



КРИСТАЛОГРАФІЯ ТА МІНЕРАЛОГІЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	G Інженерія, виробництво та будівництво
Спеціальність	G10 Металургія
Освітня програма	Комп'ютеризовані процеси лиття
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити/120 годин, лекції – 36 год, лабораторні заняття – 18 год, самостійна робота студента – 66 год
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/МКР
Розклад занять	http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к. т. н., доцентка, Бірюкович Ліна Олегівна, linabiruk@ukr.net , 0501979102 Лабораторні: к. т. н., доцентка, Бірюкович Ліна Олегівна, linabiruk@ukr.net , 0501979102
Розміщення курсу	https://classroom.google.com

Програма навчальної дисципліни

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

Більшість матеріалів, що оточують нас і, якими ми користуємось у побуті і техніці, є кристалічними тілами, властивості і зовнішній вигляд яких залежать від будови кристалічної структури і типу хімічного зв'язку.

Вивчатись в дисципліні будуть основи кристалографії та мінералогії, серед яких закономірності будови кристалічних многогранників і кристалічних структур та їх аналітичний опис, фундаментальні закони кристалографії, генезис мінералів, ендегенні, екзогенні та метаморфізовані мінерали та родовища, діагностичні властивості мінералів та їх промислова класифікація.

Засвоєні знання дозволять навчитись розуміти мову кристалів і за аналітичним описом кристалічних многогранників і їх структур уявляти не тільки їх зовнішню, а й внутрішню будову.

120 годин обсягу дисципліни "Кристалографія та мінералогія" включають 36 годин лекційних занять, 18 годин практичних занять і 66 годин СРС.

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

Кристалографія та мінералогія

- здатність здійснювати аналітичний опис кристалічних многогранників на підставі знань законів кристалографії;
- здатність уявляти кристалічні многогранники за їх аналітичним описом;
- здатність визначати діагностичні властивості мінералів.

Предмет дисципліни “Кристалографія та мінералогія” – основні закономірності зовнішньої та внутрішньої будови ідеальних кристалічних тіл, а також процеси утворення природних кристалів – мінералів та їх діагностичні властивості.

Програмні результати навчання:

- знання основних законів кристалографії;
- знання взаємозв'язку зовнішньої будови кристалів з їх внутрішньою структурою;
- знання процесів утворення природних кристалів – мінералів;
- уміти визначати елементи симетрії кристалічних многогранників;
- уміти застосовувати аналітичні методи опису кристалічних многогранників (сингонії та категорії, метод індексування граней, пласкі кристалографічні проекції для зображення елементів симетрії та граней многогранників, прості форми кристалічних многогранників, просторові груп).
- розуміти будову металевих матеріалів.

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

Дисципліни, знання з яких необхідні для вивчення дисципліни “Кристалографія та мінералогія”:

- Фізика.
- Хімія.

Знання, що студент отримає під час вивчення дисципліни «Кристалографія та мінералогія» необхідні для поглибленого вивчення таких нормативних дисциплін:

- Теорія металургійних процесів.
- Теоретичні основи ливарного виробництва.
- Нові матеріали.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Організація очного/дистанційного навчання.

Розділ 1. Геометрична кристалографія.

Тема 1.1. Кристалографічні категорії, сингонії, класи.

Тема 1.2. Основні закони кристалографії, кристалографічні проекції та прості форми кристалів.

Розділ 2. Структурна кристалографія і елементи кристалохімії.

Тема 2.1. Ґратки Браве та елементи симетрії кристалічних структур.

Тема 2.3. Елементи кристалохімії.

Тема 2.4. Ізоморфізм, поліморфізм, політипія.

Розділ 3. Мінералогія.

Тема 3.1. Основи мінералогії.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові:

1. Кристалографія, кристалохімія та мінералогія [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальності 132 Матеріалознавство / Л. О. Бірюкович ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. –

- Електронні текстові дані (1 файл: 2.832 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 234 с. – Режим доступу : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25313>.
2. Куровець М. І. Кристалографія і мінералогія [Текст] / М. І. Куровець. – Львів : Світ, 1996. – 236 с.
 3. Узлов К. І. Кристалографія, кристалохімія та мінералогія. Частина I [Електронний ресурс] : конспект лекцій / К. І. Узлов. – Дніпропетровськ : НМетАУ, 2015. – 36 с. – Режим доступу : https://nmetau.edu.ua/file/konspekt_lektsiy_kristalogr_ch_i.pdf.
 4. Узлов К. І. Кристалографія, кристалохімія та мінералогія. Частина II [Електронний ресурс] : конспект лекцій / К. І. Узлов. – Дніпропетровськ : НМетАУ, 2015. – 52 с. – Режим доступу : https://nmetau.edu.ua/file/konspekt_lektsiy_kristalogr_ch_ii.pdf.
 5. Програмне забезпечення для виконання лабораторних робіт JCrystal: <http://www.jcrystal.com/>.
 6. Програмне забезпечення для виконання лабораторних робіт CrysX-3d-Viewer: https://www.bragitoff.com/crysx-3d-viewer/?__cf_chl_jschl_tk406c2defaaca8ff4d7dadb237797b74b36922d36-1599315383-0-AXdX7UMuhxuhybIC0xiioTrIZM7TiVtp6RunUpp1qByGIzh0Fb3U3SFSyrlC3gm9EzZUIBc-WMsWwomEI_FNdUqSqKtCeET1zUj4fZgAZ23vUQcuAPbn8IT4TVNHawWHfFA6kw7JelLMv97aYePKCk_p8fqcp32CeU8QXBGYP4z84vUx9K3jVttbGQvcOSEaXwXRafTqWCLM9-fRrikGkGcogIWTP1jGCZ9yYNkpeKBRQHR_wHR29mDfetgdi3Vf8cljBIG02XBpHyvYH6aCMkrh2vNoi4nj7KuYQpc3shn.

Електронні ресурси:

1. Materials Explorer [Electronic resource] // The Materials Project is powered by open-source software of Berkeley Lab. – Mode of access : <https://materialsproject.org/materials>.

Зазначені базові навчальні матеріали і ресурси 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. Геометрична кристалографія.

Тема 1.1. Кристалографічні категорії, сингонії, класи.

Заняття 1. Коротка історична довідка розвитку кристалографії як науки. Предмет і задачі кристалографії. Поняття про кристали та кристалічні речовини. Найважливіші макроскопічні властивості кристалів. Симетрія – головна властивість кристалів. Елементи симетрії кристалічних многогранників 1-го та 2-го роду. Формула елементів симетрії.

Заняття 2. Поняття структури кристалів і просторової ґратки. Види твердих речовин. Закономірності розміщення частинок у твердих речовинах. Поняття структури кристалів і просторової ґратки.

Заняття 3. Кристалографічні категорії, сингонії та системи осей координат. Одиначні напрямки. Класифікація кристалів на категорії, сингонії, класи. Кристалографічні системи координат. Вибір системи координат для триклинної, моноклинної, ромбічної, тригональної, тетрагональної, гексагональної та кубічної сингоній.

Заняття 4. Продовження. Кристалографічні категорії, сингонії та системи осей координат. Одичні напрямки. Класифікація кристалів на категорії, сингонії, класи. Кристалографічні системи координат. Вибір системи координат для триклинної, моноклинної, ромбичної, тригональної, тетрагональної, гексагональної та кубічної сингоній.

Заняття 5. Теорема про сполучення елементів симетрії.

Теорема про сполучення елементів симетрії кристалічних многогранників. Класи симетрії (точкова група). Метод кристалографічної установки многогранників та запис міжнародного символу елементів симетрії.

Тема 1.2. Основні закони кристалографії, кристалографічні проєкції та прості форми кристалів.

Заняття 6. Символи вузлів, ребер, граней. Закон цілих чисел.

Метод кристалографічного індексування. Символи вузлів, рядів (ребер), площин (граней). Закон цілих чисел. Параметри Вейса і індекси Міллера. Закон Браве. Ретикулярна щільність площин і залежність її від символу площини.

Заняття 7. Кристалографічні проєкції.

Закон незмінності кутів - основа побудови кристалографічних проєкцій та діагностики кристалічної речовини. Формула Вульфа-Брегга. Поняття полярного комплексу. Методи побудови сферичної, стереографічної, гномостереографічної та гномонічної проєкцій.

Заняття 8. Форми кристалів.

Прості форми, їх утворення. Частинна та загальна проста форма. Опис простих форм кристалів нижчої, середньої та вищої категорій. Перевага розвитку простої форми від умов росту.

Розділ 2. Структурна кристалографія і елементи кристалохімії.

Тема 2.1. Ґратки Браве та елементи симетрії кристалічних структур.

Заняття 9. Ґратки Браве.

Просторова ґратка. 14 типів ґраток Браве. Умови вибору ґраток. Основні типи ґраток Браве та їх характеристики. Приклади вибору ґраток на структурах. Ґратки Браве.

Заняття 10. Елементи симетрії кристалічних структур.

Трансляції, площини ковзкого відбиття, гвинтові осі, принцип дії, умовне позначення. Типи площин, компоненти ковзання. Гвинтові осі, праві та ліві. Приклади елементів симетрії на кристалічних структурах.

Заняття 11. Продовження. Елементи симетрії кристалічних структур.

Трансляції, площини ковзкого відбиття, гвинтові осі, принцип дії, умовне позначення. Типи площин, компоненти ковзання. Гвинтові осі, праві та ліві. Приклади елементів симетрії на кристалічних структурах.

Тема 2.3. Елементи кристалохімії.

Заняття 12. Поняття правильної системи точок. Правила запису символу просторової групи. Загальна і частинна просторові групи.

Заняття 13. Координатні числа та многогранники. Типи зв'язку в структурах.

Кристалографія та мінералогія

Поняття ефективного радіусу. Координаційні числа та координаційні многогранники. Число атомів у комірці. Визначення стехіометричної формули речовини. Граничні типи хімічного зв'язку.

Заняття 14. Щільність упаковки частинок в структурах.

Границі стійкості структур. Щільність упаковки частинок в структурах. Типи порожнин, їх співвідношення. Багаточислові упаковки. Побудова структур за допомогою координаційних поліедрів.

Тема 2.4. Ізоморфізм, поліморфізм, політипія.

Заняття 15. Політипія, ізоморфізм та поліморфізм.

Поняття політипії. Приклади політипів. Поняття ізоморфізму. Приклади ізоморфних структур. Поняття поліморфізму. Приклади поліморфних перетворень.

Розділ 3. Мінералогія.

Тема 3.1. Основи мінералогії.

Заняття 16. Генезис мінералів.

Будова Землі. Поняття про мінерали. Магма – джерело мінералів. Генезис мінералів. Ендогенні, екзогенні та метаморфізовані мінерали та родовища. Класифікація ендогенних мінералів. Класифікація екзогенних мінералів. Генезис мінералів.

Заняття 17. Діагностичні методи дослідження мінералів.

Діагностичні властивості мінералів. Методи дослідження. Морфологічні особливості мінералів. Твердість. Питома вага. Колір. Колір риси. Блиск і прозорість. Спайність та злам.

Заняття 18. Мінерали промислового значення. Класифікація мінералів. Рудні мінерали. Коротка характеристика типів мінералів.

5.1. Лабораторні заняття

Для проведення лабораторних робіт №1–3, №5 для візуалізації моделей многогранників використовується програмне забезпечення JCrystal. Для проведення лабораторної роботи №6 використовуються моделі кристалічних ґраток базових структурних типів, таких як α -Fe, γ -Fe, Zn(Mg), алмаз, графіт, ZnS-сфалерит, ZnS-вюрцит, Cu_2O , CaF_2 , NaCl, CsCl, CaTiO_2 , MgAl_2O_4 . Для візуалізації зазначених структурних типів використовується програмне забезпечення CrysX-3d-Viewer. Програмне забезпечення JCrystal і CrysX-3d-Viewer є у вільному доступі у мережі Інтернет.

Можливе також використання наочних моделей кристалічних многогранників та кристалічних структур.

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. Визначення елементів симетрії кристалічних многогранників.

Заняття 3. Лабораторна робота №2. Вибір координатних систем для опису кристалічних многогранників і метод індексування граней кристалічних многогранників.

Заняття 4. Лабораторна робота №2. Вибір координатних систем для опису кристалічних многогранників і метод індексування граней кристалічних многогранників.

Заняття 5. Модульна контрольна робота

Заняття 6. Лабораторна робота №3. Методи побудови пласких проєкцій кристалічних многогранників.

Заняття 7. Лабораторна робота №4. Точкові групи (класи) симетрії.

Заняття 8. Лабораторна робота №5. Визначення простих форм та їх комбінації у кристалічних многогранниках.

Заняття 9. Лабораторна робота №6. Опис елементарної комірки кристалічної структури.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента (66 годин.) складається з:

- підготовки до лекцій – 30 год, з яких 6 год відводиться на самостійну підготовку теми «Теореми сполучення елементів симетрії кристалічних структур»;
- підготовки до лабораторних робіт, яка полягає у написанні протоколу та його оформлення після виконання завдань – 18 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.

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, отримати приклади практичного застосування теоретичних знань на моделях кристалічних многогранників і структур.

Відвідування лабораторних занять є обов'язковим.

Правила поведінки на заняттях.

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

Під час проведення очних лабораторних занять в спеціалізованій аудиторії №209-9 корпусу студенти допомагають викладачу занести ящики із наочними моделями до аудиторії або зняти необхідні для проведення заняття наочні моделі з полиць. На лабораторних заняттях не забороняється користування конспектами лекцій, підручниками, електронними гаджетами для пошуку інформації, що відповідає темі лабораторного заняття.

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

Під час проведення лабораторних занять у комп'ютерному класі студенти повинні дотримуватись правил безпеки у роботі із персональним комп'ютером.

За очного навчання перевірка правильності виконання завдань і підсумок кількості виконаних моделей проводиться викладачем безпосередньо на занятті.

За дистанційної форми навчання у сервісі Telegram викладач створює групу, назва якої

Кристалографія та мінералогія

складаються із номера групи і назви дисципліни, до якою староста групи приєднує усіх студентів. Протокол лабораторної роботи напередодні заняття завантажуються до цієї групи. Перевірка правильності виконання завдання лабораторної роботи здійснюється під час заняття дистанційно із використанням цієї Telegram групи. Для підведення підсумку оформлену за усіма вимогами лабораторну роботу студенти завантажують до GoogleClassRoom "Кристалографія та мінералогія". Перевірка здійснюється упродовж тижня після останнього заняття за відповідною темою.

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 (МКР), самостійна робота студента (СРС).
- 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 кожний вид робіт, що виконуються упродовж семестру:

$$O_{\text{семестр}} = \frac{\sum_{1-6} O_{\text{ЛР}} + O_{\text{МКР}} + O_{\text{СРС}}}{8}.$$

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 наявності протоколу кожна лабораторна робота оцінюється за кількість самостійно виконаних завдань на практичному занятті, позитивна оцінка складає 60-100 балів.

Кількість завдань визначається в залежності від складності теми лабораторної роботи і кількості годин, що відводяться на виконання роботи і оголошується викладачем на початку заняття.

Кристлографія та мінералогія

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.

Модульна контрольна робота за темою «Вибір координатних систем для опису кристалічних многогранників і метод індексування граней кристалічних многогранників» проводиться на лабораторному занятті. На виконання, а за очної форми навчання і на перевірку роботи відводиться 2 академічні години. Студенти за очної форми навчання отримують 5 моделей кристалічних многогранників, для яких визначають елементи симетрії, обирають відповідні спеціальні системи координат і записують індекси усіх граней многогранника.

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

Кожний невірно визначений елемент симетрії та/або їх кількість оцінюється у 2 штрафних бали. Невірно обрана система координат – 10 штрафних балів. Невірно визначений індекс – 1 штрафний бал.

Позитивна оцінка за МКР складає 60–100 балів.

Самостійна підготовка теоретичних тем

Для глибшого розуміння утворення тих чи інших комбінацій елементів симетрії в кристалічних многогранниках і кристалічних структурах студентам пропонується самостійно опрацювати і законспектувати тему «Теореми сполучення елементів симетрії кристалічних структур».

Позитивна оцінка за кожну тему складає 60–100 балів.

Штрафні бали нараховуються за такими критеріями:

- за кожну відсутню теорему – 20 балів;
- за відсутність пояснювальних рисунків до доказів теорем – 10 балів.

Календарний контроль.

Календарний контроль (КК) проводиться на 7 та 13 тижнях семестру навчання. Для позитивного оцінювання студенту необхідно виконати мінімум 50 % запланованих на відповідний період завдань.

Залік.

Умовою допуску до заліку є виконання усіх лабораторних робіт, МКР і теми СРС щонайменше на 60 балів.

За умови виконання усіх завдань, студенти, поточний рейтинг яких склав 30-59 балів, та студенти, які хочуть підвищити свій рейтинг, під час заліку мають можливість написати залікову контрольну роботу. У цьому випадку застосовується «жорсткий» підхід і до відомості виставляється оцінка за залікову контрольну роботу 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

Залікова контрольна робота проводиться письмово. На проведення залікової контрольної роботи виділяється 2 академічні години часу.

Залікова контрольна робота представляє собою 100 тестових питань [1].

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 чи онлайн курсів за тематикою дисципліни.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

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

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол №3 від 30 вересня 2025 р.), кафедрою ЛВ (протокол №3 від 8 жовтня 2025 р.)

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