



ТУГОПЛАВКІ МЕТАЛИ

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>3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити/120 годин: лекції – 54 год; лабораторні заняття – 18 год; СРС – 48 год.</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: <i>к. т. н., доцент, Бірюкович Ліна Олегівна, linabiruk@ukr.net, 0501979102</i> Лабораторні: <i>ст. викладач, Руденький Сергій Олексійович, ruserg@ukr.net, 0955705585</i>
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 вже традиційних, так і нових матеріалів, на властивості яких впливає технологія їх отримання та обробки, зростає із кожним роком. Крім заліза, хрому і марганцю, усі інші метали відносяться до кольорових, причому, більшість із них відноситься до дуже чисельної групи рідкісних металів, серед яких і знаходиться підгрупа тугоплавких металів. 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.

Застосування тугоплавких металів є одним з важливих напрямів розвитку сучасної техніки. Перш за все, це зумовлено підвищенням робочих температур енергетичних, транспортних та інших установок. Саме рівень освоєння високих температур багато в чому визначає досягнення й перспективи атомної енергетики, космічної та ракетної техніки, металургії, хімії та багатьох інших галузей.

Тугоплавкі метали

Вивчатись в дисципліні будуть як основні принципи та методи кольорової металургії, як галузі виробництва, метали та їх класифікація, основні металургійні процеси, серед яких особливу увагу приділено методам збагачення руд, так і докладно розглядатимуться технології отримання з руд кольорових металів з групи тугоплавких, починаючи від властивостей і рудної сировини і закінчуючи областями застосування чистих металів та сплавів на їх основі.

120 годин обсягу дисципліни "Тугоплавкі метали" включають 54 години лекційних занять, 18 годин лабораторних занять і 48 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 "Тугоплавкі метали" – фізико-хімічні та технологічні умови отримання кольорових тугоплавких металів із рудної і вторинної сировини технічної і високої чистоти.

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 "Тугоплавкі метали":

- Фізика
- Хімія
- Фізична хімія.

Знання, що студент отримає під час вивчення дисципліни «Тугоплавкі метали» необхідні для поглибленого вивчення таких нормативних дисциплін, як:

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

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Організація очного/дистанційного навчання.

Розділ 1. Мінерально-сировинні ресурси України.

Тема 1.1. Сировинна база та способи збагачення руд тугоплавких металів.

Тема 1.2. Загальна характеристика металургійних процесів.

Розділ 2. Металургійні технології отримання тугоплавких металів з первинної та вторинної сировини.

Тема 2.1. Металургійні технології отримання титану

Тема 2.2. Металургійні технології отримання вольфраму.

Тугоплавкі метали

Тема 2.3. Металургійні технології отримання молібдену.

Тема 2.4. Металургійні технології отримання ніобію та танталу.

Тема 2.5. Металургійні технології отримання цирконію.

Тема 2.6. Металургійні технології отримання ванадію.

Тема 2.5. Металургійні технології отримання тугоплавких платиноїдів.

Розділ 3. Технології отримання тугоплавких металів високої чистоти.

Тема 3.1. Технологія отримання чистого титану.

Тема 3.2. Технологія отримання чистого вольфраму і молібдену.

Тема 3.3. Технологія отримання чистого ніобію і танталу.

Тема 3.4. Технологія отримання чистого цирконію.

Тема 3.5. Технологія отримання чистого ванадію.

Тема 3.6. Технологія отримання чистих тугоплавких платиноїдів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові:

1. 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, 2008. – 351 с. – Режим доступу: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2021/Chervonii_P1_2008_351.pdf.

2. Металургія кольорових металів [Текст] : підручник / В. О. Смирнов, В. М. Бредіхін, М. О. Маняк [та ін.] ; під ред. Червоного І. Ф. – Частина 2. Збагачення руд кольорових металів. – Запоріжжя : ЗДІА, 2007. – 317 с.

3. Самилін Валерій. Спеціальні методи збагачення корисних копалин. Курс лекцій : [навч. посібник] / Валерій Смалін, Володимир Білецький. – Донецьк : Східний видавничий дім, 2003. – 116 с.

4. Металургія кольорових металів [Текст] : підручник / М. О. Маняк, В. М. Бредіхін, М. В. Гольцова [та ін.] ; під ред. Червоного І. Ф. – Частина 4. Металургія благородних металів. – Запоріжжя : ЗДІА, 2009. – 546 с.

5. Металургія кольорових металів [Текст] : підручник / Бредіхін В. М., Маняк М. О., Смирнов В. О. [та ін.] ; під ред. Червоного І. Ф. – Частина 7. Вторинна металургія кольорових металів. – Запоріжжя : ЗДІА, 2009. – 452 с.

6. Тугоплавких металів [Електронний ресурс] : презентації лекцій / уклад.: Л. О. Бірюкович. – Електронні дані. – Київ, 2025. – Режим доступу : <https://classroom.google.com/u/1/w/MjMzMdc5NDMxODU0/tc/MjMzMdc5NDMxODU0>.

7. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Тугоплавкі метали” [Електронний ресурс] / уклад.: Л. О. Бірюкович. – Київ, 2025. – Режим доступу : <https://classroom.google.com/u/1/w/MjMzMdc5NDMxODU0/tc/MjMzMdc5NDMxODU0>.

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

Додаткові:

9. Сивий Мирослав. Географія мінеральних ресурсів України : монографія / Мирослав Сивий, Ігор Паранько, Євген Іванов. – Львів : Простір М, 2013. – 684 с.

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

Тугоплавкі метали

11. *Металлургия редких металлов [Текст] : учеб. для вузов / А. Н. Зеликман, Б. Г. Коршунов. – 2-е изд, перераб. и доп. – Москва : Metallurgy, 1991. – 432 с.*
12. *Краткая химическая энциклопедия : в 5 томах / отв. ред. И. Л. Кнунянц. – Москва : Советская энциклопедия, 1963.*
13. *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. Мінерально-сировинні ресурси України..

Тема 1.1. Сировинна база та способи збагачення руд тугоплавких металів.

Заняття 1. Промислова класифікація металів та місце в ній тугоплавких металів. Класифікації руд. Рудна сировинна база України: руди кольорових та легуючих металів; руди благородних металів; руди рідкісних та рідкісноземельних металів. Вторинна металургійна сировина. Підготовка руд до металургійної переробки. Продукти збагачення. Основні, додаткові та спеціальні методи збагачення руд тугоплавких металів.

Заняття 2. Продовження. Основні принципи та методи галузі. Метали та їх класифікація. Предмет і зміст курсу “Металургія тугоплавких металів”. 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 “Металургія тугоплавких металів”. 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.

Тугоплавкі метали

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

Заняття 5. Продовження. 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.

Тема 1.3. Методи збагачення

Заняття 6. Процеси розкриття і збагачення руд. Підготовчі операції. Заклучні операції. Основні процеси збагачення, їх класифікації та коротка характеристика. Продукти збагачення. Спеціальні методи збагачення.

Заняття 7. Продовження. Процеси розкриття і збагачення руд. Підготовчі операції. Заклучні операції. Основні процеси збагачення, їх класифікації та коротка характеристика. Продукти збагачення. Спеціальні методи збагачення.

Заняття 8. Тематична контрольна робота №1 (30 хв.) Загальні питання металургії кольорових металів.

Розділ 2. Металургія важких металів.

Тема 2.1. Металургія міді

Загальні відомості про мідь, властивості міді та її застосування. Характеристика сировини для одержання міді, збагачення мідних руд методом флотації, механізм флотації і апаратурна схема методу флотації. Окисний впал сульфідної сировини, його механізм. Суть методу відпалювання в киплячому шарі та схема його механізму. Плавка на штейн у відбивних печах, продукти методу відбивної плавки. Плавка на штейн в шахтних печах. Конвертування мідних штейнів і його механізм. Вогневе рафінування міді та електролітичне рафінування міді. Сплави міді, латуні двохкомпонентні і багатоконпонентні, бронзи олов'яні, безолов'яні, міднонікелеві сплави.

Заняття 9. Продовження. Металургія міді.

Загальні відомості про мідь, властивості міді та її застосування. Характеристика сировини для одержання міді, збагачення мідних руд методом флотації, механізм флотації і апаратурна схема методу флотації. Окисний впал сульфідної сировини, його механізм. Суть методу відпалювання в киплячому шарі та схема його механізму. Плавка на штейн у відбивних печах, продукти методу відбивної плавки. Плавка на штейн в шахтних печах. Конвертування мідних штейнів і його механізм. Вогневе рафінування міді та електролітичне рафінування міді. Сплави міді, латуні двохкомпонентні і багатоконпонентні, бронзи олов'яні, безолов'яні, міднонікелеві сплави.

Тема 2.2. Металургія нікелю.

Заняття 10. Властивості нікелю і його застосування. Сировина для одержання нікелю, сучасний стан виробництва нікелю. Одержання вогневого нікелю із оксидних руд. Плавка та штейн,

Тугоплавкі метали

шахтна плавка, її основні процеси і механізм. Конвертування нікелевих штейнів, переробка нікелевого фінштейна на вогневий нікель, механізм окисного відпалювання фінштейна. Відновна електроплавка оксиду нікелю і її основні операції. Одержання нікелю ізсульфідно-нікелевих руд. Руднотермічна плавка, особливості механізму руднотермічної плавки. Конвертування мідно-нікелевих штейнів, розділення міді і нікелю флотаційним і карбонільним методами. Електролітичне рафінування нікелю, умови рафінування, роль борної кислоти, як буферної добавки електроліту. Роль катодних діафрагм, очищення аноліту від заліза, міді і кобальту. Сплави нікелю з хромом /ніхром/ і з міддю /гюнель/, їх застосування.

Тема 2.3. Металургія цинку.

Заняття 11. Властивості цинку та його сплави. Сировина для отримання цинку та способи його переробки. Випал цинкових концентратів. Вилуговування випалених цинкових концентратів. Електролітичне осадження цинку з розчину.

Заняття 12. Тематична контрольна робота №2 (30 хв.). Металургія важких металів.

Розділ 3. Металургія легких металів.

Тема 3.1. Металургія алюмінію.

Металургія алюмінію. Роль алюмінію у суспільному виробництві. Фізичні і фізико-хімічні властивості алюмінію, його електрохімічна особливість. Хімічні властивості алюмінію. Сировина для одержання алюмінію і способи її переробки, технологічна схема переробки алюмінієвих руд. Виробництво глинозему за способом Байера і способом спікання. Одержання алюмінію електролізом криоліто-глиноземних розплавів. Рафінування алюмінію. Застосування алюмінію, алюмінієві сплави, деформовані алюмінієві сплави, зміцнені і незміцнені алюмінієві сплави, литі алюмінієві сплави, їх застосування.

Заняття 13. Продовження. Металургія алюмінію. Роль алюмінію у суспільному виробництві. Фізичні і фізико-хімічні властивості алюмінію, його електрохімічна особливість. Хімічні властивості алюмінію. Сировина для одержання алюмінію і способи її переробки, технологічна схема переробки алюмінієвих руд. Виробництво глинозему за способом Байера і способом спікання. Одержання алюмінію електролізом криоліто-глиноземних розплавів. Рафінування алюмінію. Застосування алюмінію, алюмінієві сплави, деформовані алюмінієві сплави, зміцнені і незміцнені алюмінієві сплави, литі алюмінієві сплави, їх застосування.

Тема 3.2. Металургія титану

Заняття 14. 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.

Тугоплавкі метали

Заняття 15. Продовження. 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 16. Тематична контрольна робота №3. Металургія легких металів.

Розділ 4. Металургія благородних металів.

Тема 4.1. Металургія золота.

Металургія золота. Загальні відомості про благородні метали. Властивості золота, сировина для одержання золота і способи її переробки – гравітаційне збагачення, амальгамний метод і метод ціанування. Осадження золота із ціаністих розчинів. Афінаж благородних металів, сплави золота і їх застосування.

Заняття 17. Продовження. Металургія золота. Загальні відомості про благородні метали. Властивості золота, сировина для одержання золота і способи її переробки – гравітаційне збагачення, амальгамний метод і метод ціанування. Осадження золота із ціаністих розчинів. Афінаж благородних металів, сплави золота і їх застосування.

Розділ 5. Металургія тугоплавких металів.

Тема 5.1. Металургія вольфраму.

Заняття 18. Загальні відомості про тугоплавкі метали. Їх властивості та області застосування. Особливості технології отримання чистих тугоплавких металів. 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 19. Продовження. Загальні відомості про тугоплавкі метали. Їх властивості та області застосування. Особливості технології отримання чистих тугоплавких металів. 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 5.2. Металургія молібдену.

Заняття 20. 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

Тугоплавкі метали

гідрометалургійним методом. Виробництво металевого молібдену, апаратурне оформлення процесу відновлення MoO_3 . Виробництво компактного ковного молібдену методом порошкової металургії і плавкою в електродугових печах.

Заняття 21. Продовження. 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 сублімації і гідрометалургійним методом. Виробництво металевого молібдену, апаратурне оформлення процесу відновлення MoO_3 . Виробництво компактного ковного молібдену методом порошкової металургії і плавкою в електродугових печах.

Тема 5.3. Металургія ніобію і танталу.

Заняття 22. 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 23. 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 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.

Тема 5.4. Металургія цирконію.

Заняття 24. Основні відомості про цирконій. Сировина для отримання цирконію: мінерали, руди та рудні концентрати. Продукти переробки цирконієвих концентратів. Способи розкладання цирконієвих концентратів. Розкладання циркона сплавленням із їдким натром. Розкладання циркона спіканням з вапном. Виділення цирконію із солянокислих та сірчанокислих розчинів. Переробка циркона спіканням з фторосилікатом калію. Отримання циркона відновленням вугіллям з отриманням карбіта або карбонітрида. Виробництво чотирехлористого цирконію. Способи розділення цирконію і гафнію. Виробництво цирконію. Магнійтермічних способів відновлення хлориду цирконію. Відновлення фтороциконату калію натрієм. Відновлення

Тугоплавкі метали

двоокиса цирконія кальцієм і гідридом кальцію. Отримання цирконію електролізом. Спосіб термічної дисоціації (йодидний спосіб). Виробництво компактного цирконію.

Заняття 25. Продовження. Основні відомості про цирконій. Сировина для отримання цирконію: мінерали, руди та рудні концентрати. Продукти переробки цирконієвих концентратів. Способи розкладання цирконієвих концентратів. Розкладання циркона сплавленням із їдким натром. Розкладання циркона спіканням з вапном. Виділення цирконію із солянокислих та сірчанокислих розчинів. Переробка циркона спіканням з фторосилікатом калію. Отримання циркона відновленням вугіллям з отриманням карбіта або карбонітрида. Виробництво чотирихлористого цирконію. Способи розділення цирконію і гафнію. Виробництво цирконію. Магнійтермічний спосіб відновлення хлориду цирконію. Відновлення фтороциконату калію натрієм. Відновлення двоокиса цирконія кальцієм і гідридом кальцію. Отримання цирконію електролізом. Спосіб термічної дисоціації (йодидний спосіб). Виробництво компактного цирконію.

Заняття 26. Продовження. Основні відомості про цирконій. Сировина для отримання цирконію: мінерали, руди та рудні концентрати. Продукти переробки цирконієвих концентратів. Способи розкладання цирконієвих концентратів. Розкладання циркона сплавленням із їдким натром. Розкладання циркона спіканням з вапном. Виділення цирконію із солянокислих та сірчанокислих розчинів. Переробка циркона спіканням з фторосилікатом калію. Отримання циркона відновленням вугіллям з отриманням карбіта або карбонітрида. Виробництво чотирихлористого цирконію. Способи розділення цирконію і гафнію. Виробництво цирконію. Магнійтермічний спосіб відновлення хлориду цирконію. Відновлення фтороциконату калію натрієм. Відновлення двоокиса цирконія кальцієм і гідридом кальцію. Отримання цирконію електролізом. Спосіб термічної дисоціації (йодидний спосіб). Виробництво компактного цирконію.

Заняття 27. 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 випал сульфідних молібденових руд.

Заняття 3. Лабораторна робота №1. Окисний випал сульфідних молібденових руд.

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

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

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

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

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

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

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента (48 годин.) складається з:

- підготовки до лекцій – 22 год;
- підготовки до лабораторних робіт, яка полягає у написанні протоколу – 8 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 безпосередньо на лекції, але і 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 тугоплавких 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.

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 дослідження. Упродовж 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 дослідження 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;
- несаможнійна робота на лабораторному занятті – 5 балів.

Тематичні контрольні роботи.

Тугоплавкі метали

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 важких 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 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
Мах-мін 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
Мах-мін 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.

Тугоплавкі метали

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.

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.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *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 № 17 від 22 червня 2024 р.)

Погоджено Методичною комісією ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 12/24 від 28 червня 2024 р.)

**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 випалів.
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 важких металів»**

1. *Цинк, його властивості, застосування, сировина та способи отримання цинку.*
2. *Випал цинкових концентратів.*
3. *Вилуговування випалених цинкових концентратів.*
4. *Електролітичне осадження цинку з цинкових розчинів.*
5. *Свинець, його властивості, застосування, сировина та способи отримання свинцю.*
6. *Підготовка шихти для шахтної плавки свинцевого агломерату.*
7. *Шахтна плавка свинцевого агломерату.*
8. *Способи рафінування чорного свинцю. Пірометалургійний спосіб видалення міді, телуру, миш'яку, сурми та олова.*
9. *Способи рафінування чорного свинцю. Пірометалургійний спосіб видалення срібла, цинку, якісне рафінування.*
10. *Способи рафінування чорного свинцю. Гідрометалургійний метод рафінування свинцю.*
11. *Нікель, його властивості, застосування, сировина та способи отримання нікелю.*
12. *Сучасний стан металургії нікелю з окислених та сульфідних руд.*
13. *Відновно-сульфідуюча плавка окислених нікелевих руд.*
14. *Конвертування нікелевих штейнів відновно-сульфідуючої плавки окислених нікелевих руд.*
15. *Переробка нікелевих файнштейнів отриманих з окислених нікелевих руд на вогняний нікель.*
16. *Руднотермічна плавка сульфідних мідно-нікелевих руд.*
17. *Методи розділення нікелю та міді мідно-нікелевих файнштейнів. Отримання чорного нікелю з багатих нікелевих концентратів.*
18. *Електролітичне рафінування нікелю.*
19. *Мідь, її властивості, застосування, сировина та способи отримання міді.*
20. *Способи збагачення сульфідних мідних руд. Окисний випал мідних концентратів у киплячому шарі.*
21. *Шахтна плавка мідних концентратів.*
22. *Плавка у відбивних та електричних печах сирих мідних концентратів.*
23. *Плавка у відбивних та електричних печах випалених мідних концентратів.*
24. *Конвертування мідних штейнів.*
25. *Рафінування чорної міді.*

**Питання для тематичної контрольної роботи №3
з розділу «Металургія 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. *Титан, його властивості та застосування. Сировина для отримання титану та способи її переробки.*
7. *Виробництво тетрахлориду титана.*
8. *Металотермічне відновлення титану.*
9. *Відновлення діоксиду титану.*
10. *Рафінування титану.*