



МЕТАЛУРГІЯ РІДКІСНИХ МЕТАЛІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити/120 годин: 44 години лекційних занять, 18 годин лабораторних занять і 58 годин СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к. т. н., доцент, Бірюкович Ліна Олегівна, linabiruk@ukr.net , 0501979102 Лабораторні: ст. викладач, Руденький Сергій Олексійович, ruserq@ukr.net , 0955705585
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/u/1/c/MjMzMDc5NDMxODU0</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Відкриття людиною металів стало першою технічною революцією в людській цивілізації і призвело до суттєвих змін у її розвитку. І з тих часів потреба людства в металах, які є основою як старих, так і нових матеріалів, на властивості яких впливає технологія їх отримання та обробки, зростає із кожним роком. Металургія кольорових металів – це не тільки галузь промисловості, це також фундаментальна наука, яка дозволяє людству завдяки розробці нових технологій залучати до отримання металів, сплавів та виробів із них нові сировинні джерела.

Група рідкісних металів багаточисельна іключає більше 70 елементів, які мають дуже різноманітні властивості, тому поділяється на підгрупи – тугоплавких, розсіяних, легких, рідкісноземельних та радіоактивних. Метали цієї групи є основою таких галузей промисловості як електровакуумна техніка, напівпровідникова електроніка, атомна енергетика, літако- та ракетобудування тощо.

Вивчатись в дисципліні будуть як основні принципи та методи кольорової металургії, як галузі виробництва, метали та їх класифікація, основні металургійні процеси, так і докладно розглядатимуться технології отримання з руд кольорових металів, які є основними

Бірюкович Л. О. Металургія рідкісних металів

представниками підгруп групи рідкісних металів промислової класифікації – тугоплавкі (титан, вольфрам, молибден, ніобій, тантал), розсіяні (реній, германій), легкі (літій), рідкісноземельні (скандій, лантан), радіоактивні (уран) починаючи від властивостей металів і рудної сировини і закінчуючи областями застосування чистих металів та сплавів на їх основі.

Набуті знання типових технологій виробництва та обробки матеріалів і виробів з них дозволять використовувати їх для аналізу процесів створення матеріалів та виробів з них.

120 годин обсягу дисципліни “Металургія рідкісних металів” включають 44 години лекційних занять, 18 годин лабораторних занять і 58 годин СРС.

Метою дисципліни є підсилення формування у студентів фахових компетентностей спеціальності таких як:

- Здатність застосовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для підтримки діяльності в сфері матеріалознавства.
- Здатність обирати технологічний процес та його оптимальні умови для отримання виробів з композиційних, наноструктурованих та порошкових матеріалів.

Предмет навчальної дисципліни “Металургія рідкісних металів” – фізико-хімічні та технологічні умови отримання кольорових рідкісних металів.

Програмні результати навчання:

- Уміти поєднувати теорію і практику для розв'язування завдань матеріалознавства
- Уміти застосовувати свої знання для вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі
- Знання основних технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів та умов їх застосування
- Знати інженерні дисципліни, що лежать в основі спеціальності, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів програми, в тому числі мати певну обізнаність в їх останніх досягненнях.

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

Дисципліни, знання з яких необхідні для вивчення дисципліни “Металургія рідкісних металів”:

- Фізика
- Хімія
- Фізична хімія.

Знання, що студент отримає під час вивчення дисципліни «Металургія рідкісних металів» необхідні для поглибленого вивчення таких нормативних дисциплін, як:

- Фізико-хімічні основи отримання порошків металів, сплавів та сполук у дисперсному стані
- Основи теорії процесів консолідації порошкових та наноструктурованих матеріалів
- Корозія та захист металів

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Організація очного/дистанційного навчання.

Розділ 1. Загальні питання металургії кольорових металів.

Тема 1.1. Основні принципи та методи галузі. Метали та їх класифікація.

Тема 1.2. Основні процеси в технології кольорових металів.

Розділ 2. Металургія тугоплавких металів.

Тема 2.1. Металургія титану

Тема 2.2. Металургія вольфраму.

Бірюкович Л. О. Металургія рідкісних металів

Тема 2.3. Металургія молібдену.

Тема 2.4. Металургія ніобію і танталу.

Розділ 3. Металургія розсіяних металів.

Тема 3.1. Металургія ренію.

Тема 3.2. Металургія германію.

Розділ 4. Металургія легких металів.

Тема 4.1. Металургія літію.

Розділ 5. Металургія рідкісноземельних та радіоактивних металів.

Тема 5.1. Металургія скандію.

Тема 5.2. Металургія лантану.

Тема 5.3. Металургія урану.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові:

1. Металургія рідкісних металів [Електронний ресурс]: презентації лекцій / уклад.: Л. О. Бірюкович. – Електронні данні. – Київ, 2021. – Режим доступу: <https://classroom.google.com/u/1/w/MjMzMdc5NDMxODU0/tc/MjMzMdc5NDMxODU0>.

2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Кольорові метали та сплави” для студентів усіх форм навчання спеціальності 132 “Матеріалознавство” [Електронний ресурс] / уклад.: Л. О. Бірюкович. – Київ: НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”, 2017. – 54 с. – Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/19008/1/%d0%9c%d0%92_%d0%9a%d0%be%d0%bb%d1%8c%d0%be%d1%80%d0%be%d0%b2%d1%96_%d0%bc%d0%b5%d1%82%d0%b0%d0%bb%d0%b8_%d1%82%d0%b0_%d1%81%d0%bf%d0%bb%d0%b0%d0%b2%d0%b8.pdf.

3. Металургія кольорових металів [Електронний ресурс]: підручник / В. І. Пожуєв, В. І. Іващенко, І. Ф. Червоний, В. П. Грицай; під ред. докт. техн. наук, професора Червоного І. Ф. – Ч. 1. – Запоріжжя: ЗДІА, 2007. – 351 с. – Режим доступу: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2021/Chervonij_P1_2008_351.pdf.

4. Теоретичні основи процесів кольорової металургії [Текст]: підручник / Ігнат'єв В. С., Пожуєв В. І., Бредихін В. М. [та ін.]: за ред. д. т. н., професора Червоного І. Ф.; Запоріж. держ. інж. акад. – Запоріжжя: ЗДІА, 2012. – 200 с.

5. Металлургия редких металлов [Текст]: учеб. для вузов / А. Н. Зеликман, Б. Г. Коршунов. – 2-е изд, перераб. и доп. – Москва: Металлургия, 1991. – 432 с.

Додаткові:

6. Уткин Н. И. Цветная металлургия (технология отрасли) / Н. И. Уткин. – Москва: Металлургия, 1990. – 448 с.

7. Краткая химическая энциклопедия: в 5 томах / отв. ред. И. Л. Кнунянц. – Москва: Советская энциклопедия, 1963.

8. Коган Б. И. Редкие металлы. Прошлое, настоящее, будущее / Б. И. Коган. – Москва: Наука, 1978. – 347 с.

Зазначені базові навчальні матеріали є у вільному доступі у бібліотеці НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського і мережі Інтернет. Додаткові навчальні матеріали надаються для ознайомлення і глибшого розуміння предмету вивчення дисципліни.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

5.1. Лекційні заняття

Розділ 1. Загальні питання металургії кольорових металів.

Тема 1.1. Основні принципи та методи галузі. Метали та їх класифікація.

Заняття 1. *Основні принципи та методи галузі. Метали та їх класифікація.*

Предмет і зміст курсу “Кольорові метали та сплави”. Задачі курсу, специфіка його вивчення і зв’язок з природничими та технічними дисциплінами. Роль кольорових металів у розвитку енергетики, аерокосмічної техніки, транспорту, радіоелектроніки тощо. Визначення металургії кольорових металів, як області науки та галузі промисловості. Класифікація кольорових металів, їх загальні властивості. Руди і концентрати кольорових металів, їх класифікація, вторинна сировина для одержання кольорових металів. Металургійне паливо, його класифікація і основні властивості.

Заняття 2. Продовження. *Основні принципи та методи галузі. Метали та їх класифікація.*

Предмет і зміст курсу “Кольорові метали та сплави”. Задачі курсу, специфіка його вивчення і зв’язок з природничими та технічними дисциплінами. Роль кольорових металів у розвитку енергетики, аерокосмічної техніки, транспорту, радіоелектроніки тощо. Визначення металургії кольорових металів, як області науки та галузі промисловості. Класифікація кольорових металів, їх загальні властивості. Руди і концентрати кольорових металів, їх класифікація, вторинна сировина для одержання кольорових металів. Металургійне паливо, його класифікація і основні властивості.

Заняття 3. Продовження. *Основні принципи та методи галузі. Метали та їх класифікація.*

Предмет і зміст курсу “Кольорові метали та сплави”. Задачі курсу, специфіка його вивчення і зв’язок з природничими та технічними дисциплінами. Роль кольорових металів у розвитку енергетики, аерокосмічної техніки, транспорту, радіоелектроніки тощо. Визначення металургії кольорових металів, як області науки та галузі промисловості. Класифікація кольорових металів, їх загальні властивості. Руди і концентрати кольорових металів, їх класифікація, вторинна сировина для одержання кольорових металів. Металургійне паливо, його класифікація і основні властивості.

Тема 1.2. Основні процеси в технології кольорових металів.

Заняття 4. *Основні процеси в технології кольорових металів.*

Визначення металургійного процесу, його операції і прийоми. Класифікація і коротка характеристика основних піро- та гідрометалургійних процесів. Продукти металургійного виробництва. Процеси розкриття і збагачення руд. Підготовчі операції. Заклучні операції. Основні процеси збагачення, їх класифікації та коротка характеристика. Продукти збагачення. Спеціальні методи збагачення.

Заняття 5. Продовження. *Основні процеси в технології кольорових металів.*

Бірюкович Л. О. Металургія рідкісних металів

Визначення металургійного процесу, його операції і прийоми. Класифікація і коротка характеристика основних піро- та гідрометалургійних процесів. Продукти металургійного виробництва. Процеси розкриття і збагачення руд. Підготовчі операції. Заклучні операції. Основні процеси збагачення, їх класифікації та коротка характеристика. Продукти збагачення. Спеціальні методи збагачення.

Заняття 6. Тематична контрольна робота №1 (30 хв.) Загальні питання металургії кольорових металів.

Розділ 2. Металургія тугоплавких металів.

Тема 2.1. Металургія титану

Загальні відомості про тугоплавкі метали. Їх властивості та області застосування. Особливості технології отримання чистих тугоплавких металів. Металургія титану. Особливості титану та його значення у суспільному виробництві, фізико-хімічні, хімічні і фізичні властивості титану, його застосування. Сировина для одержання титану і способи її переробки, пірометалургійна підготовка вихідної сировини, відновна плавка і її особливості. Виробництво тетрахлориду титану, варіанти хлорування титановмісних матеріалів, очищення тетрахлориду титану ректифікацією. Металотермічне відновлення титану: магнійтермічний і натрійтермічні способи, відновлення діоксиду титану кальцієм і гідридом кальцію. Рафінування титану, йодидне рафінування. Виробництво компактного титану плавкою титану і способом порошкової металургії. Сплави титану і їх застосування.

Заняття 7. Продовження. Металургія титану.

Загальні відомості про тугоплавкі метали. Їх властивості та області застосування. Особливості технології отримання чистих тугоплавких металів. Особливості титану та його значення у суспільному виробництві, фізико-хімічні, хімічні і фізичні властивості титану, його застосування. Сировина для одержання титану і способи її переробки, пірометалургійна підготовка вихідної сировини, відновна плавка і її особливості. Виробництво тетрахлориду титану, варіанти хлорування титановмісних матеріалів, очищення тетрахлориду титану ректифікацією. Металотермічне відновлення титану: магнійтермічний і натрійтермічні способи, відновлення діоксиду титану кальцієм і гідридом кальцію. Рафінування титану, йодидне рафінування. Виробництво компактного титану плавкою титану і способом порошкової металургії. Сплави титану і їх застосування.

Заняття 8. Продовження. Металургія титану.

Загальні відомості про тугоплавкі метали. Їх властивості та області застосування. Особливості технології отримання чистих тугоплавких металів. Особливості титану та його значення у суспільному виробництві, фізико-хімічні, хімічні і фізичні властивості титану, його застосування. Сировина для одержання титану і способи її переробки, пірометалургійна підготовка вихідної сировини, відновна плавка і її особливості. Виробництво тетрахлориду титану, варіанти хлорування титановмісних матеріалів, очищення тетрахлориду титану ректифікацією. Металотермічне відновлення титану: магнійтермічний і натрійтермічні способи, відновлення діоксиду титану кальцієм і гідридом кальцію. Рафінування титану,

Бірюкович Л. О. Металургія рідкісних металів

Йодидне рафінування. Виробництво компактного титану плавкою титану і способом порошкової металургії. Сплави титану і їх застосування.

Тема 2.2. Металургія вольфраму.

Заняття 9. Металургія вольфраму.

Загальні відомості про вольфрам, його властивості і застосування. Сировина для одержання вольфраму і методи її переробки. Основні стадії переробки вольфрамових концентратів. Переробка розчинів вольфрамату натрію на вольфрамовий ангідрид, технологічні схеми переробки. Виробництво вольфрамового порошку, компактування порошка вольфраму.

Заняття 10. Продовження. Металургія вольфраму.

Загальні відомості про рідкісні метали. Загальні відомості про вольфрам, його властивості і застосування. Сировина для одержання вольфраму і методи її переробки. Основні стадії переробки вольфрамових концентратів. Переробка розчинів вольфрамату натрію на вольфрамовий ангідрид, технологічні схеми переробки. Виробництво вольфрамового порошку, компактування порошка вольфраму.

Тема 2.3. Металургія молібдену.

Заняття 11. Металургія молібдену.

Загальні відомості про молібден, властивості молібдену і його застосування. Сировина для одержання молібдену і способи його переробки, окислювальний відпал молібденових концентратів. Виробництво чистого триоксиду молібдену методом сублимації і гідрометалургійним методом. Виробництво металевого молібдену, апаратурне оформлення процесу відновлення MoO_3 . Виробництво компактного ковкого молібдену методом порошкової металургії і плавкою в електродугових печах.

Тема 2.4. Металургія ніобію і танталу.

Заняття 12. Металургія ніобію і танталу.

Загальні відомості про тантал і ніобій, галузі застосування: електровакуумна техніка і електротехніка, хімічне машинобудування, виробництво жароміцних і твердих сплавів. Мінерали, руди і рудні концентрати для одержання танталу і ніобію. Способи переробки тантало-ніобієвих концентратів, переробка танталіта-колумбіта методом сплавлення з їдким натрієм, розкладенням плавиковою кислотою. Розділення танталу і ніобію методом дробної кристалізації та іншими методами. Металотермічні способи одержання порошків танталу і ніобію /натрійтермічним методом/, електролізом, відновленням хлоридів. Виробництво компактних ковких тантала і ніобія методом порошкової металургії і плавкою в дузі і в електронному промені, регенерація металевих відходів танталу і ніобію.

Заняття 13. Продовження. Металургія ніобію і танталу.

Загальні відомості про тантал і ніобій, галузі застосування: електровакуумна техніка і електротехніка, хімічне машинобудування, виробництво жароміцних і твердих сплавів. Мінерали, руди і рудні концентрати для одержання танталу і ніобію. Способи переробки тантало-ніобієвих концентратів, переробка танталіта-колумбіта методом сплавлення з їдким натрієм, розкладенням плавиковою кислотою. Розділення танталу і ніобію методом

Бірюкович Л. О. Металургія рідкісних металів

дробної кристалізації та іншими методами. Металотермічні способи одержання порошків танталу і ніобію /натрійтермічним методом/, електролізом, відновленням хлоридів. Виробництво компактних ковких тантала і ніобію методом порошкової металургії і плавкою в дузі і в електронному промені, регенерація металевих відходів танталу і ніобію.

Заняття 14. Тематична контрольна робота №2 (30 хв.) Металургія тугоплавких металів.

Розділ 3. Металургія розсіяних металів.

Тема 3.1. Металургія ренію.

Загальна характеристика розсіяних металів. Металургія ренію. Властивості ренію і його застосування. Сировина для одержання ренію, сучасний стан виробництва ренію. Одержання вогневого ренію із оксидних руд. Технологія вилучення ренію із розчинів. Отримання перенату аммонію. Виробництво порошкового і компактного ренію.

Заняття 15. Продовження. Загальна характеристика розсіяних металів. Металургія ренію. Властивості ренію і його застосування. Сировина для одержання ренію, сучасний стан виробництва ренію. Одержання вогневого ренію із оксидних руд. Технологія вилучення ренію із розчинів. Отримання перенату аммонію. Виробництво порошкового і компактного ренію.

Тема 3.2. Металургія германію.

Заняття 16. Металургія германію. Властивості германію і його застосування. Сировина для одержання германію, сучасний стан виробництва германію. Способи вилучення германію із різних видів сировини. Отримання германієвих концентратів. Виробництво діоксида германію високої чистоти.

Отримання германію. Методи очищення германію. Отримання монокристалів германію.

Розділ 4. Металургія легких металів

Тема 4.1. Металургія літію.

Заняття 17. Металургія літію. Загальні відомості про літій. Властивості літію і його застосування. Технології отримання сполук літію з рудних концентратів. Технологія виробництва літію.

Заняття 18. Тематична контрольна робота №3 (30 хв.) Металургія розсіяних і легких металів.

Розділ 5. Металургія рідкісноземельних та радіоактивних металів.

Тема 5.1. Металургія скандію.

Загальні відомості про рідкісноземельні метали. Области їх застосування. Особливості технології отримання чистих рідкісноземельних металів. Металургія скандію. Властивості скандію та його застосування. Сировина для отримання скандію. Способи переробки скандійвмісної сировини. Отримання скандію.

Заняття 19. Загальні відомості про рідкісноземельні метали. Области їх застосування. Особливості технології отримання чистих рідкісноземельних металів. Металургія скандію.

Бірюкович Л. О. Металургія рідкісних металів

Властивості скандію та його застосування. Сировина для отримання скандію. Способи переробки скандійвмісної сировини. Отримання скандію.

Металургія скандію. Загальні відомості про рідкісноземельні метали. Властивості скандію та його застосування. Сировина для отримання скандію. Способи переробки скандійвмісної сировини. Отримання скандію.

Тема 5.2. Металургія лантану.

Заняття 20. *Металургія лантану. Властивості лантану та його застосування. Сировина для отримання лантану. Способи переробки лантанвмісної сировини. Отримання лантану.*

Тема 5.3. Металургія радіоактивних металів.

Заняття 21. *Загальні відомості про радіоактивних метали. Области їх застосування. Особливості технології отримання чистих радіоактивних металів металів. Властивості урану і області його застосування. Сировина для отримання урану. Особливості технології отримання урану.*

Заняття 22. Залік.

5.2. Лабораторні заняття

Заняття 1. *Вступ. Організація очного/дистанційного навчання. Проведення лекційних і лабораторних занять. Вимоги до протоколу лабораторних робіт. Рейтингова система оцінювання.*

Заняття 2. Лабораторна робота №1. *Окисний відпал сіркових сполук металів.*

Заняття 3. Лабораторна робота №1. *Окисний відпал сіркових сполук металів.*

Заняття 4. Лабораторна робота №2. *Отримання металів відновленням їх оксидів.*

Заняття 5. Лабораторна робота №2. *Отримання металів відновленням їх оксидів.*

Заняття 6. Лабораторна робота №3. *Отримання металів методом цементації.*

Заняття 7. Лабораторна робота №3. *Отримання металів методом цементації.*

Заняття 8. Лабораторна робота №4. *Визначення жаростійкості тугоплавких металів і їх сполук.*

Заняття 9. Лабораторна робота №4. *Визначення жаростійкості тугоплавких металів і їх сполук.*

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента (58 годин.) складається з:

- *підготовки до лекцій – 24 год;*
- *підготовки до лабораторних робіт, яка полягає у написанні протоколу – 16 год;*
- *підготовки до тематичних контрольних робіт – 12 год, по 4 год на кожну ТКР;*
- *підготовки до заліку – 6 год.*

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять.

Відвідування лекційних занять є бажаним, хоча і не обов'язковим. Відвідування лекційних занять дозволить студентам не тільки опанувати теоретичні знання беспосередньо на лекції, але і

Бірюкович Л. О. Металургія рідкісних металів

задати викладачу питання, що виникають під час викладання матеріалу лекції, побачити зразки мінералів руд кольорових металів.

Відвідування лабораторних занять є обов'язковим.

Правила поведінки на заняттях.

На усіх заняттях, лекційних і лабораторних, вітається відключення звукових сигналів телефонів.

Під час проведення лабораторних робіт у очному режимі в лабораторії №022-9 корпусі студенти повинні суворо дотримуватись правил техніки безпеки.

Умовою допуску до виконання лабораторної роботи є наявність у студента написаного протоколу лабораторної роботи.

За дистанційної форми навчання у сервісі Telegram викладач створює групу, назва якої складаються із номера групи і назви дисципліни, до якою староста групи приєднує усіх студентів. Студенти отримують індивідуальний доступ до завдання для лабораторної роботи у дистанційному класі GoogleClassRoom "Металургія рідкісних металів", куди ж завантажують оформлений протокол роботи для перевірки не пізніше тижня після виконання роботи. Перевірка здійснюється викладачем упродовж наступного тижня.

Перескладання тематичних контрольних робіт проводиться за взаємною домовленістю студентів і викладача.

Перескладання заліку проводиться під час додаткової сесії за положенням НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" відповідно до графіку перескладань оприлюдненому на сайті НН ІМЗ ім. Є. О. Патона.

Усі учасники освітнього процесу: викладачі і здобувачі в процесі 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)

8.1. Види контролю:

- Поточний контроль: лабораторні роботи, модульна контрольна робота розбита на 3 тематичні контрольні роботи (ТКР);
- Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
- Семестровий контроль: залік

Кожний вид робіт оцінюється за 100-бальною шкалою. Семестрова оцінка формується як середня із суми оцінок за усі види робіт, що виконуються упродовж семестру:

$$O_{\text{семестр}} = \frac{\sum_{1-4} O_{\text{ЛР}} + \sum_{1-3} O_{\text{ТР}}}{7}.$$

8.2. Критерії нарахування балів.

Лабораторні роботи.

Бірюкович Л. О. Металургія рідкісних металів

До кожної лабораторної роботи студент повинен підготувати протокол, який складається із:

- *номера;*
- *назви;*
- *мети;*
- *теоретичних відомостей, до яких включають основні визначання та умовні позначення;*
- *порядок виконання.*

За дистанційної форми навчання напередодні заняття студенти завантажують написаний відруки протокол до GoogleClassRoom для перевірки. На занятті студенти допускаються до тестів з теорії лабораторної роботи. Після чого викладач проводить презентацію online для ознайомлення студентів із обладнанням і алгоритмом проведення лабораторної роботи. В кінці лабораторної роботи студенти отримують доступ до результатів досліджу. У продовж тижня студенти оформляють протокол лабораторної роботи відповідно до вимог завдання і завантажують на перевірку до GoogleClassRoom.

За очної і дистанційної форми навчання кожна виконана і оформлена лабораторна робота оцінюється максимально у 100 балів за такими критеріями:

- *підготовлений до лабораторної роботи протокол у відповідності до вимог – 10 балів;*
- *знання теорії лабораторної роботи – 30 балів;*
- *виконання лабораторної роботи, проведення розрахунків за результатами досліджу та їх обговорення – 50 балів;*
- *оформлення результатів відповідно до вимог і захист – 10 балів.*

Штрафні бали призначаються за:

- *відсутність протоколу – 10 балів;*
- *протокол, що не відповідає вимогам – 5 балів;*
- *несамостійна робота на лабораторному занятті – 5 балів.*

Тематичні контрольні роботи.

Тематична контрольна робота №1 «Загальні питання металургії кольорових металів». *На проведення роботи відводиться 1 академічна година. Студенти за очної форми навчання отримують завдання, що складається із 2 теоретичних питань (Додаток А).*

За дистанційної форми навчання студенти отримують доступ до тестового завдання GoogleForm у дистанційному класі GoogleClassRoom, куди ж завантажують виконане завдання для перевірки.

Позитивна оцінка за ТКР №1 складає 60–100 балів.

Тематична контрольна робота №2 «Металургія тугоплавких металів». *На проведення і перевірку роботи відводиться 1 академічна година. Студенти за очної форми навчання отримують завдання, що складається із 2 теоретичних питань (Додаток Б).*

За дистанційної форми навчання студенти отримують доступ до тестового завдання у GoogleClassRoom, куди ж завантажують виконане завдання для перевірки.

Позитивна оцінка за ТКР №2 складає 60–100 балів.

Тематична контрольна робота №3 «Металургія розсіяних і легких металів». На проведення і перевірку роботи відводиться 1 академічна година. Студенти за очної форми навчання отримують завдання, що складається із 2 теоретичних питань (Додаток В).

За дистанційної форми навчання студенти отримують доступ до тестового завдання у GoogleClassRoom, куди ж завантажують виконане завдання для перевірки.

Позитивна оцінка за ТКР №3 складає 60–100 балів.

Календарний контроль.

Календарний контроль (КК) проводиться на 7-8 та 14-15 тижнях семестру навчання. Для позитивного оцінювання 1-го КК студенту необхідно оформити і захистити ЛР №1 щонайменше на 50 балів і отримати мінімум 50 балів за ТКР №1. Для позитивного оцінювання 2-го КК студенту необхідно отримати мінімум по 50 балів за лабораторні роботи №2 і №3 та по 50 балів за ТКР №2.

Таблиця графіку проведення занять:

Тижні	1	2	3	4	5	6	7	8	КК 1	9
Заняття	Вступ		ЛР 1		ЛР 1		ЛР 2			ЛР2
Max-min балів			50-100		50-100		50-100		50 %	50-100

Продовження таблиці графіку проведення занять:

Тижні	10	11	12	13	14	15	КК 2	16	17	18
Заняття		ЛР 3		ЛР 3		ЛР 4			ЛР 4	Залік
Max-min балів		50-100		50-100		50-100	50 %		50-100	60-100

Залік.

Умовою допуску до заліку є виконання усіх лабораторних робіт та ТКР.

Студенти, середня оцінка яких за завдання, що виконувались упродовж семестру склала не менше 60 балів мають можливість отримати оцінку, згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою.

Для підвищення рейтингової оцінки студент може написати залікову контрольну роботу, але у цьому випадку попередній рейтинг студента скасовується і він отримує оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи, згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою.

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

За очної форми навчання залікова контрольна робота проводиться письмово. На проведення залікової контрольної роботи виділяється 2 академічні години часу.

Бірюкович Л. О. Металургія рідкісних металів

Залікова контрольна робота складається із 5 питань, відповідно по одному питанню із кожного розділу.

За дистанційної форми навчання ЗКР представляє собою тестові завдання у GoogleForm, що знаходяться у дистанційному класі. На проведення залікової контрольної роботи виділяється 2 академічні години часу.

Сумарна максимальна оцінка складає 100 балів.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *студенти можуть отримати 10 балів за сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою дисципліни.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом, к. т. н., доцентом, Бірюкович Ліною Олегівною

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 21 від 8 липня 22 р.)

Погоджено Методичною комісією ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 10/22 від 10 липня 2022 р.)

ДОДАТОК А

**Питання для тематичної контрольної роботи № 1
з розділу «Загальні питання металургії кольорових металів»**

1. *Класифікація руд в залежності від присутніх металовмісних компонентів.*
2. *Класифікація руд за кількістю присутніх компонентів.*
3. *Металургія як галузь промисловості і область науки.*
4. *Основна кінцева мета металургійного виробництва та прийоми, за допомогою яких вона реалізується.*
5. *На які дві великі групи поділяються метали? Дати визначення.*
6. *Які процеси відносяться до пірометалургійним?*
7. *Які процеси відносяться до гідрометалургійним?*
8. *Види відпалів.*
9. *Види рудних плавок.*
10. *Види рафінувальних плавок.*
11. *Види гідрометалургійних процесів.*
12. *Шлаки рудних і руднотермічних плавок.*
13. *Класифікація металургійних газів.*
14. *Основні продукти процесів збагачення.*
15. *Дати визначення процесу збагачення і перелічити основні види.*
16. *З яких операцій складається процес збагачення?*
17. *Дати визначення процесу збагачення і перелічити основні види.*
18. *Класифікація металургійних пилів.*

**Питання для тематичної контрольної роботи №2
з розділу «Металургія тугоплавких металів»**

1. Титан, його властивості та застосування. Сировина для отримання титану та способи її переробки.
2. Виробництво тетрахлориду титана.
3. Металотермічне відновлення титану.
4. Відновлення діоксиду титану.
5. Рафінування титану.
6. Цинк, його властивості, застосування, сировина та способи отримання цинку.
7. Відпал цинкових концентратів.
8. Вилуговування відпалених цинкових концентратів.
9. Електролітичне осадження цинку з цинкових розчинів.
10. Свинець, його властивості, застосування, сировина та способи отримання свинцю.
11. Підготовка шихти для шахтної плавки свинцевого агломерату.
12. Шахтна плавка свинцевого агломерату.
13. Способи рафінування чорного свинцю. Пірометалургійний спосіб видалення міді, телуру, миш'яку, сурми та олова.
14. Способи рафінування чорного свинцю. Пірометалургійний спосіб видалення срібла, цинку, якісне рафінування.
15. Способи рафінування чорного свинцю. Гідрометалургійний метод рафінування свинцю.
16. Нікель, його властивості, застосування, сировина та способи отримання германію.
17. Сучасний стан металургії германію з окислених та сульфідних руд.
18. Відновно-сульфідуюча плавка окислених нікелевих руд.
19. Конвертування нікелевих штейнів відновно-сульфідуючої плавки окислених нікелевих руд.
20. Переробка нікелевих файнштейнів отриманих з окислених нікелевих руд на вогняний нікель.
21. Руднотермічна плавка сульфідних мідно-нікелевих руд.
22. Методи розділення германію та міді мідно-нікелевих файнштейнів. Отримання чорного германію з багатих нікелевих концентратів.
23. Електролітичне рафінування германію.
24. Мідь, її властивості, застосування, сировина та способи отримання міді.
25. Способи збагачення сульфідних мідних руд. Окислювальний відпал мідних концентратів у киплячому шарі.
26. Шахтна плавка мідних концентратів.
27. Плавка у відбивних та електричних печах сирих мідних концентратів.
28. Плавка у відбивних та електричних печах відпалених мідних концентратів.
29. Конвертування мідних штейнів.
30. Рафінування чорної міді.
31. Цинк, його властивості, застосування, сировина та способи отримання цинку.
32. Відпал цинкових концентратів.
33. Вилуговування відпалених цинкових концентратів.
34. Електролітичне осадження цинку з цинкових розчинів.
35. Свинець, його властивості, застосування, сировина та способи отримання свинцю.
36. Підготовка шихти для шахтної плавки свинцевого агломерату.
37. Шахтна плавка свинцевого агломерату.

38. Способи рафінування чорного свинцю. Пірометалургійний спосіб видалення міді, телуру, миш'яку, сурми та олова.
39. Способи рафінування чорного свинцю. Пірометалургійний спосіб видалення срібла, цинку, якісне рафінування.
40. Способи рафінування чорного свинцю. Гідрометалургійний метод рафінування свинцю.
41. Нікель, його властивості, застосування, сировина та способи отримання германію.
42. Сучасний стан металургії германію з окислених та сульфідних руд.
43. Відновно-сульфідуюча плавка окислених нікелевих руд.
44. Конвертування нікелевих штейнів відновно-сульфідуючої плавки окислених нікелевих руд.
45. Переробка нікелевих файнштейнів отриманих з окислених нікелевих руд на вогняний нікель.
46. Руднотермічна плавка сульфідних мідно-нікелевих руд.
47. Методи розділення германію та міді мідно-нікелевих файнштейнів. Отримання чорного германію з багатих нікелевих концентратів.
48. Електролітичне рафінування германію.
49. Мідь, її властивості, застосування, сировина та способи отримання міді.
50. Способи збагачення сульфідних мідних руд. Окислювальний відпал мідних концентратів у киплячому шарі.
51. Шахтна плавка мідних концентратів.
52. Плавка у відбивних та електричних печах сирих мідних концентратів.
53. Плавка у відбивних та електричних печах відпалених мідних концентратів.
54. Конвертування мідних штейнів.
55. Рафінування чорної міді.

**Питання для тематичної контрольної роботи №3
з розділу «Металургія розсіяних і легких металів»**

1. *Алюміній, його властивості та застосування. Сировина для отримання алюмінію та способи її переробки.*
2. *Методи отримання глинозему. Виробництво глинозему методом Байєра.*
3. *Методи отримання глинозему. Виробництво глинозему методом спікання.*
4. *Електроліз криоліт-глиноземного розплаву.*
5. *Рафінування алюмінію.*
6. *Магній, його властивості та застосування. Сировина для отримання магнію та способи її переробки.*
7. *Отримання безводного хлориду мангню.*
8. *Електролітичне отримання магнію.*
9. *Термічні способи отримання магнію.*
10. *Рафінування магнію.*
11. *Титан, його властивості та застосування. Сировина для отримання титану та способи її переробки.*
12. *Виробництво тетрахлориду титана.*
13. *Металотермічне відновлення титану.*
14. *Відновлення діоксиду титану.*
15. *Рафінування титану.*