



МЕТАЛУРГІЯ РІДКІСНИХ МЕТАЛІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	132 Матеріалознавство
Освітня програма	Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	З курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити/120 годин: 54 години лекційних занять, 18 годин лабораторних занять і 48 годин СРС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/МКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
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	https://classroom.google.com/u/1/c/MjMzMdC5NDMxODU0

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 – 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 і включає 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 методи і прийоми, що застосовуються у технологіях отримання рідкісних металів як з первинної, так і з вторинної сировини, що актуально із огляду на малу розповсюдженість цих металів у земній корі, їх високу вартість і попит, що зростає з кожним роком. Через складність рудної сировини особлива увага буде приділена

Металургія рідкісних металів

процесам збагачення. Докладно будуть розглянуті технології отримання металів, що є основними представниками підгруп групи рідкісних металів промислової класифікації і продуктом кольорової металургії України – тугоплавкі (титан, вольфрам, молібден, ніобій, тантал), розсіяні (реній, германій), легкі (літій), рідкісноземельні (скандій, лантан), радіоактивні (уран) починаючи від властивостей металів і особливостей 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 54 години лекційних занять, 18 годин лабораторних занять і 48 годин СРС.

Метою дисципліни таких формування таких фахових компетентностей як:

є підсилення формування у студентів фахових компетентностей спеціальності таких як:

- Здатність застосовувати кращі світові практики та стандарти діяльності у металургії рідкісних металів.
- Здатність реалізовувати концепції ощадливого виробництва та впровадження ресурсозберігаючих технологій.

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

Програмні результати навчання:

- Знання кращих світових практик та застосування їх у металургійній галузі України.
- Розуміння питань впровадження технологій, які дозволяють зберігати природні ресурси.

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.
- Кристалографія, кристалохімія та мінералогія

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

- Технології виробництва порошкових, композиційних та наодисперсних матеріалів
- Корозія та захист металів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Організація очного/дистанційного навчання.

Розділ 1. Загальні питання металургії рідкісних металів.

Тема 1.1. Основні поняття металургії рідкісних металів.

Тема 1.2. Особливості сировинної бази та методи збагачення руд.

Тема 1.3. Основні процеси в металургії рідкісних металів.

Розділ 2. Металургія тугоплавких металів.

Тема 2.1. Металургія титану

Тема 2.2. Металургія вольфраму.

Тема 2.3. Металургія молібдену.

Тема 2.4. Металургія ніобію і танталу.

Тема 2.5. Металургія цирконію.

Металургія рідкісних металів

Розділ 3. Металургія розсіяних металів.

Тема 3.1. Металургія ренію.

Тема 3.2. Металургія германію.

Розділ 4. Металургія легих металів.

Тема 4.1. Металургія літію.

Розділ 5. Металургія рідкісноземельних та радіоактивних металів.

Тема 5.1. Металургія рідкісноземельних металів.

Тема 5.2. Металургія радіоактивних.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові:

1. Металургія рідкісних металів [Електронний ресурс]: підручник / І. Ф. Червоний, І. В. Пітак, О. І. Пономаренко [та ін.]. – Харків: «Друкарня Мадрид», 2019. – 162 с. – Режим доступу: <https://drive.google.com/file/d/11PZcj4dZvqI7GkHsz2a8J0eId3zq2CyK/view>.

2. 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/MjMzMdC5NDMxODYy>.

3. Металургія кольорових металів [Електронний ресурс]: підручник / В. І. Пожуєв, В. І. Іващенко, І. Ф. Червоний, В. П. Грицай; під ред. Червоного І. Ф. – Частина 1: Сировинні ресурси і виробництво. – Запоріжжя: ЗДІА, 2007. – 351 с. – Режим доступу: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2021/Chervonii_P1_2008_351.pdf.

4. Металургія кольорових металів [Текст]: підручник / В. О. Смирнов, В. М. Бредихін, М. О. Маняк, В. І. Пожуєв, І. Ф. Червоний, В. П. Грицай; під ред. Червоного І. Ф. – Частина 2: Збагачення руд кольорових металів. – Запоріжжя: ЗДІА, 2007. – 317 с.

5. Самилін В. Спеціальні методи збагачення корисних копалин [Електронний ресурс]: курс лекцій / Валерій Самилін, Володимир Білецький. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2003. – 116 с. – Режим доступу: https://drive.google.com/file/d/1phTDyPbe4s_Dvy-SJqco7FolNSbeflGN/view.

6. 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.

7. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Металургія рідкісних металів” / уклад.: Л. О. Бірюкович.

Додаткові:

1. Металургія рідкісних металів [Текст]: монографія / І. Ф. Червоний, А. М. Верховлюк, І. В. Пітак, О. В. Іващенко. – Düsseldorf: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG., 2020. – 156 с. – ISBN 978-620-3-19882-9.
2. Куцова В. З. Спеціальні сплави, РЗМ та благородні метали [Текст]: навчальний посібник / В. З. Куцова, О. А. Носко, М. А. Ковзель. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2007. – 163 с.
3. Металлургия редких металлов [Текст]: учеб. для вузов / А. Н. Зеликман, Б. Г. Коршунов. – 2-е изд, перераб. и доп. – Москва: Металлургия, 1991. – 432 с.

4. *Краткая химическая энциклопедия : в 5 томах / отв. ред. И. Л. Кнунянц. – Москва : Советская энциклопедия, 1963.*
5. *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 рідкісних металів.

Тема 1.1. Основні поняття металургії рідкісних металів.

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

Заняття 2. Ресурси рідкісних металів України.

Предмет і зміст курсу “Металургія рідкісних металів”. Задачі курсу, специфіка його вивчення і зв'язок з природничими та технічними дисциплінами. Роль рідкісних металів у розвитку енергетики, аерокосмічної техніки, транспорту, радіоелектроніки тощо. Ресурси рідкісних металів України. Місце рідкісних металів у класифікації кольорових металів, їх загальні властивості. Металургійне паливо, його класифікація і основні властивості.

Заняття 3. Продовження. Ресурси рідкісних металів України.

Предмет і зміст курсу “Металургія рідкісних металів”. Задачі курсу, специфіка його вивчення і зв'язок з природничими та технічними дисциплінами. Роль рідкісних металів у розвитку енергетики, аерокосмічної техніки, транспорту, радіоелектроніки тощо. Ресурси рідкісних металів України. Місце рідкісних металів у класифікації кольорових металів, їх загальні властивості. Металургійне паливо, його класифікація і основні властивості.

Тема 1.2. Особливості сировинної бази, методи та обладнання для збагачення руд

Заняття 4. Руди і концентрати, їх класифікація, вторинна сировина для одержання рідкісних металів. Процеси розкриття і збагачення руд. Підготовка руд рідкісних металів до збагачення. Усереднення та шихтування руд. Дроблення та подрібнення руд. Промивання. Попередня концентрація руд. Основні процеси збагачення, їх класифікації та коротка характеристика. Підготовка пульпи до флотації. Класифікація мінералів за флотованістю. Флотаційні реагенти. Основне обладнання збагачувальних фабрик. Заклучні операції. Продукти збагачення. Спеціальні методи збагачення.

Заняття 5. Продовження. Руди і концентрати, їх класифікація, вторинна сировина для одержання рідкісних металів. Процеси розкриття і збагачення руд. Підготовка руд рідкісних металів до збагачення. Усереднення та шихтування руд. Дроблення та подрібнення руд. Промивання. Попередня концентрація руд. Основні процеси збагачення, їх класифікації та

Металургія рідкісних металів

коротка характеристика. Підготовка пульпи до флотації. Класифікація мінералів за флотованістю. Флотаційні реагенти. Основне обладнання збагачувальних фабрик. Заклучні операції. Продукти збагачення. Спеціальні методи збагачення.

Заняття 6. Продовження. Руди і концентрати, їх класифікація, вторинна сировина для одержання рідкісних металів. Процеси розкриття і збагачення руд. Підготовка руд рідкісних металів до збагачення. Усереднення та шихтування руд. Дроблення та подрібнення руд. Промивання. Попередня концентрація руд. Основні процеси збагачення, їх класифікації та коротка характеристика. Підготовка пульпи до флотації. Класифікація мінералів за флотованістю. Флотаційні реагенти. Основне обладнання збагачувальних фабрик. Заклучні операції. Продукти збагачення. Спеціальні методи збагачення.

Тема 1.3. Основні металургійні процеси в технології рідкісних металів.

Заняття 7. Металургійні процеси та продукти.

Визначення металургійного процесу, його операції і прийоми. Класифікація і коротка характеристика основних піро- та гідрометалургійних процесів. Продукти металургійного виробництва.

Заняття 8. Продовження. Металургійні процеси та продукти.

Визначення металургійного процесу, його операції і прийоми. Класифікація і коротка характеристика основних піро- та гідрометалургійних процесів. Продукти металургійного виробництва.

Заняття 9. Тематична контрольна робота №1 (45 хв.) Загальні питання металургії рідкісних 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. Сировинна база України. 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 10. 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

Металургія рідкісних металів

застосування. Сировина для одержання титану і способи її переробки, пірометалургійна підготовка вихідної сировини, відновна плавка і її особливості. Сировинна база України. 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.

Тема 2.2. Металургія вольфраму.

Заняття 11. Металургія вольфраму.

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

Заняття 12. Продовження. Металургія вольфраму.

Загальні відомості про рідкісні метали. Загальні відомості про вольфрам, його властивості і застосування. Сировина для одержання вольфраму і методи її переробки. Сировинна база України. 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 13. Металургія молібдену.

Загальні відомості про молібден, властивості молібдену і його застосування. Сировина для одержання молібдену і способи його переробки, окислювальний випал молібденових концентратів. Сировинна база України. Виробництво чистого триоксиду молібдену методом сублімації 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 14. 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. Сировинна база України. Способи перероблення тантало-ніобієвих концентратів, перероблення 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

Металургія рідкісних металів

металургії і плавкою в дузі і в електронному промені, регенерація металевих відходів танталу і ніобію.

Заняття 15. 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. Сировинна база України. Способи переробки тантало-ніобієвих концентратів, переробка танталіта-колумбіта методом сплавлення з їдким натрієм, розкладенням плавиковою кислотою. Розділення танталу і ніобію методом дрібної 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.

Тема 2.5. Металургія цирконію.

Заняття 16. Загальні відомості про цирконій. Мінерали, руди та рудні концентрати цирконію. Сировинна база України. Продукти перероблення цирконових концентратів. Способи розкладання цирконових концентратів: розкладання циркона сплавленням з їдким натром; розкладання циркона спікання з вапном; перероблення циркона спіканням з фтористим калієм; перероблення циркона відновленням вугіллям з отриманням карбіду чи карбонітриду. Виробництво чотирьох хлористого цирконію. Способи розділення гафнію і цирконію. Виробництво цирконію. Мегнійтермічний спосіб відновлення хлориду цирконію. Відновлення фтороцирконату калію натрієм. Відновлення двооксиду цирконію кальцієм і гідридом кальцію. Отримання цирконію електролізом. Спосіб термічної дисоціації. Виробництво компактного цирконію.

Заняття 17. Продовження. Загальні відомості про цирконій. Мінерали, руди та рудні концентрати цирконію. Сировинна база України. Продукти перероблення цирконових концентратів. Способи розкладання цирконових концентратів: розкладання циркона сплавленням з їдким натром; розкладання циркона спікання з вапном; перероблення циркона спіканням з фтористим калієм; перероблення циркона відновленням вугіллям з отриманням карбіду чи карбонітриду. Виробництво чотирьох хлористого цирконію. Способи розділення гафнію і цирконію. Виробництво цирконію. Мегнійтермічний спосіб відновлення хлориду цирконію. Відновлення фтороцирконату калію натрієм. Відновлення двооксиду цирконію кальцієм і гідридом кальцію. Отримання цирконію електролізом. Спосіб термічної дисоціації. Виробництво компактного цирконію.

Заняття 18. Тематична контрольна робота №2 (45 хв). Металургія тугоплавких металів.

Розділ 3. Металургія розсіяних металів.

Тема 3.1. Металургія ренію.

Металургія рідкісних металів

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

Заняття 19. Продовження. *Загальна характеристика розсіяних металів. Металургія ренію. Властивості ренію і його застосування. Сировина для одержання ренію, сучасний стан виробництва ренію. Сировинна база України. 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 20. *Металургія германію. Властивості германію і його застосування. Сировина для одержання германію, сучасний стан виробництва германію. Сировинна база України. Способи вилучення германію із різних видів сировини. Отримання германієвих концентратів. Виробництво діоксида германія високої чистоти. Отримання германію. Методи очищення германію. Отримання монокристалів германію.*

Заняття 21. Продовження. *Металургія германію. Властивості германію і його застосування. Сировина для одержання германію, сучасний стан виробництва германію. Сировинна база України. Способи вилучення германію із різних видів сировини. Отримання германієвих концентратів. Виробництво діоксида германія високої чистоти. Отримання германію. Методи очищення германію. Отримання монокристалів германію.*

Розділ 4. Металургія легких металів

Тема 4.1. Металургія літію.

Заняття 22. *Металургія літію. Загальні відомості про літій. Властивості літію і його застосування. Сировинна база України. Технології отримання сполук літію з рудних концентратів. Технологія виробництва літію. Отримання літію переробкою вторинної сировини.*

Заняття 23. Продовження. *Металургія літію. Загальні відомості про літій. Властивості літію і його застосування. Сировинна база України. Технології отримання сполук літію з рудних концентратів. Технологія виробництва літію. Отримання літію переробкою вторинної сировини.*

Розділ 5. Металургія рідкісноземельних та радіоактивних металів.

Тема 5.1. Металургія рідкісноземельних металів.

Заняття 24. *Загальні відомості про рідкісноземельні метали. Области їх застосування. Особливості технології отримання чистих рідкісноземельних металів. Сировинні джерела. Перероблення монацитових концентратів. Розділення рідкісноземельних елементів та контроль чистоти сполук рідкісноземельних елементів. Отримання рідкісноземельних металів: вихідні сполуки для виробництва металів; матеріали для плавлення рідкісноземельних металів; електролітичне одержання; металотермічні способи одержання рідкісноземельних металів.*

Металургія рідкісних металів

Заняття 25. Продовження. Загальні відомості про рідкісноземельні метали. Області їх застосування. Особливості технології отримання чистих рідкісноземельних металів. Сировинні джерела. Перероблення монацитових концентратів. Розділення рідкісноземельних елементів та контроль чистоти сполук рідкісноземельних елементів. Отримання рідкісноземельних металів: вихідні сполуки для виробництва металів; матеріали для плавлення рідкісноземельних металів; електролітичне одержання; металотермічні способи одержання рідкісноземельних металів.

Тема 5.2. Металургія радіоактивних металів.

Заняття 26. Загальні відомості про радіоактивних метали. Області їх застосування. Особливості технології отримання чистих радіоактивних металів металів. Властивості урану і області його застосування. Сировина для отримання урану. Сировинна база України. Особливості технології отримання урану.

Заняття 27. Залік.

5.2. Лабораторні заняття

Заняття 1. Лабораторна робота №1. Окисний відпал в металургії рідкісних металів.

Заняття 2. Лабораторна робота №1. Окисний відпал в металургії рідкісних металів.

Заняття 3. Лабораторна робота №2. Отримання рідкісних металів відновленням їх оксидів.

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

Заняття 5. Колоквіум.

Заняття 6. Лабораторна робота №3. Гідрометалургійні методи отримання рідкісних металів.

Заняття 7. Лабораторна робота №3. Гідрометалургійні методи отримання рідкісних металів.

Заняття 8. Лабораторна робота №4. Визначення жаростійкості рідкісних тугоплавких металів.

Заняття 9. Лабораторна робота №4. Визначення жаростійкості рідкісних тугоплавких металів.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента (48 годин.) складається з:

- підготовки до лекцій – 26 год;
- підготовки до лабораторних робіт, яка полягає у написанні протоколу та опрацювання результатів досліджень – 8 год;
- підготовки до тематичних контрольних робіт – 8 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 опановувати теоретичні знання безпосередньо на лекції, але і

Металургія рідкісних металів

задати викладачу питання, що виникають під час викладання матеріалу лекції, побачити зразки мінералів руд рідкісних 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 викладач створює групу у месенджері, назва якої складаються із номера групи і назви дисципліни, до якої 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:

$$O_{\text{семестр}} = \frac{\sum_{1-4} O_{\text{ЛР}} + \sum_{1,2} O_{\text{ТР}}}{6}.$$

8.2. Критерії нарахування балів.

Лабораторні роботи.

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 рідкісних 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 рідкісних 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.

Календарний контроль.

Металургія рідкісних металів

Календарний контроль (КК) проводиться на 7 та 13 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.

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.

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)

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

▪ Студенти можуть отримати 10 балів за сертифікати проходження дистанційних або онлайн курсів за тематикою дисципліни. 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

Металургія рідкісних металів

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 3 від 30 вересня 2025 р.)

Погоджено Методичною комісією ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 2 від 16 жовтня 2025 р.)

Питання для тематичної контрольної роботи № 1
з розділу «Загальні питання металургії рідкісних 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 випалів.
9. Види рудних плавов.
10. Види рафінувальних плавов.
11. Види гідрометалургійних процесів.
12. Шлаки рудних і руднотермічних плавов.
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. Які операції відносяться до заключних операцій збагачення?
18. У чому полягає відмінність між грубими і тонкими металургійними пилями?

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

1. У чому полягають особливості технології отримання чистих тугоплавких металів?
2. Які методи збагачення застосовують до титанових руд?
3. У чому полягає сутність відновної плавки титанових руд і у яких випадках її застосовують?
4. З якої сполуки отримують титан і, як її отримують з сировини?
5. Які методи перероблення застосовують при цьому?
6. У чому полягає сутність методу ректифікації тетрахлориду титану?
7. У чому полягає сутність методу магнійтермічного відновлення тетрахлориду титану?
8. У чому полягає сутність методу натрійтермічного відновлення тетрахлориду титану?
9. У чому полягає сутність методу відновлення діоксиду титану кальцієм?
10. У яких випадках відновлення діоксиду титану здійснюють гідридом кальцію? Поясніть сутність методу.
11. Які методи рафінування використовують для очищення титану від домішок? Охарактеризуйте їх.
12. Якими методами отримують компактний титан?
13. У чому особливості сировини для видобутку вольфраму?
14. Які методи збагачення застосовують до вольфрамітових руд?
15. Які методи збагачення застосовують до шеєлітових руд?
16. Які основні стадії перероблення вольфрамітових концентратів?
17. Які основні стадії перероблення шеєлітових концентратів?
18. З яких операцій складається перероблення вольфрамату натрію на вольфрамовий ангідрид?
19. Як проводять відновлення вольфрамового ангідриду?
20. Якими методами отримують компактний вольфрам?
21. У чому особливості сировини для видобутку молібдену?
22. Які методи збагачення використовують для молібденових руд?
23. У чому полягає мета та сутність окисного випалу молібденових концентратів?
24. Які методи використовують для отримання чистого триоксиду молібдену?
25. Якими методами отримують компактний молібден?
26. Які особливості рудної сировини для видобутку ніобію і танталу?
27. У чому особливість перероблення тантало-ніобієвих концентратів?
28. У чому особливість перероблення танталіт-колумбітового концентрату?
29. Які методи застосовують для розділення ніобію і танталу?
30. У чому полягає мета та сутність методу дробної кристалізації?
31. У чому полягає мета та сутність металотермічних методів отримання порошків танталу та ніобію?
32. У чому полягає мета та сутність методу електролізу отримання ніобію та танталу?
33. У чому полягає мета та сутність методу отримання ніобію та танталу відновленням їх хлоридів?

Металургія рідкісних металів

34. Якими методами отримують компактні ніобій та тантал?
35. У чому особливості сировини для видобутку цирконію?
36. Які методи збагачення використовують для цирконових руд?
37. У чому полягає мета та сутність методу розкладання циркона сплавленням з їдким натром?
38. У чому полягає мета та сутність методу розкладання циркона спіканням з вапном?
39. У чому полягає мета та сутність методу перероблення циркона спіканням з фтористим калієм?
40. У чому полягає мета та сутність методу перероблення циркона відновленням вугіллям з отриманням карбіду чи карбонітриду?
41. З яких операцій складається виробництво чотирьох хлористого цирконію?
42. У чому полягає сутність методів розділення цирконію та гафнію?
43. У чому полягає мета та сутність методу магнійтермічного способу відновлення хлориду цирконію?
44. У чому полягає мета та сутність методу відновлення фтороцирконату калію натрієм?
45. У чому полягає мета та сутність методу відновлення двооксиду цирконію кальцієм і гідридом кальцію?
46. У чому полягає мета та сутність методу отримання цирконію електролізом?
47. У чому полягає мета та сутність способу термічної дисоціації.
48. Якими методами отримують компактний цирконій?