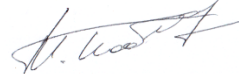


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет геологічний
Кафедра мінералогії, петрографії і геохімії

Затверджено
на засіданні кафедри мінералогії,
петрографії і геохімії
геологічного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 31.08.2023 р.)

Завідувач кафедри мінералогії,
петрографії і геохімії



Ірина ПОБЕРЕЖСЬКА

Силабус з навчальної дисципліни

«Кристалографія»,

**що викладається в межах ОПШ “Геологія. Комп’ютерні технології в науках
про Землю”**

**першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів
зі спеціальності 103 Науки про Землю**

Львів 2023 р.

Назва дисципліни	Кристалографія
Адреса викладання дисципліни	вул. Грушевського, 4 м. Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Геологічний факультет, кафедра мінералогії, петрографії і геохімії
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань 10 “Природничі науки” Спеціальність 103 Науки про Землю
Викладачі дисципліни	Словотенко Надія Олександрівна , доцент кафедри мінералогії, петрографії і геохімії, кандидат геологічних наук
Контактна інформація викладачів	nadiya.slovotenko@lnu.edu.ua https://geology.lnu.edu.ua/employee/slovotenko-nadiya-oleksandrivna
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації по курсу відбуваються в день проведення лекцій/лабораторних занять (на кафедрі, ауд. 219). Також можливі онлайн консультації через Telegram, Zoom, Teams або подібні ресурси. Для погодження часу онлайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача або дзвонити.
Сторінка курсу	https://geology.lnu.edu.ua/course/krystalohrafiya
Інформація про дисципліну	Дисципліна « Кристалографія » є нормативною дисципліною зі спеціальності 103 Науки про Землю для ОПП “Геологія. Комп’ютерні технології в науках про Землю”, яка викладається в II семестрі в обсязі 3,0 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Навчальна дисципліна „ Кристалографія “ є базовою для майбутніх фахівців геологічних спеціальностей. Курс розроблено таким чином, що вона закладає основу знань та термінологічного ресурсу для вивчення таких курсів як мінералогія, петрографія, літологія, та корисні копалини. Предметом навчальної дисципліни є вивчення всіх специфічних геометричних, фізичних, фізико-хімічних та інших особливостей кристалів з позиції теорії симетрії і в зв’язку з закономірною будовою їхньої внутрішньої структури. Тому у курсі представлено як огляд концепцій, пов’язаних з сучасними тенденціями в розвитку кристалографії, сучасними методами вивчення кристалічної речовини, застосування кристалографічних досліджень в різних галузях мінералогії, петрографії, геології, так і процесів та інструментів, які потрібні для реалізації основної мети та завдань.
Мета та цілі дисципліни	Мета навчальної дисципліни „Кристалографія“. Закріпити здобутки сучасної кристалографії, виявити зв’язок морфології, особливостей структури і фізичних властивостей кристалів з особливостями їх симетрії, засвоїти основи стереографічного проектування граней і елементів симетрії для грамотного опису морфології і симетрії кристалів. Завдання курсу полягає в ознайомленні студентів з основами сучасної кристалографії – науки про кристалічну речовину, та з її розділами – геометричною макро- і мікрокристалографією, кристалохімією, фізичною кристалографією і кристалогенезисом в об’ємі, достатньому для сприйняття дисциплін геологічного профілю.
Література для вивчення дисципліни	Основна література: 1. Бакуменко І.Т. Матеріали до курсу ”Кристалографія”, вип.1. – Львів: Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2000. 135 с. 2. Винниченко Т.Г. Кристалографія, вип. 2. Симетрія кристалічних багатогранників. – Львів: Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2002. 124 с.

	<p>3. Куровець М. Кристалографія і мінералогія, ч.1. Кристалографія мінералів. – Львів: Вид.-во Світ, 1996. 236 с.</p> <p>4. Попов Г.М., Шафрановський І.І. Кристалографія. – Львів: Вид- во Львівського ун-ту. 1959. 337 с.</p> <p>5. Словотенко Н.О., Бакуменко І.Т. Геометрична кристалорафія. Ч. 1,2,3: навч. посібник для студентів ОКР «Бакалавр» напряму 6.040103 – геологія / Н.О. Словотенко, І.Т. Бакуменко. - ЛНУ ім. Івана Франка, 2015. – 96, 88, 56 с.</p> <p>6. Aquilano D., Bruno M., Ghignone S., Pastero L. Twinning and homoepitaxy cooperation in the already rich growth morphology of CaCO₃ polymorphs. I. Aragonite / Journal of Applied Crystallography. – 2023. –Р. 1630-1638.</p> <p>Додаткова література:</p> <p>7. Павлишин В. Основи кристалохімії мінералів. Навчальний посібник. Київ: Видавничий центр «Київський університет», 1998. 320 с.</p> <p>8. Borchardt-Ott W. Crystallography. Springer Berlin, Heidelberg 1993. – 303 p.</p> <p>9. Hoffmann F. Introduction to Crystallography. Springer Cham, 2021. – 309 p.</p> <p>10. Girolami G.S. X-ray crystallography. Univ. Science Books, 2016. – 502 p.</p> <p>11. Kelly A., Knowles K.M. Crystallography and Crystal Defects 3rd Edition. Wiley, 2020. - 584 p.</p> <p>12. Massa W. Crystal structure determination. Springer Berlin, Heidelberg, 1999. – 206 p.</p> <p>13. Marcos C. Crystallography. Introduction to the Study of Minerals. - Springer Cham, 2022. – 523 p. https://doi.org/10.1007/978-3-030-96783-3</p> <p>14. Maureen M.J. Foundations of crystallography with computer applications. Boca Raton: CRC Press, 2008. – 368 p.</p> <p>15. Sands D.E. Introduction to Crystallography. Dover Publication, 1994. - 192 p.</p> <p>Додаються також інтернет-джерела. https://www.crystallography.net/cod/ https://it.iucr.org/resources/ https://www.mindat.org https://sketchfab.com/MineralogyPetrographyMuseum/collections/48-crystal-forms-3109834d52f64c98bca6450380d0c602 https://smorf.nl/ https://ucsd.libguides.com/crystallography/books https://www.webmineral.com/</p>
Обсяг курсу	<p>Загальна кількість годин - 90. З них:</p> <p>аудиторних годин - 64:</p> <p>лекцій - 32</p> <p>лабораторні - 32</p> <p>самостійна робота - 26</p>
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент буде :</p> <p>знати</p> <ul style="list-style-type: none"> • основні закони кристалографії; • основи рентгеноструктурного аналізу і гоніометрії;

	<ul style="list-style-type: none"> • основи теорії симетрії кристалів, види симетрії, сингонії, категорії; принципи стереографічного проектування і установки кристалів; • прості форми в різних сингоніях і їхні проекції; • символіку граней і ребр та їх положення на стереограмах і зв'язок з розвитком поясів (зон); • особливості морфології реальних плоскогранних і скульптурованих кристалів, двійників, закономірних зростків; • основи вчення про будову кристалічних структур і особливості їх симетрії (поняття про федорівські групи); • типи найщільніших упаковок куль; • позиції октаедричних і тетраедричних порожнин; • особливості найпростіших структур кристалів. <p>вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> • визначати елементи симетрії і прості форми на кристалографічних моделях і правильно утворених кристалах (кварц, кальцит, польові шпати та ін.); • правильно установлювати моделі відносно координатних осей і проектувати полюси граней і елементи симетрії моделей; • визначати види симетрії, сингонії, категорії моделей і символи граней і ребр (осей); • характеризувати морфологію реальних плоскогранних і ускладнених форм кристалів, двійників і закономірних зростків. <p>Загальні компетентності ЗК4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності ЗК8. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p>Спеціальні (фахові) компетентності ФК10. Здатність ідентифікувати та класифікувати відомі і реєструвати нові об'єкти у геосферах, їх властивості та притаманні їм процеси.</p> <p>Програмні результати навчання ПР06. Визначати основні характеристики, процеси, історію і склад Землі як планетарної системи та її геосфер. ПР12. Знати і застосовувати теорії, парадигми, концепції та принципи в науках про Землю відповідно до спеціалізації. ПР15. Уміти обирати оптимальні методи та інструментальні засоби для проведення досліджень, збору та обробки даних.</p>
Ключові слова	Кристал, сингонія, елементи симетрії, проста форма, символ грані, кристалічна структура.
Формат курсу	Очний
Теми	Наведено нижче у табличній формі СХЕМА КУРСУ “КРИСТАЛОГРАФІЯ”
Підсумковий контроль, форма	Іспит в кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з математики, фізики, хімії, стереометрії, достатніх для розуміння джерел інформації
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	<p>Головні навчальні методи:</p> <ul style="list-style-type: none"> • словесні – лекції, бесіди, бесіди з елементами формування проблемних завдань • наочні – демонстрація, ілюстрація, мультимедійна презентація, спостереження, презентація результатів дослідження • практичні – лабораторний метод <p>Техніки, які використовуються:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • метод генерацій ідей • навчальна дискусія • метод кейсів • метод моделювання 																																																
Необхідне обладнання	Учбова колекція кристалів мінералів, картонні і дерев'яні моделі кристалів, гоніометр, кристалізатор для вирощування кристалів, колби, лійки, скельця, чашки Петрі, пінцети, шпателі, електронна вага, електронна плитка, водорозчинні солі, фільтри																																																
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>№ з/п</th> <th>Види робіт. Критерії оцінювання знань студентів</th> <th>Максимальна кількість балів</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">1. Бали поточної успішності (лабораторні заняття)</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">1.1 Контрольні роботи</td> </tr> <tr> <td colspan="3">На контрольних роботах студентам надаються дерев'яні моделі кристалів для їхнього опису</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Критерії оцінювання</td> <td style="text-align: center;">5 балів</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Правильно визначені елементи симетрії, вид симетрії кристалічної моделі; правильно зроблена проекція граней на площину, всі прості форми, присутні на моделі описані вірно</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td></td> <td>В описі допущені незначні неточності, або є неточності в проектуванні граней моделі, правильно визначена назва і приналежність моделі до відповідного виду симетрії, всі прості форми, присутні на моделі описані вірно</td> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> <tr> <td></td> <td>В описі допущені незначні неточності, або є неточності в проектуванні граней моделі, правильно визначена назва і приналежність моделі до відповідного виду симетрії, є помилки у визначенні простих форм</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>В описі допущені значні неточності, або є неточності в проектуванні граней моделі, помилково визначена назва і приналежність моделі до відповідного виду симетрії, є помилки у визначенні простих форм</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Модель кристала описана з грубими помилками, вид симетрії визначений неправильно (не всі елементи симетрії знайдені). Проекція неточна. Прості форми не виділені.</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Модель кристала не описана.</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Максимальна кількість балів за 3 контрольні роботи</td> <td style="text-align: center;">15 балів</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">1.2. Тестування</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Критерії оцінювання</td> <td style="text-align: center;">5 балів</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Розподіл кількості правильних відповідей по балах:</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">9-15</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> </tbody> </table>	№ з/п	Види робіт. Критерії оцінювання знань студентів	Максимальна кількість балів	1. Бали поточної успішності (лабораторні заняття)			1.1 Контрольні роботи			На контрольних роботах студентам надаються дерев'яні моделі кристалів для їхнього опису			Критерії оцінювання		5 балів		Правильно визначені елементи симетрії, вид симетрії кристалічної моделі; правильно зроблена проекція граней на площину, всі прості форми, присутні на моделі описані вірно	5		В описі допущені незначні неточності, або є неточності в проектуванні граней моделі, правильно визначена назва і приналежність моделі до відповідного виду симетрії, всі прості форми, присутні на моделі описані вірно	4		В описі допущені незначні неточності, або є неточності в проектуванні граней моделі, правильно визначена назва і приналежність моделі до відповідного виду симетрії, є помилки у визначенні простих форм	3		В описі допущені значні неточності, або є неточності в проектуванні граней моделі, помилково визначена назва і приналежність моделі до відповідного виду симетрії, є помилки у визначенні простих форм	2		Модель кристала описана з грубими помилками, вид симетрії визначений неправильно (не всі елементи симетрії знайдені). Проекція неточна. Прості форми не виділені.	1		Модель кристала не описана.	0		Максимальна кількість балів за 3 контрольні роботи	15 балів	1.2. Тестування			Критерії оцінювання		5 балів	Розподіл кількості правильних відповідей по балах:			9-15		5
№ з/п	Види робіт. Критерії оцінювання знань студентів	Максимальна кількість балів																																															
1. Бали поточної успішності (лабораторні заняття)																																																	
1.1 Контрольні роботи																																																	
На контрольних роботах студентам надаються дерев'яні моделі кристалів для їхнього опису																																																	
Критерії оцінювання		5 балів																																															
	Правильно визначені елементи симетрії, вид симетрії кристалічної моделі; правильно зроблена проекція граней на площину, всі прості форми, присутні на моделі описані вірно	5																																															
	В описі допущені незначні неточності, або є неточності в проектуванні граней моделі, правильно визначена назва і приналежність моделі до відповідного виду симетрії, всі прості форми, присутні на моделі описані вірно	4																																															
	В описі допущені незначні неточності, або є неточності в проектуванні граней моделі, правильно визначена назва і приналежність моделі до відповідного виду симетрії, є помилки у визначенні простих форм	3																																															
	В описі допущені значні неточності, або є неточності в проектуванні граней моделі, помилково визначена назва і приналежність моделі до відповідного виду симетрії, є помилки у визначенні простих форм	2																																															
	Модель кристала описана з грубими помилками, вид симетрії визначений неправильно (не всі елементи симетрії знайдені). Проекція неточна. Прості форми не виділені.	1																																															
	Модель кристала не описана.	0																																															
	Максимальна кількість балів за 3 контрольні роботи	15 балів																																															
1.2. Тестування																																																	
Критерії оцінювання		5 балів																																															
Розподіл кількості правильних відповідей по балах:																																																	
9-15		5																																															

6-9	4
4-6	3
2-3	2
1	1
0	0
Максимальна кількість балів за тестування	5 балів
1.3. Самостійна робота студентів (вирощування кристалів)	
Критерії оцінювання	25 балів
Студент активно працює в лабораторії над вирощуванням кристалів на протязі двох місяців; по завершенні роботи здається звіт, де описується кристаломорфологія вирощеного кристала	25
Студент активно працює в лабораторії над вирощуванням кристалів, але в звіті кристаломорфологія вирощеного кристала описана неповно або з помилками	24-20
Студент зрідка відвідує лабораторію, вирощуванням кристалів замість студента частково займається завідувач лабораторії, або студент зовсім втрачає інтерес та покидає роботу	1-20
Студент не приймає участі у вирощуванні кристалів	0
1.4. Самостійна робота студентів (опрацювання лекційних занять, лабораторних робіт та удосконалення знань по темам. Назви тем усних доповідей надані в схемі курсу)	
Критерії оцінювання	0,5 бали
студент в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів	0,5 бали
студент не готовий до доповіді	0 балів
Максимальна кількість балів за 10 доповідей	5 балів
2. Екзамен	
Критерії оцінювання	50 балів
студент надає відповіді, в яких навчальний матеріал відтворюється в повному обсязі, правильно, обгрунтовано, логічно, які містять аналіз і систематизацію, аргументовані висновки. Засвідчено глибоке володіння матеріалом з курсу «Кристалографія»	40-50
студент надає відповіді, в яких відтворюється значна частина навчального матеріалу. Виявлено знання і розуміння основних положень навчальної дисципліни	25-39
у відповідях основні положення навчального матеріалу надаються без достатнього розуміння, на рівні заучування	15-24
надані відповіді, які засвідчують, що навчальний матеріал з дисципліни «Кристалографія» не засвоєно, відсутнє чітке логічне формулювання основних положень	1-14
відповіді не надані	0

Підсумкова оцінка за семестр є сумою оцінок, отриманих студентом за поточний контроль та підсумковий контроль у вигляді екзамену. Максимальна семестрова оцінка становить 100 балів (50 балів поточний контроль та 50 балів екзамен).

Академічна доброчесність: Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.

Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.

Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані за контрольні роботи, за тестування, за самостійну роботу та результати екзамену. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторних занять і самостійної роботи; недопустимість пропусків та запізнень на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.

Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.

Питання до іспиту

1. Обрис і габітус кристалів.
2. Зовнішня симетрія кристалів. Елементи симетрії кристалічних багатогранників.
3. Найважливіші властивості кристалів (однорідність, анізотропія, здатність самоогранюватись, мінімальна внутрішня енергія).
4. Стереографічні проекції і методи їх побудови.
5. Стереографічні проекції горизонтальних, вертикальних і похилих площин.
6. Теорема про взаємодію елементів симетрії.
7. Закон сталості кутів, Гоніометрія.
8. Кристалографічні осі і кристалографічні константи.
9. Категорії, сингонії і види симетрії.
10. Інверсійні осі симетрії та їхня характеристика.
11. Символи граней. Закон раціональних відношень параметрів.
12. Одиничні напрямки. Їхня орієнтація відносно елементів симетрії.
13. Вивід видів симетрії з одиничним напрямком.
14. Установка Браве для кристалів тригональної і гексагональної сингоній.
15. Правила установки і кристалографічні константи кристалів нижчої категорії сингоній.

	<p>16. Закон поясів Вейса. Формула Вейса і її використання для знаходження символів граней і ребр.</p> <p>17. Правило зростання індексів в символах граней.</p> <p>18. Прості форми кристалів нижчої категорії сингоній і їхня характеристика.</p> <p>19. Прості форми кристалів середньої категорії сингоній і їхня характеристика.</p> <p>20. Прості форми кристалів кубічної сингонії і їхня характеристика.</p> <p>21. Найщільніші упаковки куль (кубічна, гексагональна).</p> <p>22. Основи рентгенометрії кристалів. Формула Вульфа-Брега.</p> <p>23. Рентгенівські промені і їх отримання. Рентгенівські трубки, дифракція рентгенівських променів в кристалах.</p> <p>24. Метод Дебая-Шерера.</p> <p>25. Метод Лауе.</p> <p>26. Міжнародна символіка Германа-Могена.</p> <p>27. Правила установки і вивід простих форм у видах симетрії: 222, 323, 4m, 4m, 422, 6m, 622, 6mm, 23, m3, 432.</p> <p>28. 14 типів ґраток Браве і їх характеристика. Розподіл по сингоніях.</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу

Схема курсу «Кристалографія»

Тиж-день	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)* *лекція, самостійна, дискусія, групова робота)	Література.*** Ресурси в інтернеті	К-сть годин
1	Тема 1. Предмет і завдання кристалографії. Поняття про кристалічний стан. Головні властивості кристалів (однорідність, анізотропія, здатність самоогранюватись, мінімальна внутрішня енергія). Основні розділи кристалографії. Індивіди і агрегати. Обрис і габітус кристалів. Прості форми й комбінації. Виникнення, ріст та руйнування кристалів.	Лекція	4, 5, 7, 8, 11, 12, 14 https://www.crystallography.net/cod/ https://it.iucr.org/resources/	2
2	Тема 2. Рентгенометрія кристалів. Природа рентгенівських променів. Способи їх одержання. Гальмівне й характеристичне випромінювання. Дифракція рентгенівських променів на кристалічних ґратках. Формула Вульфа-Брегга. Методи рентгеноструктурного аналізу. Метод порошку (Дебая-Шерера). Одержання дебаєграм і дифрактограм. Ідентифікація кристалів за дифрактограмою.	Лекція	4 - 9, 11, 12, 14 https://www.crystallography.net/cod/ https://it.iucr.org/resources/	2

3	Тема 3. Симетрія кристалів. Закон сталості кутів. Гоніометрія. Елементи симетрії кінцевих фігур.	Лекція	2- 5, 7 - 14 https://www.crystallography.net/cod/ https://it.iucr.org/resources/	2
4	Тема 4. Проектування кристалів. Центральні й паралельні перспективні проєкції. Графічні (сферичні й стереографічні) проєкції напрямків й площин.	Лекція	1-5 https://www.crystallography.net/cod/ https://it.iucr.org/resources/ https://ucsd.libguides.com/crystallography/books https://www.webmineral.com/	2
5	Тема 5. Стереографічні проєкції осей й площин симетрії різної орієнтації. Гномостереографічні проєкції граней і ребр. Стереографічне проектування елементів симетрії й полюсів граней. Розмноження полюсів граней елементами.	Лекція	1-5, 7, 8, 13, 14 https://www.crystallography.net/cod/ https://www.webmineral.com/	2
6	Тема 6. Категорії, сингонії й види симетрії. Теореми про складання елементів симетрії. Одиначні напрямки в різних сингоніях і категоріях.	Лекція	1-5, 7, 8, 13, 14 https://www.webmineral.com/	2
7	Тема 7. Вивід видів симетрії кристалів, що мають одиначні напрямки. Проєкції простих форм загального положення в різних видах симетрії нижчої й середньої категорії.	Лекція	1-5, 7, 8, 13, 14 https://www.crystallography.net/cod/	2
8	Тема 8. Вивід видів симетрії кристалів без одиначних напрямків. Координатні й діагональні елементи симетрії в кубічній сингонії. Позначення видів симетрії за Германом-Могеном і Шенфлісом.	Лекція	1-5, 7, 8, 13, 14 https://www.crystallography.net/cod/	2
9	Тема 9. Координатні осі й площини. Символи граней. Закон раціональності параметрів. Закон Аюї (подвійних відношень параметрів).	Лекція	1-5, 7, 8, 13, 14 https://www.crystallography.net/cod/	2
10	Тема 10. Правила установки кристалів. Кристалографічні константи.	Лекція	1-5, 7, 8, 13, 14 https://www.crystallography.net/cod/	2
11	Тема 11. Символи граней за Міллером. Символи граней кристалів гексагональної і тригональної сингоній (в установці Браве).	Лекція	1-5, 7, 8, 13, 14 https://www.crystallography.net/cod/	2
12	Тема 12. Символи рядів і ребр (для трьох-координатних систем). Закон Вейса (поясів, зон). Метод розвитку поясів. Правило зростання індексів.	Лекція	1-5, 7, 8, 13, 14 https://www.crystallography.net/cod/	2
13	Тема 13. Розвиток поясів кристалів гексагональної і тригональної сингоній. Визначення символів одержаних граней методом додавання індексів або	Лекція	1-5, 7, 8, 13, 14 https://www.crystallography.net/cod/	2

	користуючись правилом зростання індексів.			
14	Тема 14. Тривимірна трансляційна симетрія кристалів. Просторові й кристалічні ґратки. Особливості ґраток Браве.	Лекція	1-5, 7, 8, 13, 14 https://www.crystallography.net/cod/	2
15	Тема 15. Примітивні і непримітивні просторові ґратки та їх фізичний зміст. Правила Браве. Елементи нескінченної симетрії. Приклади структур з різними елементами нескінченної симетрії.	Лекція	1-5, 7, 8, 13, 14 https://www.crystallography.net/cod/ https://it.iucr.org/resources/	2
16	Тема 16. Поняття про федорівські групи. Мотиви найщільніших упаковок куль в структурах кристалів. Розташування октаедричних і тетраедричних порожнин в кубічній і гексагональній найщільніших упаковках. Координаційні поліедри й найтиповіші структури.	Лекція	1-5, 7, 8, 13, 14 https://www.crystallography.net/cod/ https://it.iucr.org/resources/	2
	Всього			32
1	Ознайомлення з реальними індивідами кристалів і їхнім обрисом. Визначення <i>C</i> , <i>P</i> , <i>L2</i> , та їхніх комбінацій на моделях. Підрахунок кількості простих форм на моделях.	Лабораторні	https://www.webmineral.com/	2
2	Кутові та лінійні характеристики просторових ґраток (примітивних і не примітивних). Ознайомлення з методом порошку, апаратурою й аналізом дифрактограм.	Лабораторні	5 https://www.webmineral.com/	2
3	Підготовка проби для знімання дифрактограми методом порошку. Розшифровка дифрактограми.	Лабораторні	1, 2, 4, 5 https://www.crystallography.net/cod/ https://it.iucr.org/resources/	2
4	Визначення елементів симетрії (осі, площини симетрії, центр інверсії) на найпростіших моделях.	Лабораторні	1, 2, 4, 5 https://www.crystallography.net/cod/ https://it.iucr.org/resources/	2
5	Стереографічне проектування елементів симетрії та полюсів граней (на моделях нижчої категорії в заданій викладачем установці).	Лабораторні	1, 2, 4, 5 https://www.crystallography.net/cod/ https://it.iucr.org/resources/	2
6	Види симетрії триклинної, моноклінної і ромбічної сингоній. Установка , визначення елементів симетрії і стереографічне проектування моделей. Розмноження і нумерація полюсів еквівалентних граней.	Лабораторні	1- 5 https://www.crystallography.net/cod/ https://it.iucr.org/resources/	2
7	Вивід простих форм загального положення і проектування кристалів нижчої категорії (визначення елементів симетрії, сингонії,	Лабораторні	1, 2, 4, 5	2

	виду симетрії, установка і проектування полюсів граней, ідентифікація простих форм).			
8	Ознайомлення з інверсійними осями $Li4$ і $Li6$ і видами симетрії тетрагональної, гексагональної й тригональної сингоній.	Лабораторні	1, 2, 4, 5 https://www.webmineral.com/	2
9	Установка, набір елементів симетрії, види симетрії і прості форми кристалів тетрагональної сингонії. Вивід форм загального положення.	Лабораторні	1, 2, 4, 5 https://www.webmineral.com/	2
10	Установка, набір елементів симетрії, види симетрії і прості форми кристалів тригональної і гексагональної сингоній. Вивід форм загального положення.	Лабораторні	1, 2, 4, 5 https://www.webmineral.com/	2
11	Набори елементів симетрії і види симетрії кристалів кубічної сингонії. Розмноження точок і вивід форм загального положення (установка задається).	Лабораторні	1, 2, 4, 5 https://www.webmineral.com/	2
12	Установка і прості форми кристалів кубічної сингонії. Визначення елементів і видів симетрії. Проектування полюсів граней і повний опис моделей кубічної сингонії.	Лабораторні	1, 2, 4, 5 https://www.webmineral.com/	2
13	Установка, загальна характеристика і проектування моделей нижчої, середньої і вищої категорій (вказувати нумерацію і назви простих форм, а також символи базових граней).	Лабораторні	1, 2, 4, 5 https://www.webmineral.com/	2
14	Визначення простих форм, елементів симетрії і видів симетрії за набором полюсів граней на стереографічній проекції (для нижчої, середньої і вищої категорій).	Лабораторні	1, 2, 4, 5 https://www.webmineral.com/	2
15	Ознайомлення з символами граней на стереограмах кубічної і гексагональної сингоній. Символи координатних одиничних і дводиничних граней. Визначення символів в граней за формулою Вейса, методами розвитку поясів, додавання індексів і зростання індексів.	Лабораторні	1, 2, 4, 5 https://www.webmineral.com/	2
16	Ознайомлення з кристаломорфологією реальних кристалів і двійників ортоклазу, кварцу і кальциту (симетрія, прості форми, символи, їх стереографічні проекції).	Лабораторні	1, 2, 4, 5 https://www.webmineral.com/	2
	Всього			32

Самостійна робота орієнтована на опрацювання лекційних занять, лабораторних робіт та удосконалення знань по темам:

№ з/п	Назва теми, зміст завдання	Література
1.	Визначення елементів симетрії на моделях.	1-6, 10
2.	Визначення комбінацій елементів симетрії на моделях.	1-14

3.	Визначення елементів симетрії, установка і проектування моделей.	1-14 https://smorf.nl/
4.	Повний опис моделей триклинної, моноклінної і ромбічної сингоній.	1-14
5.	Визначення елементів симетрії, простих форм, проектування і повний опис моделей.	1-14
6.	Проектування і повна характеристика моделей кубічної сингонії.	1-14
9.	Задачі на зростання індексів в символах граней однієї зони і граней однієї простої форми.	1-14
10.	Ознайомлення з кристалами, двійниками і їх моделями в музейній і учбовій колекціях.	1-14 https://smorf.nl/
	Вирощування кристалів у лабораторних умовах	1-14