



КОЛЬОРОВА МЕТАЛУРГІЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>G Інженерія, виробництво і будівництво</i>
Спеціальність	<i>G10 Металургія</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютеризовані технології лиття</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити/120 годин: лекції – 18 год; лабораторні заняття – 18 год; Самостійна робота студентів – 84 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., доцентка, 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/MjMzMdc5NDMxODU0</i>

Програма навчальної дисципліни

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

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

Вивчатись в дисципліні будуть основні принципи та методи кольорової металургії, як галузі виробництва, метали та їх класифікація, основні металургійні процеси, докладно розглядатимуться технології отримання з руд кольорових металів, які є основними представниками груп промислової класифікації – важких (мідь, цинк, нікель), легких (алюміній, титан), самородних (золото) починаючи від властивостей металів і рудної сировини і закінчуючи областями застосування чистих металів та сплавів на їх основі.

120 годин обсягу дисципліни “Кольорова металургія” включають 18 годин лекційних занять, 18 годин лабораторних занять і 84 годин СРС.

Кольорова металургія

Метою дисципліни є формування у студентів таких компетентностей, що поглиблюють такі фахові компетентності спеціальності як:

- Усвідомлення характеристик матеріалів, обладнання, процесів та продуктів кольорової металургії.
- Здатність обирати типові технології виробництва та обробки для отримання кольорових металів відповідної якості.

Предмет навчальної дисципліни “Кольорова металургія” – металургійні технології отримання кольорових металів з первинної і вторинної сировини.

Програмні результати навчання:

- Розуміння широкого міждисциплінарного контексту кольорової металургії.
 - Розуміння особливостей матеріалів, що застосовуються, процесів та технологій кольорової металургії.
 - Вміння обирати відповідне обладнання та методи, необхідні для металургійної переробки відповідної вихідної сировини
- 2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Дисципліни, знання з яких необхідні для вивчення дисципліни “Кольорова металургія”:

- Фізика
- Хімія

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

- Металознавство.
- Теорія металургійних процесів.
- Виробництво виливків із кольорових металів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Організація очного/дистанційного навчання.

Розділ 1. Загальні питання металургії кольорових металів.

Тема 1.1. Основні принципи та процеси кольорової металургії.

Тема 1.2. Методи збагачення.

Розділ 2. Металургія важких металів.

Тема 2.1. Металургія міді

Тема 2.2. Металургія нікелю.

Тема 2.3. Металургія цинку.

Розділ 3. Металургія легких металів.

Тема 3.1. Металургія алюмінію.

Тема 3.2. Металургія титану.

Розділ 4. Металургія благородних металів.

Тема 4.1. Металургія золота.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові:

1. Бірюкович Л. О. Кольорова металургія [Електронний ресурс]: презентації лекцій / Л. О. Бірюкович. – Електронні дані. – Київ, 2021. – Режим доступу: <https://classroom.google.com/u/1/w/MjMzMdC5NDMxODU0/tc/MjMzMdC5NDMxODYy>.

2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Кольорові метали та сплави” для студентів усіх форм навчання спеціальності 132 “Матеріалознавство” [Електронний ресурс] / уклад. : Л. О. Бірюкович. – Київ : НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”, 2017. – 54 с. – Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/19008/1/%d0%9c%d0%92_%d0%9a%d0%be%d0%bb%d1%8c%d0%be%d1%80%d0%be%d0%b2%d1%96_%d0%bc%d0%b5%d1%82%d0%b0%d0%bb%d0%b8_%d1%82%d0%b0_%d1%81%d0%bf%d0%bb%d0%b0%d0%b2%d0%b8.pdf.
3. Металургія кольорових металів [Електронний ресурс] : підручник / В. І. Пожуєв, В. І. Іващенко, І. Ф. Червоний, В. П. Грицай ; під ред. докт. техн. наук, професора Червоного І. Ф. – Ч. 1. – Запоріжжя : ЗДІА, 2007. – 351 с. – Режим доступу : http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2021/Chervonii_P1_2008_351.pdf.
4. Теоретичні основи процесів кольорової металургії [Текст] : підручник / Ігнат'єв В. С., Пожуєв В. І., Бредихін В. М. [та ін.] : за ред. Червоного І. Ф. ; Запоріж. держ. інж. акад. – Запоріжжя : ЗДІА, 2012. – 200 с.

Додаткові:

1. Уткин Н. И. Цветная металлургия (технология отрасли) / Н. И. Уткин. – Москва : Металлургия, 1990. – 448 с.
2. Краткая химическая энциклопедия : в 5 томах / отв. ред. И. Л. Кнунянц. – Москва : Советская энциклопедия, 1963.
3. Металлургия меди, никеля, кобальта / В. И. Смирнов, А. А. Цейдлер, И. Ф. Худяков, А. Н. Тихонов. – Москва : Металлургия, 1966. – 404 с.
4. Троицкий И. А. Металлургия алюминия / И. А. Троицкий, В. А. Железнов. – Москва : Металлургия, 1977. – 392 с.
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 кольорових металів.

Тема 1.1. Основні принципи та процеси кольорової металургії.

Заняття 1. Предмет і зміст курсу “Кольорова металургія”. Визначення металургії кольорових металів, як області науки та галузі промисловості. Класифікація кольорових металів, їх загальні властивості. Руди і концентрати кольорових металів, їх класифікація, вторинна сировина для одержання кольорових металів. Металургійне паливо, його класифікація і основні властивості.

Заняття 2. Основні процеси в технології кольорових металів.

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

Тема 1.2. Методи збагачення

Заняття 3. Процеси розкриття і збагачення руд. Підготовчі операції. Заклучні операції. Основні процеси збагачення, їх класифікації та коротка характеристика. Продукти збагачення. Спеціальні методи збагачення.

Розділ 2. Металургія важких металів.

Тема 2.1. Металургія міді

Заняття 4. 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.

Тема 2.2. Металургія нікелю.

Заняття 5. Металургія нікелю.

Властивості нікелю і його застосування. Сировина для одержання нікелю, сучасний стан виробництва нікелю. Одержання вогневого нікелю із окисних руд. Плавка та штейн, шахтна плавка, її основні процеси і механізм. Конвертування нікелевих штейнів, переробка нікелевого файнштейна на вогневий нікель, механізм окисного відпалювання файнштейна. 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 6. Властивості цинку та його сплави. Сировина для отримання цинку та способи його переробки. Відпал цинкових концентратів. Вилуговування відпалених цинкових концентратів. Електролітичне осадження цинку з розчину.

Розділ 3. Металургія легких металів.

Тема 3.1. Металургія алюмінію.

Заняття 7. 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 8. 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.

Розділ 4. Металургія благородних металів.

Тема 4.1. Металургія золота.

Заняття 9. 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.

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 сіркових сполук металів.

Заняття 3. Лабораторна робота №1. Окисний випал сіркових сполук металів.

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

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

Заняття 6. Модульна контрольна робота.

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

Заняття 8. Лабораторна робота №4. Отримання металів методом цементації.

Заняття 9. Залік.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента (84 годин.) складається з:

- підготовки до лекцій – 16 год;
- підготовки до лабораторних робіт, яка полягає у написанні протоколу та опрацюванні результатів досліджень – 18 год;
- опрацювання тем на самостійну підготовку – 40 год;
- підготовки до модульної контрольної роботи – 4 год;
- підготовки до заліку – 6 год.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять.

Кольорова металургія

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.

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

За дистанційної форми навчання студенти отримують індивідуальний доступ до завдання для лабораторної роботи у GoogleClassRoom "Кольорова металургія", куди ж завантажують оформлений протокол роботи для перевірки не пізніше тижня після виконання роботи. Перевірка здійснюється викладачем упродовж наступного тижня.

Перескладання модульної контрольної роботи 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 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, теми для самостійного опрацювання;
- 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:

$$O_{\text{семестр}} = \frac{\sum_{1-4} O_{\text{ЛР}} + \sum_{1-4} O_{\text{СРС}} + O_{\text{МКР}}}{9}.$$

8.2. Критерії нарахування балів.

Лабораторні роботи.

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

- номера;
- назви;

Кольорова металургія

- мети;
- теоретичних відомостей;
- порядок виконання.

За дистанційної форми навчання напередодні заняття студенти завантажують написаний від руки 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 дослідів. Упродовж тижня студенти виконують необхідні розрахунки і оформляють протокол лабораторної роботи відповідно до вимог завдання та 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.

Модульна контрольна робота.

На проведення роботи відводиться 2 академічні години. Студенти за очної форми навчання отримують завдання, що складається із 2 теоретичних питань з розділів **«Загальні питання металургії кольорових металів»** та **«Металургія важких металів»** (Додаток А).

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

Позитивна оцінка за МКР складає 60–100 балів.

Самостійна робота студентів

На самостійну роботу студентів виносяться такі теми **«Металургія магнію»**, **«Металургія вольфраму»**, **«Металургія ніобію і танталу»**, **«Металургія цирконію»**.

Календарний контроль.

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 опрацювання теми **«Металургія магнію»**. Для позитивного оцінювання 2-го КК студенту необхідно отримати мінімум по 50 балів за лабораторні роботи №2 і №3 та по 50 балів за самостійне опрацювання тем **«Металургія вольфраму»**, **«Металургія ніобію і танталу»**.

Залік.

Умовою допуску до заліку є виконання усіх лабораторних робіт, МКР та завдань СРС.

Кольорова металургія

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 4 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 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 чи онлайн курсів за тематикою дисципліни.
- Перелік питань на модульну і залікову контрольні роботи знаходиться в Додатку.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

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

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол №3 від 8 жовтня 2025 р.)

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

ДОДАТОК

Питання для модульної та залікової контрольних робіт

1. Класифікація руд в залежності від присутніх металовмісних компонентів.
2. Класифікація руд за кількістю присутніх компонентів.
3. Металургія як галузь промисловості і область науки.
4. Основна кінцева мета металургійного виробництва та прийоми, за допомогою яких вона реалізується.
5. На які дві великі групи поділяються метали? Дати визначення.
6. Які процеси відносяться до пірометалургійним?
7. Які процеси відносяться до гідрометалургійним?
8. Види відпалів.
9. Види рудних плавок.
10. Види рафінувальних плавок.
11. Види гідрометалургійних процесів.
12. Шлаки рудних і руднотермічних плавок.
13. Класифікація металургійних газів.
14. Основні продукти процесів збагачення.
15. Дати визначення процесу збагачення і перелічити основні види.
16. З яких операцій складається процес збагачення?
17. Дати визначення процесу збагачення і перелічити основні види.
18. Класифікація металургійних пилів.
19. Цинк, його властивості, застосування, сировина та способи отримання цинку.
20. Відпал цинкових концентратів.
21. Вилуговування відпалених цинкових концентратів.
22. Електролітичне осадження цинку з цинкових розчинів.
23. Свинець, його властивості, застосування, сировина та способи отримання свинцю.
24. Підготовка шихти для шахтної плавки свинцевого агломерату.
25. Шахтна плавка свинцевого агломерату.
26. Способи рафінування чорного свинцю. Пірометалургійний спосіб видалення міді, телуру, миш'яку, сурми та олова.
27. Способи рафінування чорного свинцю. Пірометалургійний спосіб видалення срібла, цинку, якісне рафінування.
28. Способи рафінування чорного свинцю. Гідрометалургійний метод рафінування свинцю.
29. Нікель, його властивості, застосування, сировина та способи отримання нікелю.
30. Сучасний стан металургії нікелю з окислених та сульфідних руд.
31. Відновно-сульфідуюча плавка окислених нікелевих руд.
32. Конвертування нікелевих штейнів відновно-сульфідуючої плавки окислених нікелевих руд.
33. Переробка нікелевих файнштейнів отриманих з окислених нікелевих руд на вогняний нікель.
34. Руднотермічна плавка сульфідних мідно-нікелевих руд.
35. Методи розділення нікелю та міді мідно-нікелевих файнштейнів. Отримання чорного нікелю з багатих нікелевих концентратів.
36. Електролітичне рафінування нікелю.
37. Мідь, її властивості, застосування, сировина та способи отримання міді.
38. Способи збагачення сульфідних мідних руд. Окисний випал мідних концентратів у киплячому шарі.

- 39. Шахтна плавка мідних концентратів.*
- 40. Плавка у відбивних та електричних печах сирих мідних концентратів.*
- 41. Плавка у відбивних та електричних печах випалених мідних концентратів.*
- 42. Конвертування мідних штейнів.*
- 43. Рафінування чорної міді.*
- 44. Алюміній, його властивості та застосування. Сировина для отримання алюмінію та способи її переробки.*
- 45. Методи отримання глинозему. Виробництво глинозему методом Байєра.*
- 46. Методи отримання глинозему. Виробництво глинозему методом спікання.*
- 47. Електроліз кріоліт-глиноземного розплаву.*
- 48. Рафінування алюмінію.*
- 49. Титан, його властивості та застосування. Сировина для отримання титану та способи її переробки.*
- 50. Виробництво тетрахлориду титана.*
- 51. Металотермічне відновлення титану.*
- 52. Відновлення діоксиду титану.*
- 53. Рафінування титану.*