметри технологій на основі теоретичного аналізу металургійних процесів; теоретично обґрунтовувати вибір технологічних рішень

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Теми лекційних занять**

#### **Розділ 1 Статика і динаміка металургійних процесів**

Тема 1.1 Вступ до курсу (2 години)

Тема 1.2 Можливості термодинамічного і кінетичного аналізів, розрахунки термодинамічних функцій і їх практичне використання (6 годин)

#### **Розділ 2 Термічна міцність сполук**

Тема 2.1 Загальні термодинамічні закономірності (2 години)

Тема 2.2 Утворення – дисоціація оксидів металів (10 годин)

Тема 2.3 Механізм і кінетика процесів (2 години)

#### **Розділ 3 Склад і властивості високотемпературної газової фази**

Тема 3.1 Процеси горіння в металургії (8 годин)

Тема 3.2 Кінетика процесів горіння (2 години)

#### **Розділ 4 Термодинаміка і кінетика відновлювальних процесів**

Тема 4.1 Основні відновники і відновні процеси (2 години)

Тема 4.2 Пряме і посереднє відновлення оксидів заліза (2 години)

#### **Розділ 5 Металургійні розплави**

Тема 5.1 Будова рідких металів (2 години)

Тема 5.2 Склад і природа шлаків (4 години)

Тема 5.3 Властивості металургійних розплавів (4 години)

#### **Розділ 6 Основи теорії рафінування металів і сплавів**

Тема 6.1 Теоретичні засади окиснювального рафінування (2 години)

Тема 6.2 Умови видалення шкідливих домішок з металу (4 години)

Тема 6.3 Розкиснення сталі та видалення неметалевих включень (2 години)

### **Практичні заняття**

1. Окисно-відновні властивості газової фази та процеси горіння
2. Окисно-відновні властивості складних газових сумішей
3. Взаємодія вуглецю з газовою фазою, яка містить кисень
4. Процеси дисоціації та утворення карбонатів і оксидів
5. Відновлення оксидів металів
6. Властивості складних металевих та оксидних розчинів

### **Лабораторні заняття**

1. Термодинаміка дисоціації хімічних сполук
2. Кінетика дисоціації хімічних сполук
3. Утворення і дисоціація оксидів заліза
4. Рівновага реакції газифікації вуглецю
5. Рівновага реакції окиснення заліза вуглекислим газом
6. Дослідження в'язкості розплавів
7. Визначення вмісту газу в сплавах методом вакуум-нагріву

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Базова література**

1. Готвянський Ю.Я. Фізико - хімічні та металургійні основи виробництва металів. Навчальний посібник . - К.: ІЗМН, 1996. - 392 с.
2. Фізикохімія металургійних систем і процесів: Підручник/ В.Я.Шурхал, В.К.Ларін, Д.Ф.Чернега та ін. – К.: Вища школа, 2000. – 407с.: іл.
3. Теорія металургійних процесів: Підручник /В.Б.Охотський, О.Л.Костьолов, В.К.Сімонов та ін. - К.: ІЗМН, 1997. - 512 с.
4. Теорія та технологія металургійного виробництва: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.050401 – Металургія та 6.050402 – Ливарне виробництво /Уклад.: К.М. Чернявська. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 46 с.
5. Конспект лекцій по дисципліне «Теория металлургических процессов» / Авт. Зборщик А.М. – Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2008. – 101 с.

### **Додаткова література**

1. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: Підручник / Д. Ф. Чернега, В. С. Богушевський, Ю. Я. Готвянський та ін.; За ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. - К.: Вища шк., 2006.-503с.
2. Теорія металургійних процесів: Підручник / В.Б. Охотський, О.Л. Костьолов, В.К. Сімонов та ін. – К.: ІЗМН, 1997. – 512 с.
3. Попель С.И., Сотников А.И., Бороненков В.И. Теория металлургических процессов. - М.: Металлургия. - 1986. - 463 с.
4. Теория металлургических процессов /Рыжонков Д.И., Арсеньев П.П., Яковлев В.В. и др. - М.: Металлургия. - 1989. - 392 с.
5. Казачков Е.А. Расчеты по теории металлургических процессов. М.: Металлургия, - 1988. – 288с.

6. Меджибожский М.Я. Основы гидродинамики и кинетики сталеплавильных процессов. Киев-Донецк: Вища школа. – 1986. - 392с.
7. Борнацкий И.И. Теория металлургических процессов. – Киев – Донецк, «Вища школа», 1978, - 287.

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Файл, що містить навчальні матеріали лекції передаються студентам після кожного заняття. Допоміжні матеріали до кожної теми розміщено на сайті навчального курсу у «classroom».

№ з/п	Назва теми лекції, перелік основних питань, посилання на літературу та завдання на СРС
1	<p><b>Розділ 1. Основні поняття і методи теорії металургійних процесів</b></p> <p><i>Лекція 1 – Предмет та задачі курсу. Історія розвитку та сучасне становище металургійних технологій в Україні та за її межами. Роль науки та вчених у підвищенні ефективності металургійного виробництва. Фізико-хімічна сутність процесів виплавки чавуну та сталі.</i></p> <p><i>Лекція 2 – Можливості термодинамічного та молекулярно-кінетичного аналізів. Грунтовні поняття. Розрахунок зміни ентальпії і ентропії для будь-якого процесу при заданих температурах.</i></p> <p><i>Лекція 3 – Концентрація речовини в розчині. Коефіцієнти активності і параметри взаємодії. Рівняння ізотерми Вант-Гоффа і його аналіз.</i></p> <p><i>Лекція 4 – Кінетичний аналіз гомогенних та гетерогенних процесів.</i></p> <p><i>Література, основна: [1] 10-78 с.</i></p> <p><i>Завдання на СРС.</i></p> <p><i>Засвоїти: можливості термодинамічного аналізу; ґрунтовні поняття термодинаміки; термодинамічні функції та їх застосування для аналізу ймовірності процесів в багатокомпонентних системах; розрахунок зміни ентальпії, ентропії та енергії Гіббса при будь-якій заданій температурі.</i></p> <p><i>Проаналізувати: визначення ступеню завершеності хімічної взаємодії; константу рівноваги; форми виразу концентрації учасників взаємодії.</i></p> <p><i>Розглянути: активність речовини в розчині; коефіцієнти активності та параметри взаємодії; вплив нестандартності на термодинаміку процесу; рівняння ізотерми хімічної реакції.</i></p>
2	<p><b>Розділ 2. Теоретичні основи утворення і дисоціації складних хімічних сполук</b></p> <p><i>Тема 2.1 Загальні термодинамічні закономірності</i></p> <p><i>Лекція 5 – Пружність дисоціації хімічних сполук. Вплив температури, розчинності та подрібненості взаємодіючих речовин на їх процеси утворення- дисоціації.</i></p> <p><b>Тема 2.2 Утворення - дисоціація оксидів металів</b></p> <p><i>Лекція 6 – Стійкість оксидів.Принцип Байкова Поліморфізм заліза та характеристика його оксидів.</i></p> <p><i>Лекція 7 – Побудова та докладний аналіз діаграми стану системи залізо-кисень. Ізотермічне окиснення заліза. Високо- та низькотемпературні схеми окиснення.</i></p> <p><i>Лекція 8 – Термодинаміка утворення – дисоціації оксидів заліза. Залежність пружності дисоціації оксидів заліза від температури та вмісту кисню.</i></p>

	<p><i>Лекція 9 – Манган і кремній. Їх характеристика та значення для залізовуглецевих сплавів. Поліморфізм мангану та оксиду кремнію Термодинаміка утворення оксидів цих металів. Порівняльний аналіз спорідненості до кисню.</i></p> <p><i>Лекція 10 – Спорідненість металів до кисню; порівняльний аналіз узагальненої залежності зміни енергії Гіббса від температури. Вуглець – як універсальний відновлювач оксидів металів.</i></p> <p><b>Тема 2.3 Механізм і кінетика процесів</b></p> <p><i>Лекція 11 – Умови виникнення нових фаз. Гомо- та гетерофазні флуктуації в системі. Критичний розмір зародка нової фази. Кінетика кристалохімічного перетворення.</i></p> <p><i>Література, основна: [1] 80-107с., [2] 18-46с. Додаткова: [1] 12-54с., [2] 70-122с., [7] 67-112с.</i></p> <p><i>Завдання на СРС</i></p> <p><i>Засвоїти: особливості термодинаміки утворення–дисоціації карбонатів, сульфідів, нітридів, карбідів та боридів; будову та фазовий склад системи залізо-кисень. Провести оцінку впливу температури та зміни концентрації кисню в системі на процеси розчинності кисню та окиснення заліза.</i></p> <p><i>Проаналізувати: особливості високотемпературного окиснення металів.</i></p> <p><i>Розглянути: принципи захистного легування сплавів.</i></p>
3	<p><b>Розділ 3. Склад і властивості високотемпературної газової фази металургійних агрегатів</b></p> <p><b>Тема 3.1 Процеси горіння в металургії</b></p> <p><i>Лекція 12 – Процеси горіння в металургії. Горіння вуглецю. Склад продуктів горіння в залежності від умов спалювання вуглецю. Термодинамічний аналіз системи С-О.</i></p> <p><i>Лекція 13 – Рівноважний стан реакцій догорання оксиду вуглецю. Розрахунок ступеня дисоціації вуглекислого газу. Газифікація вуглецю вуглекислим газом. Керування складом продуктів горіння.</i></p> <p><i>Лекція 14 – Горіння в системі Н-С-О. Термодинаміка процесу. Рівновага реакції горіння водню та порівняння ступеня дисоціації пари водню і вуглекислого газу в різних температурних умовах. Рівновага реакції водяного газу.</i></p> <p><i>Лекція 15 – Реакції газифікації вуглецю водяною парою. Вплив температури та тиску на рівноважний стан процесу. Горіння і конверсія металу. Одержання газової фази з високими відновлювальними властивостями, технологічна схема процесу.</i></p> <p><b>Тема 3.2 Кінетика процесів горіння</b></p> <p><i>Лекція 16 – Теорія ланцюгових взаємодій. Вплив температури і тиску на займання горючої газової суміші.</i></p> <p><i>Література, основна: [2] 47-72 с. Додаткова: [2] 14-70с., [7] 27-65с.</i></p> <p><i>Завдання на СРС</i></p> <p><i>Розглянути: вуглець та його модифікації; механізм утворення та кінетику взаємодій вуглецю з окиснювальною газовою фазою; утворення та руйнування поверхневих комплексів.</i></p>
4	<p><b>Розділ 4. Термодинаміка і кінетика відновних процесів</b></p>

	<p><i>Лекція 17 – Основні відновники та відновні процеси, що використовуються в металургії: загальна теорія та основні типи відновних реакцій, термодинамічні умови процесу. Пряме і посереднє відновлення оксидів заліза.</i></p> <p><i>Лекція 18 – Навуглецьовування заліза при його відновлюванні оксидом вуглецю та вуглецем. Відновлення оксидів заліза воднем. Переваги та недоліки монооксиду вуглецю та водню як відновлювачів.</i></p> <p><i>Література, основна: [1] 107-118с., [2] 73-114с. Додаткова: [1] 55-99с., [2] 123-148с., [7] 113-160с.</i></p> <p><i>Ознайомитись та засвоїти принципи: металотермічного відновлення і самопоширюючийся високотемпературний синтез; підвищення теплопродуктивності шихти; отримання феросплавів.</i></p> <p><i>Проаналізувати: процеси, що відбуваються при вакуумметалотермії.</i></p> <p><i>Розібрати: особливості механізму і кінетики відновлювальних процесів</i></p>
5	<p><b>Розділ 5. Металургійні розплави</b></p> <p><b>Тема 5.1 Будова рідких металів</b></p> <p><i>Лекція 19 – Розвиток теорії рідкого стану речовини. Будова і властивості рідких металів. Функції радіального розподілу атомів.</i></p> <p><b>Тема 5.2 Склад і природа шлаків</b></p> <p><i>Лекція 20 – Характеристика мінералогічного складу шлаків чорної металургії, силікатна природа шлаків. Моделі завершеного іонного розчину та мікронеоднородного електроліту.</i></p> <p><i>Лекція 21 – Аналіз діаграм стану оксидних систем: <math>SiO_2-FeO</math>; <math>SiO_2-Al_2O_3</math>; <math>SiO_2-CaO</math>. Принцип побудови потрібної діаграми стану. Загальна характеристика діаграми стану <math>CaO-SiO_2-Al_2O_3</math>. Шляхи кристалізації розплавів у трикомпонентній системі.</i></p> <p><b>Тема 5.3 Властивості металургійних розплавів</b></p> <p><i>Лекція 22 – Поверхневі властивості розплавів: поверхневий та міжфазний натяг; змочування та розтікання; проникнення рідких фаз в поруваті матеріали; робота адгезії і когезії.</i></p> <p><i>Лекція 23 – Методи визначення поверхневих властивостей розплавів. Фізико-хімічний аналіз шлакових систем. Хімічні властивості шлаків.</i></p> <p><i>Література, основна: [1] 118-131с., [2] 114-145с. Додаткова: [1] 100-192с., [2] 191-243с., [3] 107-172с., [4] 42-50с., [7] – 161-214с.</i></p> <p><i>Завдання на СРС</i></p> <p><i>Розглянути і засвоїти: фізичні властивості металургійних розплавів: в'язкість, її залежність від складу та температури системи, методи виміру; поверхневий натяг.</i></p>
6	<p><b>Розділ 6. Основи теорії рафінування металів і сплавів</b></p> <p><b>Тема 6.1 Теоретичні засади окиснювального рафінування</b></p> <p><i>Лекція 24 – Розподіл кисню між розплавами шлаку і металу. Зневуглецьовування металу в ванні сталеплавильного агрегату: термодинаміка процесу; місце проходження процесу;</i></p>



механізм процесу в умовах мартенівської та конвертерної плавки сталі. Загальні термодинамічні закономірності окиснення домішок сталеплавильної ванни.

### **Тема 6.2 Умови видалення шкідливих домішок**

Лекція 25 – Термодинаміка та кінетика видалення сірки і фосфору із металу. Роль складу металу, шлаку і температури. Позапічні методи видалення шкідливих домішок.

Лекція 26 – Взаємодія газів з металом та шлаком. Шкідлива дія газів на фізико-механічні властивості металів. Розчинність водню та азоту в залізі. Термодинаміка та технологічні засоби дегазації металу.

### **Тема 6.3 Розкиснення сталі та видалення неметалевих включень**

Лекція 27 – Теорія процесів розкиснення сплавів. Неметалеві включення, їх класифікація та механізм видалення із металу. Методи рафінування металу від неметалевих включень.

Література, основна: [1] 132-149с., [2] 351-372с., 392-404с., 477-506с.

Додаткова: [1] 193-233с., [2] 244-328с., [3] 173-209с., [7] 215-239с.

Завдання на СРС

Ознайомитись: з процесами рафінування металів ліквідацією, тужавінням, екстракцією, випаровуванням та конденсацією.

Розглянути: основні принципи рафінування металів у ході переплавних процесів.

## **6. Самостійна робота студента**

- Самостійне виконання розрахунково-графічної роботи. Виконання розрахункової роботи передбачає самостійне розв'язання наступних завдань з вихідними даними відповідно до обраного варіанту:

№ З/п	Назва теми, текст завдання
1	<p>Тема – Окисно-відновні властивості газової фази та процеси горіння</p> <p>Завдання 1.1. Визначте яким повинно бути відношення <math>\text{CO}_2/\text{CO}</math> у газовій суміші, щоб при температурі <math>T</math> рівноважний тиск кисню в ній дорівнював <math>P_{\text{O}_2}</math> та розрахуйте величину кисневого потенціалу газової суміші <math>P_{\text{O}}</math> за цих умов.</p> <p>Завдання 1.2. Визначити рівноважний тиск кисню та кисневий потенціал газової суміші, яка складається з <math>C_A</math> відсотків газу А та <math>C_B</math> відсотків газу В при температурі <math>T</math>.</p> <p>Завдання 1.3. Визначити ступінь дисоціації газу (<math>\text{CO}_2</math> або <math>\text{H}_2\text{O}</math>) при температурі <math>T</math>. Розрахувати рівноважний парціальний тиск компонентів газової суміші, що утворилась за тиску 1 атм. та визначити її кисневий потенціал.</p> <p>Завдання 1.4. Визначити напрямок протікання хімічної реакції між киснем і газом В, якщо відомі вихідний склад газової фази (<math>C_A</math> % газу А, <math>C_B</math> % газу В, <math>C_{\text{O}_2}</math> % кисню), загальний тиск <math>P = 1</math> атм. і температура <math>T</math>. Розрахувати значення константи рівноваги реакції, яка протікає, за визначених умов (<b>6 годин</b>).</p>
2	<p>Тема – Окисно-відновні властивості складних газових сумішей</p> <p>Завдання 2.1 У піч для термічної обробки, яка нагріта до температури <math>T</math>, подається газова суміш наступного складу: <math>X\%</math> <math>\text{CO}</math>, <math>Y\%</math> <math>\text{CO}_2</math>, <math>Z\%</math> <math>\text{H}_2</math>, <math>F\%</math> <math>\text{N}_2</math>. Визначити рівноважний склад газової фази після її нагрівання до температури печі. Загальний тиск в печі дорівнює <math>10^5</math> Па.</p>



	Завдання 2.2 У якому співвідношенні слід змішати CO <sub>2</sub> і H <sub>2</sub> , щоб при температурі Т у створеній газовій суміші рівноважний парціальний тиск кисню дорівнював А(4 години).
3	Тема – Взаємодія вуглецю з газовою фазою, яка містить кисень Завдання 3.1 Визначити рівноважний склад газової суміші, що утворюється в результаті газифікації вуглецю вуглекислим газом у визначених умовах та побудувати графічну залежність (%CO) – Т. Завдання 3.2 Визначити склад рівноважної газової суміші, що утворилася внаслідок взаємодії збагаченого киснем повітря з твердим вуглецем для визначених умов. Побудувати графічну залежність (%CO) – Т(4 години).
4	Тема – Процеси дисоціації та утворення карбонатів і оксидів Завдання 4.1 Визначити температуру, за якої пружність дисоціації карбонату буде дорівнювати Р. Визначити величину зміни стандартної енергії Гіббса реакції дисоціації за цієї температури. Завдання 4.2 Визначити температуру початку розкладання карбонату в атмосфері з вмістом Х% CO <sub>2</sub> і загальним тиском Р. Завдання 4.3 Яким повинно бути співвідношення парціальних тисків водяної пари і водню, щоб не відбувалось окиснення металу при температурі Т. Завдання 4.4 Визначити, чи буде газова фаза, яка містить Х% CO <sub>2</sub> та Y% CO, окислювати метал при температурі Т(6 годин).
5	Тема – Відновлення оксидів металів Завдання 5.1. Визначити значення константи рівноваги і рівноважний вміст CO у газовій фазі для реакції відновлення оксиду металу монооксидом вуглецю за температури Т. Завдання 5.3. Визначити температуру, за якої реакція відновлення оксиду металу газом-відновником перебуває у рівновазі, за заданого співвідношення парціальних тисків газу-відновника та його газоподібного оксиду P <sub>во</sub> /P <sub>в</sub> . Завдання 5.4. Визначити температуру початку відновлення вюститу у присутності твердого вуглецю, за умови, що активність вюститу дорівнює a <sub>FeO</sub> , активність заліза дорівнює одиниці, зональний тиск в системі Р(6 годин).
6	Тема – Властивості складних металевих та оксидних розчинів Завдання 6.1. Розрахувати значення коефіцієнта активності та активності вуглецю у багатокомпонентному розчині на основі заліза вказаного у таблиці 6.2 складу при температурі Т. Розрахувати температурний інтервал кристалізації для даного сплаву. Завдання 6.2. Розрахувати значення коефіцієнта активності азоту та його розчинність у багатокомпонентному розчині на основі заліза вказаного у таблиці 6.3 складу для температури Т та двох парціальних тисків азоту P <sub>N<sub>2</sub></sub> та ( ) атмосфер. Завдання 6.3. Розрахувати активності і коефіцієнти активності компонентів шестикомпонентного шлакового розплаву (таблиця 6.4) для визначеної температури(4 години).

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Правила відвідування занять

Вивчення навчальної дисципліни відбувається згідно графіку навчального процесу. Відвідування всіх видів занять рекомендовано для успішного засвоєння навчальних матеріалів.

**Для студентів, які беруть на себе відповідальність** за організацію і планування свого часу для навчання, є можливість опанувати дисципліну у змішаному режимі: ознайомлення з теоретичним матеріалом лекцій і розв'язування практичних завдань – самостійно, за необхідності проведення консультацій викладачем згідно графіку консультацій і відведеного на них часу, у відповідності до педагогічного навантаження викладача. Відпрацювання та захист лабораторних робіт здійснюється виключно очно, у відповідності до розкладу занять. Студент, що не захистив попередню лабораторну роботу не допускається до відпрацювання наступної.

#### **Правила поведінки на заняттях.**

Правила поведінки на заняттях регламентуються етичними нормами: всі учасники освітнього процесу в університеті повинні дотримуватись вимог чинного законодавства України, Статуту і Правил внутрішнього розпорядку НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», загальноприйнятих моральних принципів, підтримувати атмосферу доброзичливості, відповідальності, порядності й толерантності, дбайливо ставитися до університетського майна. Під час аудиторних занять студенти повинні дотримуватись діючих правил охорони праці, безпеки життєдіяльності і правил пожежної безпеки, а у разі навчання за дистанційною формою виконувати вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я під час роботи з екранними пристроями.

#### **Політика дедлайнів та перескладань**

Пропущені контрольні заходи та/або завдання, які виконані студентом із незадовільною оцінкою, можуть додатково складатися для виконання та/або отримання задовільної оцінки (для підвищення оцінки) під час навчання до завершення термінів графіку освітнього процесу.

В разі порушення термінів і невиконання завдання з неповажних причин, студент не допускається до складання екзамену в основну сесію.

**Політика щодо академічної доброчесності** докладно описана у Кодексі Честі КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://kpi.ua/code>) і передбачає повну відповідальність студента за те, що всі виконані ним завдання відповідають принципам академічної доброчесності.

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

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом.

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи	
	кредити	академічних годин	Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи	СРС	Контрольні роботи	Семестрова атестація
4	4	90	54	18	18	30	4	екзамен

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- виконання та захист 7 лабораторних робіт;
- роботу на практичних заняттях, що передбачає виконання та захист 6 блоків розрахункових завдань під час практичних занять;
- контрольні роботи (кожна МКР поділяється на дві контрольні роботи);
- одну розрахунково-графічну роботу;
- відповідь на екзамені.

#### **Рейтингова система оцінювання результатів навчання**

#### **Лабораторні роботи**

**Ваговий бал – 2.** Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює  $7*2=14$  балів.

Критерії оцінювання:

- Протокол не підготовлений, студент не знає послідовності виконання лабораторної роботи – 0 балів. Такий студент не допускається до виконання роботи;
- Після виконання лабораторної роботи студент опрацював результати, правильно заповнив таблиці, побудував і правильно оформив графіки, зробив відповідні розрахунки, виконав грамотно висновки та відповів на запитання – 2 бали;
- Після виконання лабораторної роботи студент опрацював результати, правильно заповнив протокол, але не зміг повною мірою викласти висновки і відповісти на запитання викладача – 1 бал.

### **Робота на практичних заняттях**

**Ваговий бал кожного розрахункового завдання – 2.** Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює  $6 * 2 = 12$  балів.

Критерії оцінювання:

- Студент не виконав завдання, або неправильно розв'язав усі задачі, виконав не свій варіант – 0 балів.
- Студент виконав завдання у повному обсязі, побудував і правильно оформив графіки, зробив відповідні розрахунки, виконав грамотно висновки та відповів на запитання – 2 бали;
- Студент виконав завдання не в повному обсязі, зробив помилки у розрахунках, які вплинули на кінцевий результат, не зміг повною мірою викласти висновки і відповісти на запитання викладача – 1 бал.

### **Контрольні роботи**

**Ваговий бал – 5.** Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи складає  $4*5=20$ . Контрольна робота виконується у формі тесту. Кожна правильна відповідь на питання дає  $5/n$  (де  $n$  – загальна кількість питань тесту). Таким чином, за виконання контрольної роботи студент отримує  $(5/n)*N$  балів (де  $N$  – кількість правильних відповідей). Контрольна робота вважається зарахованою, якщо студент набрав не менше 3-х балів.

### **Розрахунково-графічна робота**

**Ваговий бал – 14.** Максимальна кількість балів за повністю виконану РГР складає 14 балів.

Критерії оцінювання:

- Студент не виконав завдання, або неправильно розв'язав усі задачі, виконав не свій варіант – 0 балів.
- Студент виконав роботу у повному обсязі і належним чином її оформив – 14 балів;
- Студент виконав завдання не в повному обсязі або неправильно розв'язав деякі задачі – за кожне невиконане або неправильно розв'язане завдання максимальна кількість балів за повністю виконану РГР (14 балів) зменшується на 0,78 бала. Якщо в окремому завданні припущена помилка через математичні розрахунки, а загальний хід розв'язання вірний – максимальна кількість балів за повністю виконану РГР (14 балів) зменшується на 0,39 бала.

### **Розрахунок шкали (R) рейтингу:**

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 2*7 + 2*6 + 5*4 + 14 = 60 \text{ балів}$$

На іспиті студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичних і одне практичне питання. Кожне теоретичне питання оцінюється у 10 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно» - повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9...10 балів;
- «добре» - достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 7...8 балів;
- «задовільно» - неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 6 балів;
- «незадовільно» - загалом неправильна відповідь, або її відсутність – 0...5 балів.
- Система оцінювання практичного питання:
  - «відмінно» - повне безпомилкове розв'язування завдання – 9...10 балів;
  - «добре» - повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями 7...8 балів;
  - «задовільно» - завдання виконано, але з суттєвими недоліками – 6 балів;
  - «незадовільно» - завдання не виконано – 0 балів.

Сума стартових балів і балів за іспит переводиться до іспитової оцінки згідно з таблицею:

Бали $R_D = R_C + R_E$	Екзаменаційна оцінка
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: професор, доктор технічних наук, доцент, Костецький Юрій Віталійович, асистент, Іванченко Дмитро Вікторович

**Ухвалено** кафедрою ливарного виробництва (протокол № 12 від 26.06.2024р.)

**Погоджено** Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 12/24 від 28.06.2024 р.)