



КРИСТАЛОГРАФІЯ, КРИСТАЛОХІМІЯ ТА МІНЕРАЛОГІЯ

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 Інжинирінг та комп'ютерне моделювання в матеріалознавстві</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити/120 годин лекції – 46 год, лабораторні заняття – 26 год, самостійна робота студента – 48 год</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР, ДКР</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 Практичні: к. т. н., доцент, Бірюкович Ліна Олегівна, linabiruk@ukr.net , 0501979102 к.т.н., доцент, Соловйова Тетяна Олександрівна, tsolov_1@ukr.net
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/u/1/w/NTQ0NzQ0NzkxOTkx/tc/NTQ0NzQ0NzkxMDA5</i>

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, кристалохімії та мінералогії, серед яких закономірності будови кристалічних многогранників і кристалічних структур та їх аналітичний опис, фундаментальні закони кристалографії, явища властиві кристалічним тілам – ізоморфізм, політипія, поліморфізм, генезис мінералів, ендегенні, екзогенні та метаморфізовані мінерали та родовища, діагностичні властивості мінералів та їх промислова класифікація.

Бірюкович Л. О. Кристалографія, кристалохімія та мінералогія

Засвоєнні 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, кристалохімія та мінералогія” включають 46 годин лекційних занять, 26 годин Лабораторних занять і 48 годин СРС.

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

- КЗ 02. Здатність застосування знань у Лабораторних ситуаціях.
- КС.03. Здатність ефективно використовувати технічну літературу та інші джерела інформації і галузі матеріалознавства.
- КС.09. Здатність застосовувати сучасні методи математичного та фізичного моделювання, дослідження структури, фізичних, механічних, функціональних та технологічних властивостей матеріалів для вирішення матеріалознавчих проблем.

Предмет дисципліни “Кристалографія, кристалохімія 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:

- Знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації матеріалознавства, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми.
- 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.
- Розуміти будову металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення.

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

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

- Фізика
- Хімія

Знання, що студент отримає під час вивчення дисципліни «Кристалохімія тугоплавких сполук» необхідні для поглибленого вивчення таких нормативних дисциплін:

- Фізика конденсованого стану матеріалів.
- Металознавство.
- Структурний аналіз матеріалів.
- Матеріалознавство тугоплавких матеріалів.
- Механічні властивості матеріалів.

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 проєкції 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). – К. : 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. Програмне забезпечення для виконання Лабораторних робіт за дистанційної та змішаної форми навчання JCrystal: <http://www.jcrystal.com/>.
4. Програмне забезпечення для виконання Лабораторних робіт за дистанційної та змішаної форми навчання CrysX-3d-Viewer: https://www.bragitoff.com/crysx-3d-viewer/?__cf_chl_jschl_tk406c2defaaca8ff4d7dadb237797b74b36922d36-1599315383-0-AXdX7UMuhxuhywbIC0xiioTrIZM7TiVTp6RunUpp1qByGIzh0Fb3U3SFSyrlC3gm9EzZUIBc-WMsWwomEI_FNdUqSqKtCeET1zUj4fZgAZ23vUQcuAPbn8IT4TVNHawWHfFA6kw7JelLMv97aYePKCk_p8fqcp32CeU8QXBGYP4z84vUx9K3jVttbGQvcOSEaXwXRafTqWCLM9-fRrikGkGcogIWTP1jGCZ9yYNkpeKBRQHR_wHR29mDfetgdi3Vf8cljBIG02XBpHyvYH6aCMkrh2vNoi4nj7KuYQpc3shm.

Додаткові:

5. 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_lectsiy_kristalogr_ch_i.pdf.
6. 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_lectsiy_kristalogr_ch_ii.pdf.

Електронні ресурси:

7. 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

Тема 1.1. Кристалографічні категорії, сингонії, класи.

Заняття 1.

Лекція 1. Загальна характеристика кристалів.

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.

Лекція 1. Загальна характеристика кристалів (продовження).

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 3.

Лекція 2. Кристалографічні категорії, сингонії та системи осей координат.

Одиничні напрямки. Класифікація кристалів за категоріями та сингоніями. Кристалографічні системи координат. Вибір системи координат для триклинної, моноклинної, ромбічної, тригональної, тетрагональної, гексагональної та кубічної сингоній.

Заняття 4.

Лекція 3. Класи симетрії.

Класи симетрії. Загальне визначення та системи позначення: формула симетрії, міжнародний символ, символи Шенфліса, символи А. В. Шубнікова. Виведення та опис 32 класів симетрії.

Заняття 5.

Лекція 4. Метод кристалографічного індексування.

Види твердих речовин. Закономірності розміщення частинок у твердих речовинах. Поняття структури кристалів і просторової ґратки. 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. Індексування кристалів гексагональної та тригональної сингоній.

Заняття 6.

Лекція 4. Метод кристалографічного індексування (продовження).

Види твердих речовин. Закономірності розміщення частинок у твердих речовинах. Поняття структури кристалів і просторової ґратки. Символи вузлів, рядів (ребер), площин (граней). Закон цілих чисел. Параметри Вейса і індекси Міллера. Ретикулярна щільність площин і залежність її від символу площини. Індексування кристалів гексагональної та тригональної сингоній.

Заняття 7.

Лекція 5. Теорема про сполучення елементів симетрії кристалічних многогранників.

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 8.

Лекція 6. Закони кристалографії.

Закон цілих чисел (закон Гаюї). Закон Браве. Закон сталості кутів (закон Стенона)

Заняття 9.

Лекція 7. Кристалографічні проєкції.

Формула Вульфа-Брегга. Поняття полярного комплексу. Методи побудови сферичної, стереографічної, гномостереографічної та гномонічної проєкцій.

Заняття 10.

Лекція 8. Форми кристалів.

Загальна та частинна 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 11.

Лекція 9. Основні типи ґраток Браве, їх характеристика та розподіл за сингоніями.

14 типів ґраток Браве. Умови вибору ґраток. Основні типи тривимірних ґраток Браве та їх характеристики. Приклади вибору ґраток на структурах.

Заняття 12.

Лекція 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. Теорема сполучення елементів симетрії кристалічних структур.

Заняття 13.

Лекція 10. Елементи симетрії кристалічних структур (продовження).

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. Теорема сполучення елементів симетрії кристалічних структур.

Заняття 15.

Лекція 11. Просторові групи симетрії і правильна система точок.

Теореми сполучення операцій симетрії кристалічних структур. Просторові групи симетрії. Правильні системи точок. Правила запису символу просторової групи.

Заняття 16.

Лекція 11. Просторові групи симетрії і правильна система точок (продовження).

Теореми сполучення операцій симетрії кристалічних структур. Просторові групи симетрії. Правильні системи точок. Правила запису символу просторової групи.

Заняття 17.

Лекція 12. Обернена ґратка.

Поняття оберненої ґратки і принцип її побудови. Основні властивості оберненої ґратки. Співвідношення між оберненою ґраткою і гномонічною проекцією.

Тема 2.3. Елементи кристалохімії.

Заняття 18.

Лекція 13. Елементи кристалохімії.

Поняття ефективного атомного (іонного) радіусу. Координаційні числа та координаційні многогранники. Число структурних одиниць і число формульних одиниць.

Заняття 19.

Лекція 14. Граничні типи хімічного зв'язку.

Металевий зв'язок. Ван-дер-Ваальсовий (молекулярний) зв'язок. Ковалентний зв'язок. Іонний зв'язок. Стійкість іонних структур.

Заняття 20.

Лекція 15. Щільність упаковки частинок в структурах.

Щільно упакований шар частинок. Типи порожнин у двошаровій щільній упаковці, їх співвідношення. Багат шарові упаковки. Побудова структур за допомогою координаційних поліедрів.

Заняття 21.

Лекція 16. Політипія, ізоморфізм та поліморфізм.

Політипія і політипи. Ізоморфізм і ізоморфні структур. Поліморфізм і види поліморфних перетворень.

Розділ 3. Мінералогія.

Тема 3.1. Основи мінералогії.

Заняття 22.

Лекція 17. 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 23.

Лекція 18. Діагностичні методи дослідження мінералів.

Діагностичні властивості мінералів. Методи дослідження. Морфологічні особливості мінералів. Твердість. Питома вага. Колір. Колір риски. Блиск і прозорість. Спайність та злам. Класифікація мінералів. Коротка характеристика типів мінералів.

5.2. Лабораторні заняття

Для проведення 1-10 лабораторних занять у режимі очного навчання використовуються наочні моделі кристалічних многогранників. Під час проведення лабораторних занять у дистанційному режимі для візуалізації моделей многогранників використовується програмне забезпечення JCrystal.

Для проведення лабораторних занять 11-13 у очному режимі 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 під час проведення дистанційних занять використовується програмне забезпечення CrysX-3d-Viewer. Програмне забезпечення JCrystal і CrysX-3d-Viewer у вільному доступі у мережі Інтернет.

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

Заняття 6. Модульна контрольна робота

Заняття 7. Лабораторна робота №3. Методи побудови пласких проєкцій кристалічних многогранників.

Заняття 8. Лабораторна робота №3. Методи побудови пласких проєкцій кристалічних многогранників. Видача завдання для ДКР.

Заняття 9. Лабораторна робота №5. Визначення простих форм та їх комбінації у кристалічних многогранниках.

Заняття 10. Лабораторна робота №5. Визначення простих форм та їх комбінації у кристалічних многогранниках.

Заняття 11. Лабораторна робота №6. Опис елементарної комірки кристалічної структури.

Заняття 12. Лабораторна робота №7. Елементи симетрії кристалічних структур.

Заняття 13. Лабораторна робота №8. Визначення просторової групи симетрії кристалічної структури.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента (48 годин.) складається з:

- підготовки до лекцій – 20 год;
- підготовки до лабораторних робіт, яка полягає у написанні протоколу – 10 год;
- підготовки до модульної контрольної роботи – 2 год;
- виконання домашньої контрольної роботи – 10 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.

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

За дистанційної форми навчання у сервісі WhatsApp викладач створює групу, назва якої складаються із номера групи і назви дисципліни, до якої староста групи приєднує усіх студентів. Перевірка правильності виконання завдання лабораторної роботи здійснюється під час заняття дистанційно із використанням цієї WhatsApp групи. Для підведення підсумку оформлену за усіма вимогами лабораторну роботу студенти завантажують до Google Class Room "Кристалографія, кристалохімія 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> і «Політикою використання штучного інтелекту для академічної діяльності в КПІ ім. Ігоря Сікорського» https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/downloads/polityka-vykorystannia-shtuchnogo-intelektu_2023.pdf.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

8.1. Види контролю:

- Поточний контроль: лабораторні роботи, модульна контрольна робота (МКР), домашня контрольна робота (ДКР).
- 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:

$$O_{\text{семестр}} = \frac{\sum_{1-3;5-8} O_{\text{ЛР}} + O_{\text{МКР}} + O_{\text{ДКР}}}{9}.$$

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.

Очне навчання. За наявності протоколу кожна лабораторна робота оцінюється за кількістю самостійно виконаних завдань на лабораторному 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.

Дистанційне навчання. Напередодні лабораторного заняття студенти завантажують для перевірки до групи у месенджері файл протокола лабораторної роботи, який представляє собою документ MS Wordy збережений у форматі .pdf, що складається із фото написаного від руки протоколу. Документ має верхній колонтитул у якому зазначено Шифр групи, в якій

навчається студент, Прізвище, ім'я студента і номер лабораторної роботи (наприклад, НН-51_Петренко_Сергій_ЛР_1). У нижньому колонтитулі проставляються сторінки. У дистанційному класі «Кристалографія, кристалохімія та мінералогія» студенти відповідають на питання тесту до лабораторної роботи у Google Form. Після чого, кожен студент отримує доступ до Google Form із індивідуальними завданнями до лабораторної роботи, кожне з яких оцінюється за 100-бальною шкалою. Оцінка за кожне виконане завдання формується безпосередньо у Google Form.

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. Метою МКР є засвоєння матеріалу тем 1.1 і 1.2. Максимально МКР оцінюється у 100 балів. Мінімальною позитивною оцінкою є 60 балів.

Очне навчання. На виконання і перевірку роботи відводиться 2 академічні години. Студенти отримують 5 моделей кристалічних многогранників, для яких визначають елементи симетрії, обирають відповідні спеціальні кристалографічні системи координат і записують індекси для усіх граней многогранника.

Оцінка знижується на:

- 2 бали за кожний невірно визначений елемент симетрії та/або їх кількість.
- 10 балів за невірно обрану систему координат.
- 1 бал за невірно визначений індекс.

Дистанційн навчання. Студенти отримують доступ до Google Form у дистанційному класі Google Class Room, яка складається з двох частин: перша частина – тести з теорії зазначених вище тем; друга частина – індивідуальне завдання, у якому для моделі кристалічного многогранника треба вибрати елементи симетрії, категорію, сингонію і обрати кристалографічну систему координат та кількість груп граней. Оцінка за виконане завдання формується безпосередньо у Google Form.

Домашня контрольна робота.

Метою проведення домашньої контрольної роботи є засвоєння матеріалу теми 1.2 Основні закони кристалографії, кристалографічні проєкції та прості форми кристалів.

Зразок завдання з ДКР:

ЗАВДАННЯ № 1
для домашньої контрольної роботи
з дисципліни «Кристалографія, кристалохімія та мінералогія»

Для класів симетрії L_2PC , L_33L_23PC , L_44P , $3L_44L_36P$

1. Визначити категорію та сингонію.
2. Обрати кристалографічну систему координат.
3. Зобразити стереографічну проєкцію.
4. Записати міжнародний символ і стрілками від кожної складової символу вказати їх розташування на проєкції.

ДКР виконується на аркушах формату А4, які скріпляються скобками. Робота складається з титульної сторінки (додаток А) [1], умови завдання та розв'язку завдання.

Для виконання роботи студент повинен:

- Визначити і записати поряд із формулою елементів симетрії, до якої сингонії відноситься многогранник указанного в завданні класу симетрії.
- Побудувати стереографічну проєкцію.
- Обрати кристалографічну систему координат і нанести її на стереографічну проєкцію.
- Використовуючи умовні позначення зобразити елементи симетрії многогранника на стереографічній проєкції.
- Поряд з рисунком записати міжнародний символ класу симетрії кристалічного многогранника.
- Стрілками від кожної позиції в міжнародному символі вказати, де на стереографічній проєкції знаходяться елементи симетрії, що вказані у ньому.

Кожне завдання містить чотири формули елементів симетрії кристалічних многогранників

Оцінка за кожну формулу елементів симетрії визначається за такими критеріями:

- за правильну відповідь – 25 балів;
- за неправильно записаний міжнародний символ елементів симетрії оцінка знижується на 10 балів;
- за неправильно обрану систему координат оцінка знижується на 10 балів;
- за неправильне зображення кожного елемента симетрії на стереографічній проєкції оцінка знижується на 2 бали;
- за не підписані або неправильно підписані на проєкції осі координат оцінка знижується на 5 балів;
- за відсутності назви сингонії, стрілок, які вказують розташування на стереографічній проєкції елементів симетрії з міжнародного символу оцінка знижується на 2 бали.

ДКР максимально оцінюється у 100 балів. Мінімальною позитивною оцінкою є 60 балів.

Календарний контроль.

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

Залік.

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

Студенти, що набрали упродовж семестру 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 тільки залікової контрольної роботи, згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо

Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

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

Залікова контрольна робота представляє собою 100 тестових питань, приклади яких наведено у Додатку.

Сумарна максимальна оцінка складає 100 балів.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- Теми і приклади питань МКР наведено у Додатку.
- Результати навчання за даним освітнім компонентом, здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних онлайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому може бути перезарахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (окремі теми, окремі лабораторні 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" (<https://osvita.kpi.ua/node/179>).
- Студенти можуть отримати від 1 балу до 10 балів за сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за темами дисципліни.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

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

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 17 від 25 червня 2025 р.)

Погоджено Методичною комісією ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 11/25 від 26 червня 2025 р.)

Тема, питання з якої виносяться на тестову модульну контрольну роботу

Тема 1.1. Кристалографічні категорії, сингонії, класи.

Приклади питань:

- Яке симетричне перетворення (операція) у кристалічному многограннику відповідає площині симетрії?
- Якому елементу симетрії еквівалентна дія інверсійної осі 1-го порядку?
- Який закон кристалографії став основою для виводу символів граней кристалів?