



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: к. т. н., доцент, Бірюкович Ліна Олегівна, linabiruk@ukr.net , 0501979102 Лабораторні: ст. викладач, Руденький Сергій Олексійович, ruserg@ukr.net , 0955705585
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/u/1/c/MjMzMdDc5NDMxODU0</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, хрома і марганця, 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 і металургійні процеси кольорової металургії.

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 та гафнію.

Тема 2.6. Металургійні технології отримання ванадію.

Тема 2.7. 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 та гафнію.

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 Смілін, 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.

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 і металургійні процеси кольорової металургії.

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

Заняття 1. Предмет і зміст курсу “Металургія тугоплавких металів”. Задачі курсу, специфіка його вивчення і зв'язок з природничими та технічними дисциплінами. 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. Процеси розкриття і збагачення руд. Підготовчі операції. Продукти збагачання. Основні, додаткові та спеціальні методи збагачення руд тугоплавких металів. Допоміжні матеріали металургійного виробництва.

Заняття 2. Продовження. Предмет і зміст курсу “Металургія тугоплавких металів”. Задачі курсу, специфіка його вивчення і зв'язок з природничими та технічними дисциплінами. 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. Процеси розкриття і збагачення руд. Підготовчі операції. Продукти збагачання. Основні, додаткові та спеціальні методи збагачення руд тугоплавких металів. Допоміжні матеріали металургійного виробництва.

Заняття 3. Продовження. Предмет і зміст курсу “Металургія тугоплавких металів”. Задачі курсу, специфіка його вивчення і зв'язок з природничими та технічними дисциплінами. 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. Процеси розкриття і збагачення руд. Підготовчі операції. Продукти збагачання. Основні, додаткові та спеціальні методи збагачення руд тугоплавких металів. Допоміжні матеріали металургійного виробництва.

Тема 1.2. Загальна характеристика металургійних процесів.

Тугоплавкі метали

Заняття 4. Основні процеси в технології тугоплавких кольорових металів.

Операції і прийоми металургійних технологій. Класифікація і коротка характеристика основних піро- та гідрометалургійних процесів. Продукти металургійного виробництва.

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

Операції і прийоми металургійних технологій. Класифікація і коротка характеристика основних піро- та гідрометалургійних процесів. Продукти металургійного виробництва.

Заняття 6. Тематична контрольна робота №1 (30 хв.) Мінерально-сировинні ресурси і металургійні процеси кольорової металургії.

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

Тема 2.1. Металургійні технології отримання титану.

Заняття 6. 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.

Заняття 7. 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.

Тема 2.2. Металургійні технології отримання вольфраму.

Заняття 8. 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 9. 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 2.3. Металургійні технології отримання молібдену.

Заняття 10. 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 .

Заняття 11. 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 .

Тема 2.4. Металургійні технології отримання ніобію та 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 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.

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 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.

Заняття 14. Тематична контрольна робота №2 (30 хв.). Металургійні технології отримання вольфраму, молібдену, ніобію та танталу.

Тема 2.5. Металургійні технології отримання цирконію та гафнію.

Основні відомості про цирконій та гафній. Сировина для отримання цирконію та гафнію: мінерали, руди та рудні концентрати. Продукти переробки цирконових концентратів. Способи розкладання цирконових концентратів. Розкладання циркона сплавленням із їдким натром. Розкладання циркона спіканням з вапном. Виділення цирконію із солянокислих та сірчанокислих

Тугоплавкі метали

розчинів. Переробка циркона спіканням з фторосилікатом калію. Отримання циркона відновленням вугіллям з отриманням карбіта або карбонітрида. Виробництво чотирихлористого цирконію. Способи розділення цирконію і гафнію: фракційна кристалізація комплексних фторидів; екстракційне розділення; методи іонного обміну; ректифікація; вибіркоче відновлення хлоридів. Виробництво цирконію. Магнійтермічних способів 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 15. Продовження. Основні відомості про цирконій та гафній. Сировина для отримання цирконію та гафнію: мінерали, руди та рудні концентрати. Продукти переробки цирконових концентратів. Способи розкладання цирконових 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: фракційна кристалізація комплексних фторидів; екстракційне розділення; методи іонного обміну; ректифікація; вибіркоче відновлення хлоридів. Виробництво цирконію. Магнійтермічних способів 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 16. Продовження. Основні відомості про цирконій та гафній. Сировина для отримання цирконію та гафнію: мінерали, руди та рудні концентрати. Продукти переробки цирконових концентратів. Способи розкладання цирконових 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: фракційна кристалізація комплексних фторидів; екстракційне розділення; методи іонного обміну; ректифікація; вибіркоче відновлення хлоридів. Виробництво цирконію. Магнійтермічних способів 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.

Тема 2.6. Металургійні технології отримання ванадію.

Заняття 17. Основні відомості про ванадій: властивості, області застосування ванадію та його сполук. Сировина для отримання ванадію: мінерали, руди та рудні концентрати. Отримання ванадієвого шлаку під час конверторної переробки природно легованих ванадієвих чавунів. Виробництво сполук ванадію. Технологія отримання оксиду ванадію. Технологія

Тугоплавкі метали

отримання хлориду ванадію. Методи отримання ванадію з його оксиду і хлориду. Переробка на ферованандій.

Тема 2.7. Металургійні технології отримання тугоплавких платиноїдів.

Заняття 18. Загальні відомості про благородні метали: золото, срібло, метали платинової групи. Валютна функція благородних металів. Застосування благородних металів в техніці: золото, срібло, метали платинової групи. Властивості металів платинової групи. Сплави металів платинової групи: паладієві сплави, родієві сплави, ірідієві сплави, осмієві сплави, сплави платини і паладію. Хімічні властивості металів платинової групи.

Заняття 19. Металургія металів платинової групи. Витягування платинових металів з розсипів. Технологічні схеми переробки мідно-нікелевих руд. Переробка шламів. Застосування рідинної екстракції. Підготовчі і збагачувальні операції. Переробка концентратів, що містять метали платинової групи. Афінаж металів платинової групи. Нові процеси і пропозиції.

Заняття 20. Вторинні дорогоцінні метали. Класифікація відходів. Переробка вторинної сировини, що містить дорогоцінні метали. Випробування сировини. Витягування дорогоцінних металів з електронного лому. Технології переробки електронного лому з комплексним витягуванням компонентів. Дроблення і подрібнення. Сепарація: магнітна, електродинамічна, пневматична, гравітаційна. Технології переробки багатокomпонентного лому.

Заняття 21. Тематична контрольна робота №3 (30 хв.). Металургійні технології отримання цирконію, гафнію, ванадію та металів платинової групи.

Розділ 3. Технології отримання тугоплавких металів високої чистоти.

Тема 3.1. Технологія отримання чистого титану.

Властивості і області застосування чистого титану. Рафінування титану, йодидне рафінування. Отримання платичного титану. Виробництво компактного титану плавкою титану і способом порошкової металургії. Сплави титану і їх застосування.

Тема 3.2. Технологія отримання чистого вольфраму і молібдену.

Заняття 22. Властивості та області застосування чистих вольфраму і молібдену. Виробництво компактного вольфраму. Виробництво компактного ковного молібдену металокерамічним способом та плавкою молібдену.

Тема 3.3. Технологія отримання чистого ніобію і танталу.

Заняття 23. Властивості та області застосування чистих ніобію і танталу. Виробництво компактних ковких ніобію і танталу. Регенерація металевих відходів танталу і ніобію.

Тема 3.4. Технологія отримання чистого цирконію та гафнію.

Заняття 24. Властивості чистого цирконію. Очищення цирконію від гафнію. Отримання чистих пластичних цирконію і гафнію.

Тема 3.5. Технологія отримання чистого ванадію.

Заняття 25. Властивості чистого ванадію. Очищення ванадію. Отримання чистого ванадію.

Тема 3.6. Технологія отримання чистих тугоплавких платиноїдів.

Заняття 26. Властивості та області застосування чистих благородних металів. Отримання чистих тугоплавких платиноїдів.

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 опановувати 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.

Тугоплавкі метали

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

За дистанційної форми навчання у сервісі WhatsApp викладач створює групу, назва якої складається 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 “Тугоплавкі метали”, 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

Тугоплавкі метали

кінці лабораторної роботи студенти отримують доступ до результатів дослідів. 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 дослідів 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;
- несамотійна робота на лабораторному занятті – 5 балів.

Тематичні контрольні роботи.

Тематична контрольна робота №1 «Мінерально-сировинні ресурси і металургійні процеси кольорової металургії». На проведення роботи відводиться 30 хв. Студенти за очної форми навчання отримують завдання, що складається із 2 теоретичних питань.

За дистанційної форми навчання студенти отримують доступ до тестового завдання GoogleForm у дистанційному класі GoogleClassRoom.

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

Тематична контрольна робота №2 «Металургійні технології отримання вольфраму, молібдену, ніобію та танталу». На проведення і перевірку роботи відводиться 30 хв. Студенти за очної форми навчання отримують завдання, що складається із 2 теоретичних питань.

За дистанційної форми навчання студенти отримують доступ до тестового завдання у GoogleClassRoom.

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

Тематична контрольна робота №3 «Металургійні технології отримання цирконію, гафнію, ванадію та металів платинової групи». На проведення і перевірку роботи відводиться 30 хв. Студенти за очної форми навчання отримують завдання, що складається із 2 теоретичних питань.

За дистанційної форми навчання студенти отримують доступ до тестового завдання у GoogleClassRoom.

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

Тугоплавкі метали

2-го КК студенту необхідно отримати мінімум по 50 балів за лабораторні роботи №2 і №3 та 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.

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)

- 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 перерахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі практичні заняття). Можливість перерахування (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 чи онлайн курсів за тематикою дисципліни.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доценткою, к. т. н., доцентою, Бірюкович Ліною Олегівною

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 17 від 26 червня 2024 р.)

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