



# 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 Інжиниринг та комп'ютерне моделювання в матеріалознавстві</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити/120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР, ДКР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к. т. н., доцент, Бірюкович Ліна Олегівна, <a href="mailto:linabiruk@ukr.net">linabiruk@ukr.net</a> , 0501979102 Практичні: к. т. н., доцент, Бірюкович Ліна Олегівна, <a href="mailto:linabiruk@ukr.net">linabiruk@ukr.net</a> , 0501979102 асистент, Ківенко Ірина Георгіївна, <a href="mailto:ikivenko@i.ua">ikivenko@i.ua</a>
Розміщення курсу	<i><a href="https://classroom.google.com/u/1/c/MTQ5OTI1MTE3NTg5">https://classroom.google.com/u/1/c/MTQ5OTI1MTE3NTg5</a></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.

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.

## *Бірюкович Л. О. Кристалографія, кристалохімія та мінералогія*

*120 годин обсягу дисципліни “Кристалографія, кристалохімія та мінералогія” включають 36 годин лекційних занять, 28 годин практичних занять і 59 годин СРС.*

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

- Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.*
- Здатність застосовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для підтримки діяльності в сфері матеріалознавства;*
- 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 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.*
- Знаходити потрібну інформацію у літературі, консультиватися і використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань відповідно до спеціалізації.*

### **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*
- Кристалохімія тугоплавких сполук*
- 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. Кристлографія, 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. Кристлографія і мінералогія [Текст] / М. І. Куровець. – Львів: Світ, 1996. – 236 с.
3. Шаскольская М. П. Кристаллография [Текст]: учебник для вузов / М. П. Шаскольская. – М.: Высшая школа, 1984. – 376 с.
4. Вегман Е. Ф. Кристаллография, минералогия, петрография и рентгенография [Текст]: учеб. пособие для вузов / Е. Ф. Вегман, Ю. Г. Руфанов, И. Н. Федорченко. – М.: Металлургия, 1990. – 262 с.
5. Програмне забезпечення для виконання практичних робіт за дистанційної та змішаної форми навчання Crystal: <http://www.jcrystal.com/>.
6. Програмне забезпечення для виконання практичних робіт за дистанційної та змішаної форми навчання CrysX-3d-Viewer: [https://www.bragitoff.com/crysx-3d-viewer/?\\_\\_cf\\_chl\\_jschl\\_tk=406c2defaaca8ff4d7dadb237797b74b36922d36-1599315383-0-AXdX7UMuhxuhywbIC0xii0TrIZM7TiVTp6RunUpp1qByGIZh0Fb3U3SFSyrlC3gm9EzZUIBc-WMsWwomEI\\_FNdUqSqKtCeET1zUj4fZgAZ23vUQcuAPbn8IT4TVNHawWHfFA6kw7JelLMv97aYePKCk\\_p8fqcP32CeU8QXBGYP4z84vUx9K3jVttbGQvcOSEaXwXRafTqWCLM9-fRrikgkGcogIWTP1jGCZ9yYNkpeKBRQHR\\_wHR29mDfetgdi3Vf8cljBIG02XBpHyvYH6aCMkrh2vNoi4nj7KuYQpc3shmt](https://www.bragitoff.com/crysx-3d-viewer/?__cf_chl_jschl_tk=406c2defaaca8ff4d7dadb237797b74b36922d36-1599315383-0-AXdX7UMuhxuhywbIC0xii0TrIZM7TiVTp6RunUpp1qByGIZh0Fb3U3SFSyrlC3gm9EzZUIBc-WMsWwomEI_FNdUqSqKtCeET1zUj4fZgAZ23vUQcuAPbn8IT4TVNHawWHfFA6kw7JelLMv97aYePKCk_p8fqcP32CeU8QXBGYP4z84vUx9K3jVttbGQvcOSEaXwXRafTqWCLM9-fRrikgkGcogIWTP1jGCZ9yYNkpeKBRQHR_wHR29mDfetgdi3Vf8cljBIG02XBpHyvYH6aCMkrh2vNoi4nj7KuYQpc3shmt).

##### Додаткові:

7. Современная кристаллография [Текст]: в 4-х томах / под. ред. Б. К. Вайнштейна. – М.: Наука, 1979-1981 г.г.

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. Одиничні 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. Одиничні напрямки. Класифікація кристалів на категорії, сингонії, класи. Кристалографічні системи координат. Вибір системи координат для триклинної, моноклинної, ромбічної, тригональної, тетрагональної, гексагональної та кубічної сингоній.*

**Заняття 5.** *Теореми про сполучення елементів симетрії.*

*Теореми 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-Брегґа. 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.*

## *Бірюкович Л. О. Кристлографія, кристалохімія та мінералогія*

*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.** *Координаційні числа та многогранники. Типи зв'язку в структурах.*

*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. Багатошарові 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.*

## **5.2. Практичні заняття**

*Для проведення 1-11 практичних занять у режимі очного навчання використовуються наочні моделі кристалічних многогранників. Під час проведення практичних занять у дистанційному режимі для візуалізації моделей многогранників використовується програмне забезпечення JCrystal.*

*Для проведення занять 12-13 у очному режимі використовуються моделі кристалічних ґраток базових структурних типів, таких як  $\alpha$ -Fe,  $\gamma$ -Fe, Zn(Mg), алмаз, графіт, ZnS-сфалерит, ZnS-вюрцит,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{CaF}_2$ , NaCl, CsCl,  $\text{CaTiO}_2$ ,  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ . Для візуалізації зазначених структурних типів під час проведення дистанційних занять використовується програмне забезпечення CrysX-3d-Viewer. Програмне забезпечення JCrystal і CrysX-3d-Viewere у вільному доступі у мережі Інтернет.*



**Заняття 1.** Вступ. Організація очного/дистанційного навчання. Проведення лекційних і практичних занять. Вимоги до протоколу практичних робіт. Рейтингова система оцінювання.

**Заняття 2. Практична робота №1.** Визначення елементів симетрії кристалічних многогранників.

**Заняття 3. Практична робота №1.** Визначення елементів симетрії кристалічних многогранників.

**Заняття 4. Тематична контрольна робота №1.(1 год)**

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

**Заняття 5. Практична робота №2.** Вибір координатних систем для опису кристалічних многогранників і метод індексування граней кристалічних многогранників.

**Заняття 6. Практична робота №2.** Вибір координатних систем для опису кристалічних многогранників і метод індексування граней кристалічних многогранників.

**Заняття 7. Тематична контрольна робота №2. (1 год)**

**Практична робота №3.** Методи побудови плоских проєкцій кристалічних многогранників.

**Заняття 8. Практична робота №3.** Методи побудови плоских проєкцій кристалічних многогранників.

**Заняття 9. Практична робота №3.** Методи побудови плоских проєкцій кристалічних многогранників.

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

**Заняття 11. Практична робота №5.** Визначення простих форм та їх комбінації у кристалічних многогранниках.

**Заняття 12. Практична робота №6.** Опис елементарної комірки кристалічної структури.

**Заняття 13. Практична робота №7.** Елементи симетрії кристалічних структур.

**Заняття 14. Залік**

## **6. Самостійна робота студента/аспіранта**

Самостійна робота студента (56 годин.) складається з:

- підготовки до лекцій – 20 год, з яких 2 год відводиться на самостійну підготовку теми «Теорема сполучення елементів симетрії кристалічних структур»;
- підготовки до практичних робіт, яка полягає у написанні протоколу – 26 год;
- підготовки до тематичних контрольних робіт – 4 год (по 2 години на кожну ТКР);
- підготовки до заліку – 6 год.

## **Політика та контроль**

### **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

**Правила відвідування занять.**

Відвідування лекційних занять є бажаним, хоча і не обов'язковим. Відвідування лекційних занять дозволить студентам не тільки опанувати теоретичні знання безпосередньо на лекції, але і задати викладачу питання, що виникають під час викладання матеріалу лекції, отримати приклади практичного застосування теоретичних знань на моделях кристалічних многогранників і структур.

## *Бірюкович Л. О. Кристлографія, кристалохімія та мінералогія*

*Відвідування практичних занять є обов'язковим.*

### ***Правила поведінки на заняттях.***

*На усіх заняттях, лекційних і практичних, вітається відключення звукових сигналів телефонів. Під час проведення очних практичних 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 практичних заняттях не забороняється користування конспектами лекцій, підручниками, електронними гаджетами для пошуку інформації, що відповідає темі практичного заняття.*

*Умовою допуску до виконання практичної 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 перевірка правильності виконання завдання здійснюється під час заняття дистанційно із використанням Telegram чату. Для підведення підсумку оформлену за усіма вимогами практичну роботу студенти завантажують до GoogleClassRoom "Кристалографія, кристалохімія та мінералогія". Перевірка здійснюється упродовж тижня після останнього заняття за відповідною темою.*

*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 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: практичні роботи, тематичні контрольні роботи (ТКР), 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. Коефіцієнти вагомості наведено у формулі*

$$O_{\text{семестр}} = 0,1 \sum O_{\text{ПР}} + 0,1 \sum O_{\text{ТКР}} + 0,1 O_{\text{ДКР}}$$

### **8.2. Критерії нарахування балів.**

#### **Практичні роботи.**

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

- номери;
- назви;
- мети;
- теоретичних відомостей, до яких включають основні визначання та умовні позначення;
- порядок виконання.

За наявності протоколу кожна практична робота оцінюється за кількість самостійно виконаних завдань на практичному занятті, максимальна оцінка складає 100 балів.

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

Штрафні бали призначаються за:

- відсутність протоколу – 10 балів;
- протокол, що не відповідає вимогам – 5 балів;
- несамостійна робота на практичному занятті – 5 балів.

Ваговий коефіцієнт оцінювання результатів виконання кожної практичної роботи складає 0,1.

### **Тематичні контрольні роботи.**

Модульна контрольна робота розбита на 2 тематичні контрольні роботи. На проведення і перевірку кожної ТКР відводиться по 1 академічній годині.

**Тематична контрольна робота №1** «Визначення елементів симетрії кристалічних многогранників». На проведення і перевірку роботи відводиться 1 академічна година. Студенти за очної форми навчання отримують 5 моделей кристалічних многогранників, для яких визначають наявні елементи симетрії і записують їх у вигляді формули елементів симетрії.

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.

Максимально ТКР №1 оцінюється у 100 балів із ваговим коефіцієнтом 0,1.

**Тематична контрольна робота №2** «Вибір координатних систем для опису кристалічних многогранників і метод індексування граней кристалічних многогранників». На проведення і перевірку роботи відводиться 1 академічна година. Студенти за очної форми навчання отримують 4 моделі кристалічних многогранників, для яких визначають наявні 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 визначені індекси – 1 штрафний бал.

Максимально ТКР №2 оцінюється у 100 балів із ваговим коефіцієнтом 0,1.

### **Домашня контрольна робота.**



## *Бірюкович Л. О. Кристлографія, кристалохімія та мінералогія*

*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  $L_2PC$ ,  $L_3L_23PC$ ,  $L_44P$ ,  $3L_4i4L_36P$*

- 1. Визначити категорію та сингонію.*
- 2. Обрати кристалографічну систему координат.*
- 3. Зобразити стереографічну проєкцію.*
- 4. Записати міжнародний символ і вказати стрілками на проєкції розташування елементів симетрії з міжнародного символу.*

*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.*

*Стрілками вказати, де на стереографічній проєкції знаходяться елементи симетрії, що вказані у міжнародному символі.*

*Для виконання ДКР студенту необхідні знання підрозділів 1.1-1.3 розділу 1 Геометрична кристалографія[1].*

*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 неправильну 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 з ваговим коефіцієнтом 0,1.*

### **Календарний контроль.**

*Календарний контроль (КК) проводиться на 7-8 та 14-15 тижнях семестру навчання. Для позитивного оцінювання 1-го КК студенту необхідно отримати мінімум 5 балів за практичну роботу №1 і 5 балів за ТКР №1. Для позитивного оцінювання 2-го КК студенту необхідно отримати мінімум 10 балів за практичні роботи №2 і №3 та по 5 балів за ТКР №2 і ДКР.*

Таблиця графіку проведення занять:

Тижні	1	2	3	4	5	6	7	8	КК 1	9
Заняття	Вступ		ПР 1	ПР 1	ТКР 1/	ПР 2	ПР 2	ПР 2	0,1*(50+50)=	ТКР 2/
Max-min балів			50-100		50-100	50-100			10 балів	50-100

Продовження таблиці графіку проведення занять:

Тижні	10	11	12	13	14	15	КК 2	16	17	18
Заняття	ПР 3	ПР 3	ДКР	ДКР	ПР 5	ПР 5	0,1*(50+50+)	ПР 6	ПР 7	залік
Max-min балів	50-100		50-100		50-100		+50+50)=	50-100	50-100	60-100
							20 балів			

### Залік.

Умовою допуску до заліку є виконання усіх практичних робіт, 2 ТКР і ДКР.

Мінімальним позитивним є рейтинг, що складає не менше 60 балів, відповідно:

Практичні роботи – 42 бали;

ТКР №1 – 6 балів;

ТКР №2 – 6 балів;

ДКР – 6 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 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 [1].

Сумарна максимальна оцінка складає 100 балів.

### 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- студенти можуть отримати 10 балів за сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою дисципліни.

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

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

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № \_\_\_ від \_\_\_\_\_ 21 р.)

Погоджено Методичною комісією ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № \_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2021 р.)