

ПЛАН-КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ З ДИСЦИПЛІНИ
«ЗАГАЛЬНА МІНЕРАЛОГІЯ З ОСНОВАМИ КРИСТАЛОГРАФІЇ»

РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ КРИСТАЛОГРАФІЇ ТА МІНЕРАЛОГІЇ

Тема 1

Основи геометричної кристалографії

План лекції:

1. Поняття про кристали і кристалічні речовини.
2. Властивості кристалічних речовин.
3. Співвідношення між параметрами елементарних комірок та їх форми.
4. Закон сталості граних кутів(закон Стенона – Ломоносова – Роме де Ліля).
5. Елементи симетрії кристалів.
6. Закон раціональних відношень параметрів (закон цілих чисел, закон Аюї).
7. Символи граней.
8. Установка кристалів.
9. Прості форми кристалів.
10. Закон Браве.
11. Габітусні типи кристалів.

Предмет та задачі кристалографії

Кристалографія займається вивченням різноманіття кристалів.

Вона виявляє ознаки і закони єдності в цьому різноманітті, досліджує властивості і структуру одиночних кристалів та кристалічних агрегатів.

Кристалографія вивчає явища що протікають в кристалах, взаємодію кристалів з середовищем, зміни, що відбуваються в кристалах під впливом зовнішніх і інших впливів.

Тобто, в цій дисципліні:

«ПРЕДМЕТ» – кристали;

«МЕТОД» – використання симетрії;

«ЗАДАЧІ» – вивчення утворення, будови та властивостей кристалів не тільки ідеальних але і з реальною структурою.

Ці знання важливі, також, для синтезу сучасних штучних кристалів, які все більш затребувані в приладобудуванні, радіотехніці, технічній оптиці, акустиці та інш.

Поняття про кристали і кристалічні речовини

Кристалографія – це наука про форму кристалів, їх симетрію, внутрішню будову, про умови структуроутворення та його впливу на властивості кристалів і кристалічних матеріалів.

Практично всі наукові та технічні досягнення сучасного матеріалознавства (комп'ютерна техніка, електронна мікроскопія, квазікристали,

високотемпературні надпровідники і т.д.) безпосередньо пов'язані з кристалографією. Без знань кристалографічних законів важко зрозуміти та оцінити новітні наукові відкриття.

У становленні кристалографії як науки важливу роль зіграла геологія. Довгий час ця дисципліна була частиною геології, точніше мінералогії. В подальшому кристалографія відокремилася в самостійну галузь знань.

Як будь-яка наука, вона володіє унікальним, тільки їй притаманним методом симетрії, який є загальним інструментом встановлення закономірностей розвитку Землі, її речовин. В кожному матеріальному об'єкті існують симетричні рівні структурної організації, які взаємодіють з іншими та проявляються в системі властивостей об'єкта та його взаємодії з середовищем.

Симетрія системи може бути прихованою на глибинних рівнях структурної організації, «замаскована» випадковою дисиметрією форми. Але симетрія є головною властивістю будь-якого кристалу. Використання законів симетрії складає основу всіх кристалографічних методів, що і робить кристалографію самостійною фундаментальною наукою.

Кристалографія у сучасному природознавстві впливає на загальні концепції пізнання природи і включає в себе пошук та знайдення невідомих раніше явищ і закономірностей, знаходження об'єктів з невідомими раніше властивостями, теоретичне обґрунтування, роз'яснення та передбачення явищ, властивостей, розвиток нових методів дослідження речовини, проектування нових кристалів.

Прикладна кристалографія використовує фундаментальні положення для рішення конкретних завдань – створення нових матеріалів, освоєння нових виробничих процесів, технологій, вдосконалення методів вимірювань.

Коротка історична довідка

Каміння (мінерали) визначили цілу епоху розвитку людства. В «кам'яному віці» (18 ... 12 тисячоліття до н.е.) прадавня людина використовувала уламки каміння, що мали відповідні властивості для використання їх в якості скребків, ножів, топорців (сокир) і т. інш.

Експериментальним шляхом люди встановили властивість деяких мінералів шарувато сколюватись. Таке досягнення дозволило осмислено виготовляти кам'яні знаряддя праці.

Розкопки останнього етапу кам'яного віку (3-є тисячоліття до н.е.) виявили добре відшліфовані камені з поглибленнями, отворами, візерунками. «Бронзовий вік» (3000 ... 1000 років до н.е.), а після нього і «Залізний вік» (~1000 років до н.е.) закономірно визначили зацікавленість у рудних матеріалах:

міді – халькопірит, борніт,
малахіт; олова – каситерит;
заліза – гематит, магнетит і т. інш.

Перші наукові праці китайських, грецьких, арабських вчених (500 р. до н.е.) містили в собі опис 17 найбільш відомих мінералів.

До кінця 1-го тисячоліття н.е. з'явився опис 60 кристалів.

Перша наукова класифікація «гірничої породи» німецького вченого Георга Бауера (Агриколи) з'явилась тільки у 1546 році.

Історію кристалографії прийнято відлічувати від 1669 року, тобто, з моменту відкриття датськими вченими Н. Стенсенном та Е. Бартоліном закону сталості кутів в кристалі і явища подвійного заломлення світла в кристалах ісландського шпату.

Засновником російської школи мінералогії вважається М.В. Ломоносов (1711 ... 1765 рр.). Він склав перший в Росії каталог для Петровської Академії Наук.

В його книзі 1763 року «Первые основания рудных дел» міститься опис 3000 зразків.

В 18-му та до кінця 19-го віку в значній мірі були гіпотетично встановлені основні положення сучасної кристалографії: 32 класи симетрії кристалів, 230 просторових груп симетрії кристалічних ґраток та інш. Сталось це завдяки зусиллям таких всесвітньо відомих вчених як І. Гессель, Р.Ж. Гайюї, В. Волластон, О. Браве, П. Кюрі, Є.С. Федоров, А. Шонфліс.

Експериментальне підтвердження теорії кристалічних ґраток було отримано завдяки розвитку методів дифракції рентгенівських променів. В цьому напрямку, в першу чергу, слід виділити роботи М. Лауе, Ю.В. Вульфа, Г. та Л. Бреггів (початок ХХ-го століття).

Розвиток мінералогії та кристалографії в Україні

- Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна
- Київський національний університет імені Тараса Шевченка
- Львівський національний університет імені Івана Франка
- Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України (м.Київ)
- Інститут геології, геохімії горючих копалин (м.Львів)

Властивості кристалічних речовин.

Кристалами називають тверді тіла, що мають форму природного багатогранника і характеризуються закономірним розташуванням в просторі елементарних часток – атомів, іонів, молекул.

Окремі цілісні кристали називають монокристалами.

Агрегати хаотично орієнтованих дрібних кристалів різного розміру і неправильної форми називають полікристалами.

Кристалічний стан завжди термодинамічно рівноважний.

Основною властивістю кристалічного стану є наявність правильного, впорядкованого та симетричного розташування матеріальних часток в просторі.

Кожна кристалічна речовина фіксованого хімічного складу має визначену кристалічну структуру.

Закономірність розташування часток, їх природа, їх енергетичні характеристики та сили зв'язку визначають фізичні властивості кристалічної речовини.

Кристалічна структура – конкретне розташування матеріальних часток у просторі, симетрія і закони цього розташування.

Властивості кристалічних речовин

З макроскопічної точки зору кристалічна речовина має три основні властивості: однорідність; анізотропність; здатність самоогранятися.

Однорідність (ізотропність) – властивість фізичного тіла бути однаковим у всьому об'ємі. Проявляється в тому, що два однакових елементарних об'єму кристалічної речовини, однаково орієнтовані в просторі, але обрані в різних точках тіла, абсолютно однакові.

Анізотропність (відмінність властивостей у різних напрямках) – особливість однорідного тіла, що полягає в тому, що властивості тіла однакові по паралельним напрямкам але не однакові по непаралельним їм.

Анізотропність – закономірне явище обумовлене решітчастою будовою. Теплове розширення графіту вздовж вертикальної осі в 14 разів більше, ніж в 9 поперечному напрямку. Кальцит (CaCO_3) в поздовжньому напрямку при нагріванні розширяється, в поперечному стискається.

Анізотропія механічних властивостей також очевидна. Приклад: слюда, гіпс, графіт – розщеплюються на тонкі пластинки, внаслідок шаруватої структури їх ґратки.

Здатність самоогранятися – властивість кристалів приймати багатогранну специфічну форму при стаціонарних умовах їх росту. Багатогранність кристалів визначається неоднаковістю швидкості їх росту в різних напрямках по різних площинах.

Характер самоогранки визначається внутрішньою кристалічною структурою речовини.

Види твердої речовини та рідкі кристали

Аморфні тверді речовини (скло) – при нагріванні розм'якшуються, втрачають в'язкі властивості і поступово переходять в рідкий стан. Температуру плавлення такої речовини визначити неможливо.

За своєю структурою скло подібне до рідини, але зі зниженою рухливістю матеріальних часток. Розташування матеріальних часток в аморфних тілах не впорядковане в масштабі «дальнього порядку».

Аморфній твердій речовині притаманний «ближній порядок» в локальних об'ємах. Кристалічні тіла характеризуються зупинкою на кривій «час – температура». Весь процес плавлення, в даному випадку, відбувається при постійній температурі. Цей ефект пов'язаний з руйнуванням впорядкованої будови кристалічної ґратки і переходом речовини в рідкий стан з невпорядкованим розташуванням матеріальних часток речовини.

Промислове виробництво металевих сплавів, що твердіють в рівноважних умовах в кристалічному стані, в аморфному вигляді піддається реалізації при швидкостях охолодження $\geq 10^4$ К/с (спінінгування розплаву – тонкі стрічки, порошки надшвидкого гартування).

Ситали (склокераміка) – це склокристалічні матеріали, які складаються з однієї або декількох кристалічних фаз, рівномірно розподілених у скловидній фазі. Вони займають проміжне положення між звичайним склом і керамікою. Ситали містять велику кількість дрібних (< 1 мкм) кристалів, що пов'язані між собою міжкристалічним прошарком (скловидною фазою).

Концентрація кристалів може змінюватись у значних межах (20–90 % за об'ємом). Твердість більшості ситалів 6,5 – 7 одиниць за Моосом, границя міцності при згині до 250 МПа, термостійкість до 1000 °С.

Полімерні речовини – проміжні за своєю структурою. Складаються зі стійких атомних угруповань (мономерних ланок), з'єднаних стійкими хімічними зв'язками в ланцюжок та з міжатомними зв'язками між молекулами полімерів. Рідкі кристали – текучі, як і звичайна рідка речовина, але вони анізотропні. Існують в визначеному температурному інтервалі, вище якого «плавляться» в ізотропну рідину, нижче – кристалізуються.

Квазікристал – це тверде тіло, що характеризується симетрією, забороненою в класичній кристалографії і наявністю далекого порядку, тобто речовина, яка має упорядковану, але не періодичну структуру. Воно складається з атомів, що не утворюють кристалічної ґратки, але можуть когерентно розсіювати випромінювання, тобто мати, подібну до кристалів, дискретну картину дифракції. Квазікристали були відкриті в 1984 році Даном Шехтманом. Здебільшого квазікристали утворюються при швидкому охолодженні розплавлених сплавів металів (Al-Li-Cu, Al-Mn-Si, Al-Ni-Co, Al-Pd-Mn, Al-Cu-Fe, Al-Cu-V, Cd-Yb, TiZr-Ni, Zn-Mg-Ho, Zn-Mg-Sc, In-Ag-Yb, Pd-U-Si тощо). Вони є нестабільними, однак виявлені також стабільні квазікристалічні речовини. Вперше породи з природними FeCu-Al квазікристалами знайдені на Коряцькому нагір'ї в 1979 році. Але тільки після одержання наукових уявлень про ці матеріали в 2009 році учені з Принстона змогли описати їх структуру. Вони також довели, що цей квазікристал має позаземне походження.

Елементи симетрії кристалів

Симетрія (з грецької) – співмірність.

Симетрія – закономірність, що спостерігається в розташуванні речовин або їх частин на площині або в просторі.

Тобто, це здатність кристалу закономірно повторювати свої частини в просторі. Це означає, що симетрична фігура складається з рівних, правильно повторюваних частин і може поєднуватись сама із собою в результаті симетричних перетворень.

Операції або перетворення симетрії – це відображення, обертання, переноси що призводять фігуру до суміщення з собою.

Елементи симетрії – окремі симетричні перетворення

Симетричні перетворення поділяються на два типи:

скінченні або точкові перетворення, при яких хоча б одна точка фігури чи простору залишається на місці;

нескінченні або просторові перетворення, при яких жодна точка фігури

чи простору не залишається на місці.

Скінченні симетричні перетворення відповідають симетрії ідеальних кристалічних багатогранників.

Нескінченні відповідають симетрії структур. У таблиці 1.1 представлені дві найбільш розповсюджені системи умовних символів симетричних перетворень: міжнародна система; символіка, що заснована на формулах симетрії.

Таблиця 1.1 – Позначення елементів симетрії кінцевих фігур

Назва елементів симетрії	Площина	Центр	Обертальна вісь симетрії					Інверсійна вісь симетрії			
			Будь-яка	Подвійна	Потрійна	Четверна	Шестерна	Будь-яка	Потрійна	Четверна	Шестерна
Міжнародний символ	m	i	n	2	3	4	6	n	3	4	6
За формулою симетрії	P	C	L_n	L_2	L_3	L_4	L_6	$L_n=L_{in}$	$L_3=L_{i3}$	$L_4=L_{i4}$	$L_6=L_{i6}$

Елементи симетрії кристалічних багатогранників

Центр симетрії – точка всередині фігури, яка характеризується тим, що будь яка проведена через цю точку пряма по обидві сторони від неї на рівних відстанях зустрічає однакові (відповідні) точки фігури.

Центр симетрії (C) або інверсії у фігури може бути лише один.

Перевірка фігури на наявність центру симетрії: при укладанні фігури пласкою гранню на рівну поверхню, протилежна грань має бути паралельна їй.

Якщо це не так, хоча б в одному випадку – фігура не має центру симетрії.

Площина симетрії P (m) – уявна площина, яка ділить фігуру на дзеркально рівні частини, розташовані одна щодо іншої як предмет і його дзеркальне відображення.

Площини симетрії проходять через центри граней і середини ребер перпендикулярно їм або вздовж ребер, утворюючи рівні кути з однаковими гранями та ребрами (рис. 1.5). Кристали можуть мати від 1 до 7 площин симетрії. Тільки куб має 9 площин симетрії (рис. 1.5).

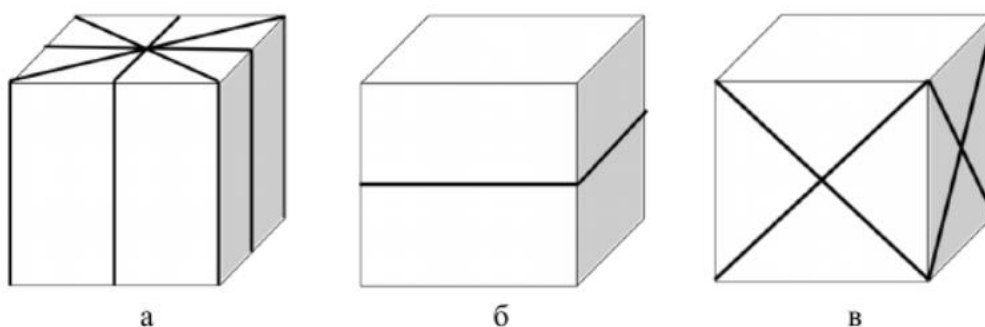


Рисунок 1.5 – 9 площин симетрії кубу – вертикальні (а), горизонтальні (б), похилі (в)

Осі симетрії (L_n або n) – уявна пряма при обертанні навколо якої на

деякий кут фігура суміщається з собою (рис. 1.6).

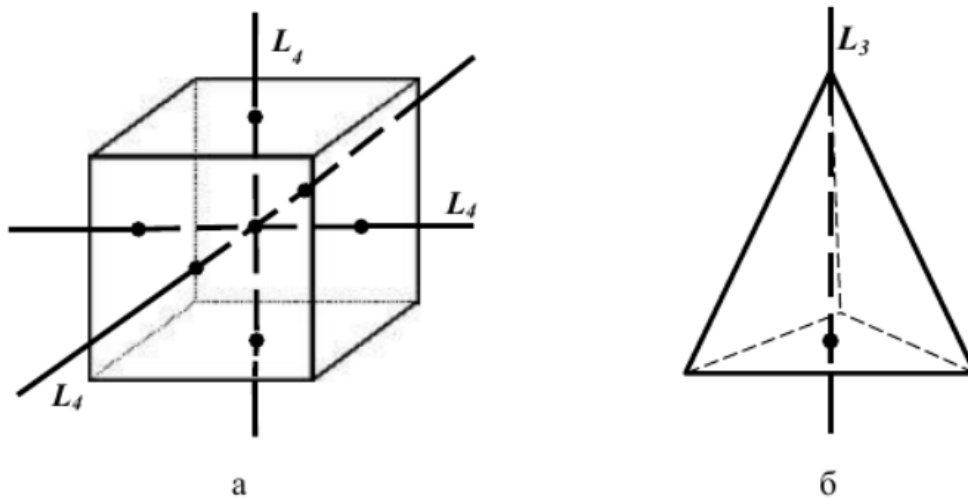


Рисунок 1.6 – Багатогранники – куб з осями симетрії $3L_4$ (а) та піраміда з віссю симетрії L_3 (б)

Порядок осі симетрії «n» визначає кількість суміщень з собою фігури при її обертанні на 360° . Кут оберту, при якому здійснюється суміщення, називається елементарним кутом обертання «L», тобто $n = 360^\circ / L$.

В кристалічних багатогранниках присутні лише осі симетрії I-го; II-го; III-го; IV-го і VI-го порядків з елементарними кутами обертання «L», відповідно – 360° ; 180° ; 120° ; 90° ; 60° .

Закон раціональних відношень параметрів (закон цілих чисел, закон Аюї).

Закони взаємного розташування граней та ребер кристалів (габітус кристалів) є макроскопічним виявом існування просторової ґратки в розташуванні матеріальних елементів кристалічної речовини.

Закон сталості кутів – при постійних термодинамічних умовах ($T = \text{const}$, $P = \text{const}$) кути між відповідними гранями даного кристалу постійні.

Огранювання кристалів і називається цим словом, через те, що існують пласкі грані.

Форми та розміри кристалічних граней можуть бути різними в залежності від реальних умов кристалізації, але кути між відповідними гранями даної речовини завжди незмінні.

Вперше закон був відкритим в 1669 році Н. Стенсенем. Отримав розвиток та кількісний опис в 1749 р. та 1783 р. (М. В. Ломоносов та Роме-де-Ліль, відповідно).

Завдяки цьому, закон сталості кутів називається, також, законом Стенсена – Ломоносова – Роме-де-Ліля. Оскільки, як було зазначено вище, індикатором типу ґратки є кут, то метод визначення типу кристалу називається гоніометричним («гоніа» з грецької – кут).

Закон раціональності відношення параметрів – подвійні відношення параметрів, що відсікаються двома будь-якими гранями кристалу на трьох його не компланарних (не паралельних) ребрах, рівні відношенню цілих та порівняно малих чисел.

Закон носить, також, назву «Закон цілих чисел». Відкритий в 1784 р. французьким абатом Р. Гаюї. Тому часто цей закон називають «Закон Гаюї».

Прості форми кристалів

Кожен кристал, як було зазначено вище, характеризується цілком визначеним комплексом елементів симетрії (табл. 1.3): 32 класи, 7 сингоній категорії.

Габітус (зовнішня форма) кристалу – сукупність всіх граней, яку можна поділити на сукупності граней що симетрично рівні між собою. В залежності від розмірів по трьох головних осях розрізняють такі обриси: ізометричний (коли всі три розміри близькі), видовжений (кристал розвинутий в одному напрямі), сплющений.

Проста форма – це сукупність граней кристалу, пов'язаних між собою елементами симетрії. Грані кожної окремої простої форми кристалів хімічних речовин є однаковими за фізичними і хімічними властивостями, а в ідеальних кристалах – і за обрисами та розмірами.

Чим більше елементів симетрії у виді (класі) симетрії, тим складніші прості форми, що властиві кристалу.

Загальна кількість простих форм – 47 (рис. 1.8). Розрізняють загальні і власні прості форми. Загальна проста форма – грані розміщені косо щодо усіх осей і площин симетрії.

Власна проста форма – грані або перпендикулярні хоча б до однієї осі чи площини симетрії, або паралельні до неї, або розміщені симетрично щодо двох чи декількох однакових осей або площин симетрії.

Комбінацією простих форм кристалів називається сукупність двох або кількох простих форм, об'єднаних елементами симетрії, якщо криста утворений декількома видами граней.

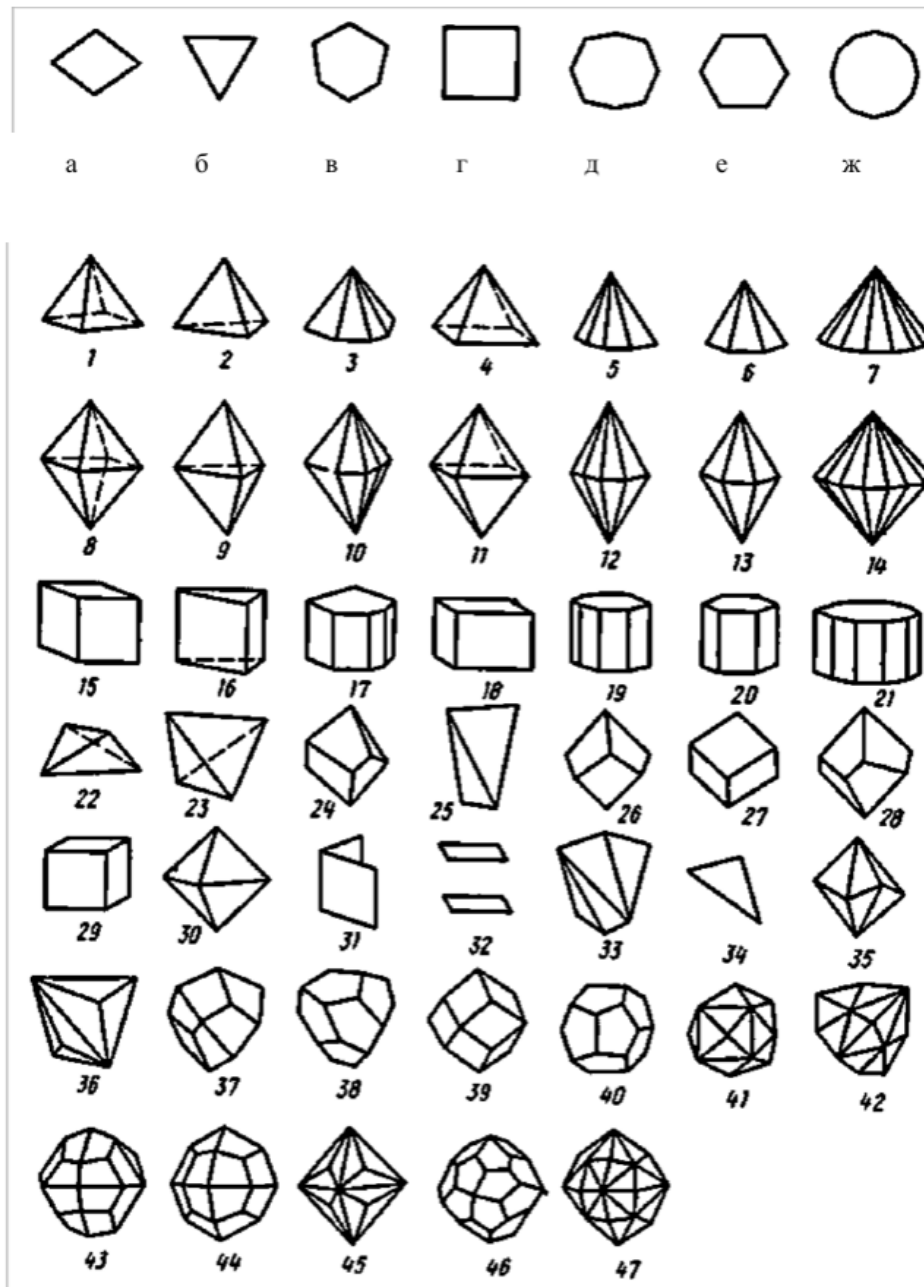


Рисунок 1.8 – Прості форми кристалів

На сьогоднішній день кількісний порядок вивчених кристалів становить показник ~ 10 . При цьому, число типів граней, за даними сучасних досліджень, може бути призведеним до значення 47 – рисунок 1.8.

Прості форми відкриті – сукупність граней не замикає простір. У якості прикладів відкритих простих форм на рисунку 1.8 представлені: а ... ж, 34 – моноедр, 31 – діедр, 32 – пінакоїд.

Прості відкриті форми існують в кристалі тільки в поєднанні з іншими простими формами, формуючи комбінації простих форм.

Прості форми замкнені – простір замкнуто.

На рисунку 1.8 представлені:

1 – ромбічна піраміда, 2 – тригональна піраміда, 3 – дітригональна піраміда, 4 – тетрагональна піраміда, 5 – дітетрагональна піраміда, 6 – гексагональна піраміда, 7 – дігексагональна піраміда,

8 – ромбічна діпіраміда, 9 – тригональна діпіраміда,
10 – дітригональна діпіраміда, 11 – тетрагональна діпіраміда,
12 – дітетрагональна діпіраміда, 13 – гексагональна діпіраміда,
14 – дігексагональна діпіраміда, 15 – ромбічна призма,
16 – тригональна призма, 17 – дітригональна призма,
18 – тетрагональна призма, 19 – дітетрагональна призма,
20 – гексагональна призма, 21 – дігексагональна призма,
22 – ромбічний тетраедр, 23 – тетраедр, 24 – тригональний трапедодр,
25 – тетрагональний тетраедр, 26 – тетрагональний трапедодр,
27 – ромбоедр, 28 – гексагональний трапедодр, 29 – куб, 30 – октаедр,
31 – діедр, 32 – пінакоїд, 33 – тетрагональний скаленоедр, 34 – моноедр,
35 – дітригональний скаленоедр, 36 – тригонтритетраедр,
37 – тетрагон-тритетраедр, 38 – пентагон-тритетраедр, 39 – ромбододекаедр,
40 – пентагон-додкаедр, 41 – тетрагексаедр, 42 – гексатетраедр,
43 – дідодкаедр, 44 – тетрагон-триоктаедр, 45 – тригон-триоктаедр,
46 – пентагон-триоктаедр, 47 – гексаоктаедр,

Число граней залежить від виду простої форми: від одиниці – моноедр (рис. 1.8 № 34) ... до 48 – гексаоктаедр (рис. 1.8 № 47).

Піраміди – (1 – 7) рівні трикутні грані, що перетинаються в одній точці. Діпіраміди – (8 – 14) дві піраміди, складені своїми основами. Призми – (15 – 21) чотирикутні грані, пересічні по паралельним ребрам.

По формі поперечного перерізу призми, піраміди і діпіраміди поділяють ромбічні, тригональні, дітригональні, тетрагональні, дітетрагональні, гексагональні, дігексогональні (рис. 1.8 а ... ж). Дітригональні, дітетрагональні та дігексагональні призми, піраміди та діпіраміди утворюються із відповідних простих форм шляхом здвоєння їх сторін. Такі прості форми в поперечному перерізі дають багатокутники з кутами, які повторюються через один.

Ромбічні призми мають в поперечному перерізі форму ромба та можуть бути похилими. Кут між ребрами і поперечним перерізом $\neq 90^\circ$.

Трапедодри (рис. 1.8 №26; №28) утворені чотирикутними гранями та можуть бути представлені як повернуті навколо вертикальної осі на деякий кут половини відповідної діпіраміди.

Скаленоедри (рис.1.8 №33, №35) утворені гранями, що мають форму нерівносторонніх трикутників.

Ромбоедр (рис. 1.8 №27) – шість граней у вигляді ромбу. Фактично це витягнутий або стиснутий за однією з осей куб.

Тетраедр (рис. 1.8 №№22 – 25) – чотири непаралельні трикутні грані. За типом трикутної грані – кубічний тетраедр (рівносторонні трикутники), тетрагональний тетраедр (рівнобедрені трикутники), ромбічний тетраедр (трикутники зі скошеними кутами).

Куб (рис.1.8 №29) – проста форма вищої категорії (табл. 1.3).

Тобто, при наявності розглянутих 47 простих форм (рис. 1.8) їх комбінацій у природних кристалах безліч. Напівправильні форми багатогранників. Багатогранники, у яких всі багатогранні кути рівні, а грані – правильні, але правильні багатокутники різнойменні. Багатогранники такого типу називаються напівправильними.

До напівправильних багатогранників відносяться антипризми, тобто призми зі зміщеними на певний кут основами. Найбільш простими напівправильними багатогранниками є просторові тіла з кутами багатогранника які усічені площинами іншої симетрії – усічений

тетраedr, усічений октаedr, усічений ікосаedr та інш.

Зірчасті багатогранники – це багатогранники, які можуть бути одержані шляхом продовження граней вихідного багатогранника через ребра до їх наступного перетину з іншими гранями по новим ребрам.

12. Закон Браве.

Габітусні типи кристалів

За симетрією та числом одиничних напрямків кристали поділяють на три категорії (табл. 1 3): вища, середня, нижча.

У кристалах вищої категорії відсутні одиничні напрямки, але мають місце декілька симетрично-еквівалентних напрямків. Властивості кристалів в цих напрямках однакові, завдяки чому анізотропія кристалів вищої категорії слабо виражена. Зовнішня форма кристалів ізометрична – куб.

Кристалом середньої категорії притаманний один одиничний напрямок, співпадаючий з віссю вищого порядку (3,4,6). Анізотропія властивостей значно виражена і виявляється вздовж та в поперек головної осі симетрії. Категорія представлена призмами, пірамідами.

Для кристалів нижчої категорії характерною є відсутність осі порядку вище за 2-й, але одиничних напрямків декілька. Анізотропія яскраво виражена.

Зовнішня форма найменш симетрична. Зазначені три категорії, в свою чергу, поділяють на 7 сингоній (з грецької – кутова подібність).

Для зручності описування кристалічних багатогранників кожна сингонія свою систему координат та характеризується своїм елементарним паралелепіпедом.

Кожен елементарний паралелепіпед (рис. 1.7) характеризується трьома осьовими відрізками a , b та c і трьома кутами α , β та γ між осями.

В загальному випадку координати косокутні. Величини a , b , c та α , β , γ є метрикою кристалу (осьові одиниці та кути).

Тобто, класифікація кристалів за сингоніями визначається обранням

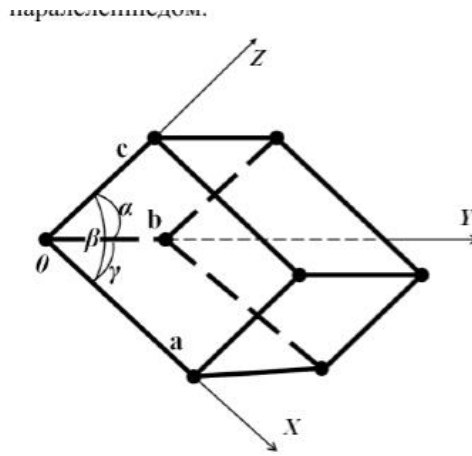


Рисунок 1.7 – Елементарний паралелепіпед кристалографічної системи координат.

Таблиця 1.3 – Характеристика сингоній кристалів

Категорія	Сингонія	Метрика кристалів	Головні напрямки	Кількість класів в сингонії	Типові представники	Розподілення вивчених кристалів
Нижча	Триклінна	$a \neq b \neq c;$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$		2	$K_2Cr_2O_7$	290-3,5 %
	Моноклінна	$a \neq b \neq c;$ $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$	L_2	3	$CaSO_4 \times 2H_2O$	2345-27 %
	Ромбічна	$a \neq b \neq c;$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$3L_2$	3	Fe_3C	1980-22,5 %
Середня	Тригональна	$a = b = c;$ $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	$L_3; L_{\bar{3}}$	5	Al; Sb; Bi	967-11 %
	Тетрагональна	$a = b \neq c;$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$L_4; L_{\bar{4}}$	7	$\beta - Sn$	799-9 %
	Гексагональна	$a = b \neq c;$ $\alpha = \beta = 90^\circ;$ $\gamma = 120^\circ$	$L_6; L_{\bar{6}}$	7	Sn; Cd	645-6 %
Вища	Кубічна	$a = b = c;$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$3L_4$	5	Більшість металів і іонних кристалів	1763-20 %

Як наслідок, сингонія кристалу визначається співвідношенням показників метричних характеристик елементарної комірки.

Сукупність елементів симетрії залежить від внутрішньої структури кристалу, яка в свою чергу, залежить від елементарної комірки і її кількісних параметрів (метрик).

Рекомендована література:

1. Узлов К.І. Кристалографія, кристалохімія та мінералогія. Частина I: Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 36 с.
2. Андрєєв В.В. Утворення та природне асоціювання мінералів в земній корі / В.В. Андрєєв. – Харків: вид-во ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2009. -92с.
3. Павлишин В.І., Довгий С.О. Мінералогія: підр. — К.: КНТ, 2008. — Ч. 1. — 536 с.;

Тема 2

Основи кристалохімії

План лекції:

1. Конституція кристалів.
2. Агрегатний стан мінералів.
3. Характеристика структурних одиниць кристалічної решітки мінералів.
4. Типи хімічних зв'язків .
5. Розміри атомів та іонів.
6. Найщільніші упаковки атомів та іонів.
7. Типи порожнин в упаковках.
8. Уявлення про координаційне число.
9. Залежність фізичних властивостей кристалів від мотивів їх структур.
10. Поліморфізм і політипія.
11. Монотропні та енантіотропні перетворення кристалів. Параморфізм.
12. Хімічний склад, хімічні властивості та формули мінералів.
13. Мінерали сталого і змінного складу.
14. Ізоморфізм.
15. Роль і форми води в мінералах.
16. Включення в мінералах.
17. Обчислення формул мінералів за даними валового хімічного аналізу.
18. Морфологія мінералів, зростків та мінеральних агрегатів.

Рекомендована література:

4. Узлов К.І. Кристалографія, кристалохімія та мінералогія. Частина I: Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 36 с.
5. Узлов К.І. Кристалографія, кристалохімія та мінералогія. Частина II: Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 52 с.
6. Матковский О., Павлишин В., Сливко Є. Основи мінералогії України. Львів: ЛНУ, 2009. – 856с.

Тема 3

Основи кристалофізики

План лекції:

1. Фізичні, фізико-хімічні властивості мінералів та залежність від особливостей їх складу і текстури.
2. Механічні властивості.
3. Твердість.
4. Анізотропія твердості мінералів.
5. Крихкість. Ковкість.
6. Спайність, окремість, злам. Гнучкість і пружність.
7. Оптичні властивості. Світловідбиття, блиск, світловбирання (прозорі, напівпрозорі і непрозорі мінерали).

8. Забарвлення мінералів (ідіохроматичне, алохроматичне, псевдохроматичне).
9. Колір риси. Мінливість, іризація, опалесценція. Люмінесценція.
10. Щільність кристалів.
11. Магнітні властивості кристалів. Феромагнітні, парамагнітні і діамагнітні мінерали.
12. Радіоактивні властивості кристалів.
13. Розчинність, взаємодія з кислотами, реакції окислення і відновлення, гідролізу і обмінного розкладання мінералів.
14. Діагностичне, генетичне і технічне значення. Вивчення фізичних і фізико-хімічних властивостей мінералів.

Рекомендована література:

1. Андрєєв В.В. Утворення та природне асоціювання мінералів в земній корі / В.В. Андрєєв. – Харків: вид-во ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2009. -92с.
2. Заріцький П.В. Тихоненко Д.Г., Горін М.О., Андрєєв В.В. Дегтярьов В.В. Підручник з грифом МОН. “Геологія з основами мінералогії.”
3. Лазаренко Е.К. Курс Минералогии/ Е.К. Лазаренко. – Москва: Высшая школа, 1971. – 707 с.
4. Матковський О.І., Пирогов Б.І. Прикладна мінералогія : Навч. посіб. — Львів : ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка, 2002. — 285 с.

Тема 4

Кристалогенезис

План лекції:

1. Зародження мінералів. Гомогенне зародження.
2. Гетерогенне зародження (на поверхні рідини, на мінералах). Зародження та генерації мінералів.
3. Ріст мінералів (плоскими шарами, спіральними шарами), мікроблочний ріст, ріст метакристалів. Швидкість росту кристалів.
4. Взаємодія кристала й середовища.
5. Зміна й руйнування мінералів (механічні деформації, розчинення мінералів, регенерація, псевдоморфози, перекристалізація).
6. Синтез мінералів: методи утворення кристалів (із розчину, розплаву, газової фази, зонна кристалізація, плавлення в полум'ї – метод Вернейля), можливості і перспективи.

Рекомендована література:

1. Андрєєв В.В. Утворення та природне асоціювання мінералів в земній корі / В.В. Андрєєв. – Харків: вид-во ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2009. -92с.
2. Заріцький П.В. Тихоненко Д.Г., Горін М.О., Андрєєв В.В. Дегтярьов В.В. Підручник з грифом МОН. “Геологія з основами мінералогії.”

3. Матковський О.І., Пирогов Б.І. Прикладна мінералогія : Навч. посіб. — Львів : ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка, 2002. — 285 с.

РОЗДІЛ 2. СИСТЕМАТИЧНА МІНЕРАЛОГІЯ

Тема 5

Мінералогічна систематика

План лекції:

1. Класифікація мінералів.
2. Сполуки неорганічні і органічні.
3. Мінеральний вид, різновид і мінеральні відміни.
4. Походження назви мінералів.
5. Кристалохімічні та інші класифікації мінералів.
6. Сучасні принципи систематики мінералів за їх складом і будовою.
7. Тип самородних елементів (простих речовин).
8. Загальна характеристика.
9. Тип галоїдів. Загальна характеристика.

Рекомендована література:

1. Матковський О.І., Пирогов Б.І. Прикладна мінералогія : Навч. посіб. — Львів : ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка, 2002. — 285 с.
2. Мінералого-петрографічний словник. Книга перша. Мінералогічний словник/[Укл.: Білецький В.С., Суярко В.Г., Іщенко Л.В.]. — Харків: НТУ «ХП», Київ: ФОП Халіков Р.Х., 2018. — 444 с.
3. Павлишин В.І., Довгий С.О. Мінералогія : підр. — К. : КНТ, 2008. — Ч. 1. — 536 с.

Тип сульфідів та їх аналогів

План лекції:

1. Кристалографічна будова
2. Загальна характеристика.
3. Основні представники.
4. Фізичні властивості мінералів.
5. Промислове значення.
6. Родовища корисних копалин.

Тип кисневих сполук

План лекції:

1. Кристалографічна будова.
2. Класифікація.
3. Загальна характеристика.
4. Основні представники.
5. Фізичні властивості мінералів.
6. Промислове значення.

7. Родовища корисних копалин.

Клас карбонатів, нітратів, сульфатів, хроматів, молібдатів і вольфраматів, фосфатів, арсенатів, ванадатів, боратів

План лекції:

1. Кристалографічна будова: карбонатів, нітратів, сульфатів, хроматів, молібдатів, вольфраматів, фосфатів, арсенатів, ванадатів, боратів.
2. Класифікація.
3. Загальна характеристика.
4. Основні представники.
5. Фізичні властивості мінералів.
6. Промислове значення.
7. Родовища корисних копалин.

Клас силікатів і алюмосилікатів. Підклас а. Силікати з ізольованими кремнекисневими тетраедрами (ортосилікати)

План лекції:

1. Кристалографічна будова.
2. Класифікація.
3. Загальна характеристика.
4. Основні представники.
5. Фізичні властивості мінералів.
6. Промислове значення.
7. Родовища корисних копалин.

Підклас б. силікати острівної структури

План лекції:

1. Кристалографічна будова.
2. Загальна характеристика.
3. Різновиди мінералів.
4. Основні представники.
5. Фізичні властивості мінералів.
6. Промислове значення.
7. Родовища корисних копалин.

Підклас в. Силікати ланцюжкової структури

План лекції:

1. Кристалографічна будова.
2. Загальна характеристика.
3. Основні представники.
4. Різновиди мінералів.

5. Фізичні властивості мінералів.
6. Промислове значення.
7. Родовища корисних копалин.

Підклас г. Силікати і алюмосилікати шаруватої структури (листові силікати)

План лекції:

1. Кристалографічна будова.
2. Особливості кристалохімії.
3. Загальна характеристика.
4. Основні представники.
5. Різновиди мінералів.
6. Фізичні властивості мінералів.
7. Промислове значення.
8. Родовища корисних копалин.

Підклас д. Алюмосилікати з тривимірними кремнеалюмокисневими каркасами тетраєдрів (каркасні алюмосилікати)

План лекції:

1. Кристалографічна будова.
2. Загальна характеристика польових шпатів та фельдшпапоїдів.
3. Загальна характеристика біоорганічних сполук.
4. Основні представники.
5. Різновиди мінералів.
6. Фізичні властивості мінералів.
7. Промислове значення.
8. Родовища корисних копалин.
9. Найважливіші мінеральні асоціації земної кори.

Теми лабораторних занять з курсу «Загальна мінералогія з основами кристалографії»

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Лабораторна робота №1 Визначення елементів симетрії багатогранників	4/1
2.	Лабораторна робота №2. Визначення простих форм кристалів	4/1
3.	Лабораторна робота №3. Визначення сингоній кристалічних багатогранників	4/1
4.	Лабораторна робота № 4. Визначення морфології мінералів та мінеральних агрегатів	4/1
5.	Лабораторна робота № 5. Визначення фізичних властивостей мінералів	4/1
6.	Лабораторна робота № 6. Ознайомлення з мінералами класу прості речовини	4/2
7.	Лабораторна робота № 7. Ознайомлення з мінералами класу сульфідів	4/1
8.	Лабораторна робота № 8. Ознайомлення з мінералами класу оксиди та гідроксиди	4/2
9.	Лабораторні роботи № 9. Ознайомлення з мінералами острівних силікатів.	4/1
10.	Лабораторні роботи № 10. Ознайомлення з мінералами піроксенів, амфіболітів, слюд	4/1
11.	Лабораторна робота № 11. Ознайомлення з мінералами каркасних силікатів.	4/1
12.	Лабораторна робота № 11. Ознайомлення з мінералами карбонатів, фосфатів, галоїдів	4/1
13.	Загалом	48/14

РОЗДІЛ 1. КРИСТАЛОГРАФІЯ

ТЕМА №1.

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ГЕОМЕТРИЧНОЇ КРИСТАЛОГРАФІЇ.

Лабораторна робота №1 Визначення елементів симетрії кристалічних багатогранників.

Мета роботи: ознайомитися з елементами симетрії кристалічних речовин. Оволодіти навичками визначення елементів симетрії кристалічних багатогранників.

Обладнання: Моделі кристалів, таблиця «Види симетрії та сингонії кристалів» (табл. №2), довідкові матеріали «Прості форми кристалів» (див. додаток №).

Виконання роботи:

1. Отримати від викладача моделі кристалів різних сингоній.
2. Для кожної моделі визначити:
 - центр інверсії, площини симетрії та вісі симетрії, інверсійну вісь;
 - користуючись довідковими матеріалами визначити і записати назву форми кристала;
 - результати записати до таблиці: (табл. № 1)

Елементи, що визначаються	Номер моделі		
Центр інверсії			
Кількість площин симетрії			
Вісі симетрії			
Назва кристалічного багатогутника			

Лабораторна робота №2.

Визначення простих форм кристалів

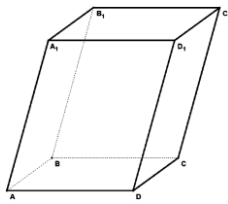
Мета роботи: ознайомитися з простими формами та комбінаціями простих форм кристалічних багатогранників.

Обладнання: таблиці простих форм та їх комбінацій (дод. №1), таблиця сингоній кристалічних багатогранників (табл. №2), моделі кристалів, лінійка, олівець, аркуш паперу.

Виконання роботи:

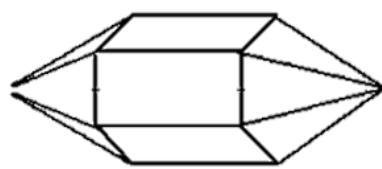
1. Отримати від викладача моделі кристалів різних форм.
2. Для кожної моделі визначити:
3. Форму кристалічного багатогранника: відкрита чи закрита;
4. Для простої – визначити назву, а для комбінації – з яких простих форм складена фігура (замалювати фігуру).
5. Визначити елементи симетрії.
6. Результати роботи оформити у вигляді звіту.

Приклад:

Ромбічна призма Закрита форма Нижча категорія, ромбічна сингонія. Має формулу $3L_23PC$	Замальовка 
--	---

Комбінація гексагональної призми та
гексагональної піраміди
Закрита форма
Середня категорія. Формула
 L_63L_24PC

Замальовка



Лабораторна робота №3.
Визначення сингоній кристалічних багатогранників

Мета: використовуючи моделі кристалів навчитися визначати сингонії кристалічних багатогранників.

Обладнання: моделі кристалів.

Виконання роботи:

1. Отримати від викладача моделі кристалів різних сингоній.
2. Для кожної моделі визначити:
 - центр інверсії, площини симетрії та вісі симетрії, інверсійну вісь;
 - визначити сингонію та категорію кристала;
 - дати назву простої форми кристала;
 - результати записати до таблиці: (табл. № 1)

Елементи, що визначаються	Номер моделі		
Центр інверсії			
Кількість площин симетрії			
Вісі симетрії			
Назва кристалічного багатогутника			
Сингонія, категорія			

Лабораторна робота № 4. Визначення морфології мінералів та мінеральних агрегатів.

Мета: навчитися визначати габітус кристалів мінералів та форми мінеральних агрегатів.

Обладнання: робоча колекція мінералів з різними габітусними формами кристалів мінералів та різними видами мінеральних агрегатів, збільшуваче скла.

Лабораторна робота 5. Визначення фізичних властивостей мінералів

Мета роботи: навчитися діагностувати фізичні властивості мінералів різних типів і класів.

Обладнання: зразки еталонної і робочої мінералогічної колекції, шкала твердості Мооса, лупа, соляна кислота, геологічний компас, таблиці визначення мінералів.

Виконання роботи:

- вступна частина першого заняття присвячується вивченню фізичних властивостей мінералів та вивчення еталонної колекції зразків мінералів.

- потім студент отримує коробку із зразками мінералів,

- по черзі для кожного мінералу визначає і записує в робочий зошит діагностичні ознаки;

- за допомогою заздалегідь складеного конспекту властивостей мінералів діагностує мінерали, характеризує мінеральні парагенезиси, вторинні зміни мінералів;

- в кінці заняття представляє результати виконаної роботи.

Форма представлення результатів: в письмовому вигляді з усним звітом, демонстрацією діагностичних ознак мінералів безпосередньо на зразках, характеристикою парагенезисів, вторинних змін мінералів, висновками про практичну цінність мінералів.

Приклад виконання

Зразок № 1.

Великокристалічний агрегат двох мінералів:

1. Галеніт - PbS. Кристали величиною 0,5-1,0 см.

- Облік кристалів - ізометричний.
- Колір - свинцево-сірий.
- Колір риси - свинцево-сіра, блискуча.
- Блиск - металевий.
- Твердість - 3.
- Спайність – досконала.

2. Сфалерит - (Zn, Fe) S. Поодинокі зерна що, зростаються з галенітом.

- Облік кристалів - ізометричний.
- Колір - темно-коричневий.
- Колір риси - світло-бура, матова.

- *Блиск - алмазний.*
- *Твердість - 3-4.*
- *Спайність – досконала.*
- *Під дією розведеної HCl миттєво поширюється запах сірководню.*

Висновок: зразок складається з двох мінералів: галеніту і сфалериту. Темно-коричневий колір сфалериту свідчить про підвищений вміст в цьому мінералі ізоморфної домішки заліза. Утворення мінералів - гідротермальне. Зразок являє собою в практичному відношенні цинково-свинцеву руду, в якій, крім свинцю і цинку, можуть міститися також срібло, золото (в галеніті), кадмій (в сфалериті).

Лабораторна робота 6-12. Ознайомлення із типами та класами мінералів

Мета роботи: навчитися визначати мінерали різних типів і класів.

Обладнання: зразки еталонної і робочої мінералогічної колекції, шкала твердості Мооса, лупа, соляна кислота, геологічний компас, таблиці визначення мінералів.

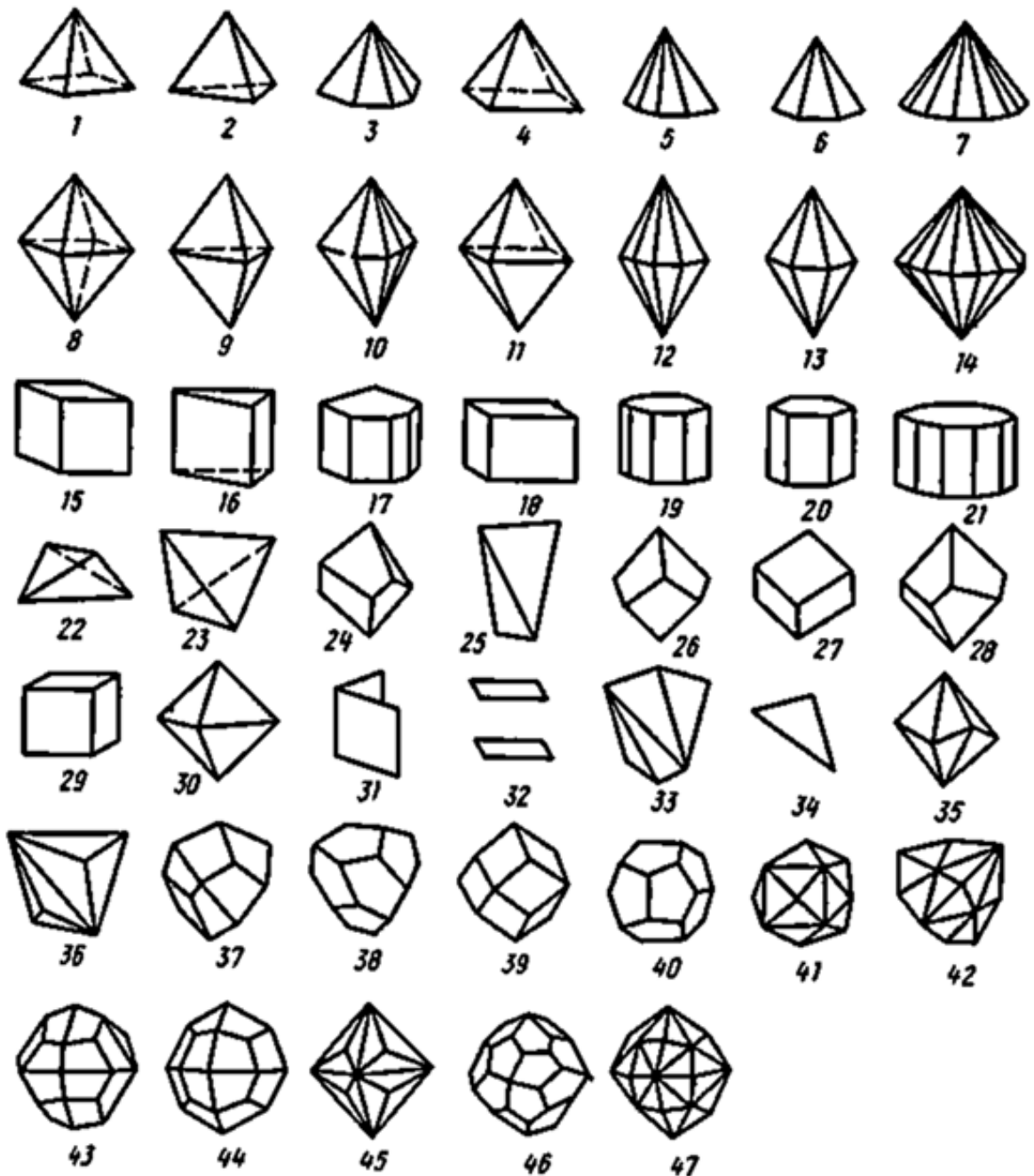
Виконання роботи:

1. Ознайомлення із робочою колекцією мінералів різних класів та груп.
2. Діагностування мінералів.
3. Заповнення журналу «фізичні властивості мінералів» (дод.3)

Представлення звіту з виконаних робіт відбувається в усній формі у такій послідовності: 1) заповнений конспект «фізичні властивості мінералів» з теми заняття→2) здача формул мінералів та основних діагностичних ознак мінералів →3) визначення діагностичних ознак та встановлення мінералів даного класу.

ДОДАТОК №1

Лабораторна робота №2. Визначення простих форм кристалів



1 – ромбічна піраміда, 2 – тригональна піраміда, 3 – дітригональна піраміда, 4 – тетрагональна піраміда, 5 – дітетрагональна піраміда, 6 – гексагональна піраміда, 7 – дігексагональна піраміда, 8 – ромбічна діпіраміда, 9 – тригональна діпіраміда, 10 – дітригональна діпіраміда, 11 – тетрагональна діпіраміда, 12 – дітетрагональна діпіраміда, 13 – гексагональна діпіраміда, 14 – дігексагональна діпіраміда, 15 – ромбічна призма, 16 – тригональна призма, 17 – дітригональна призма, 18 – тетрагональна призма, 19 – дітетрагональна призма, 20 – гексагональна призма, 21 – дігексагональна призма, 22 – ромбічний тетраедр, 23 – тетраедр, 24 – тригональний трапецоєдр, 25 – тетрагональний тетраедр, 26 – тетрагональний трапецоєдр, 27 – ромбоєдр, 28 – гексагональний трапецоєдр, 29 – куб, 30 – октаєдр, 31 – дієдр, 32 – пінакоїд, 33 – тетрагональний скаленоедр, 34 – моноєдр, 35 – дітригональний скаленоедр, 36 – тригонтритетраєдр, 37 – тетрагон-тритетраєдр, 38 – пентагон-тритетраєдр, 39 – ромбододєкаєдр, 40 – пентагон-додєкаєдр, 41 – тетрагексаєдр, 42 – гексатетраєдр, 43 – дідодєкаєдр, 44 – тетрагон-триоктаєдр, 45 – тригон-триоктаєдр, 46 – пентагон-триоктаєдр, 47 – гексаоктаєдр

ДОДАТОК 4
Фізичні характеристики основних породоутворюючих мінералів

Назва мінералу	Інша назва	Хімічна формула	Кристал. гратка	Блиск	Колір	Щільність г/см ³	Твердість за Моосом	Примітки
Золото	-	Au	Куб.	Мет.	Золотисто-жовтий	До 19,3	2,5	Розчиняється у Царській горілці
Платина	Поліксен	Pt	Куб.	Мет.	Сталево-сірий	До 19,0	4-4,5	Теж саме
Сірка	-	S	Ромбіч.	Алм.	Жовтий	2,07	1-2,5	Горить синім полум'ям
Залізо	-	Fe	Куб.	Мет.	Сталево-сірий	7,3-7,9	4-5	Феромагнітний
Графіт	-	C	Гексаг.	Мет.	Чорний	2,09-2,23	1-2	Пише по паперу
Алмаз	-	C	Куб.	Алм.	Безколір.	3,47-3,56	10	-
Пірит	Сірий та залізний колчедан	FeS ₂	Куб.	Мет.	Солом'яно-жовтий	4,9-5,2	6-6,5	Чорна риска
Піротин	Магнітний колчедан	FeS	Гексаг.	Мет.	Бронзово-жовтий	4,6-4,7	4	Феромагнітний
Арсенопірит	Отруйний миш'яковий колчедан	FeAsS	Монокл.	Мет.	Олов'яно-білий	5,9-6,2	5,5-6	-
Халькопірит	Мідний колчедан	CuFeS ₂	Тетрагон.	Мет.	Зеленувато-жовтий	4,1-4,3	3-4	Вкритий строкатою мінливістю
Борніт	Строката мідна	Cu ₅ FeS ₄	Куб.	Мет.	Мідно-червоний	4,9-5,2	3	Вкритий яскраво-

	руда							синьою мінливістю
Галеніт	Свинцевий блиск	PbS	Куб.	Мет.	Свинцево-сірий	7,4-7,6	2-3	-
Сфалерит	Цинкова обманка	ZnS	Куб.	Алм.	Бурий, чорний	3,5-4,2	3-4	-
Молібденіт	Молібденовий блиск	MoS ₂	Гексаг.	Мет.	Свинцево-сірий	4,7-4,8	1	Пише по паперу
Кіновар		HgS	Тригон.	Алм.	Червоний	8,1-8,2	2-2,5	-
Аурипігмент	-	As ₂ S ₃	Монокл.	Скл.	Лимонно-жовтий	3,4-3,5	1-2	-
Реальгар	-	AsS	Монокл.	Скл.	Помаранчевий	3,4-3,6	1,5-2	-
Антимоніт	Стибиніт	Sb ₂ S ₃	Ромбіч.	Мет.	Свинцево-сірий	4,5-4,6	2-2,5	-
Флюорит	Плавииковий шпат	CaF ₂	Куб.	Скл.	Безколір., зелений, фіолетовий	3,18	4	-
Галіт	Кам'яна сіль	NaCl	Куб.	Скл.	Безколір., червоний	2,1-2,2	2	Солоний на смак
Сильвін		KCl	Ромб.	Скл.	Безколір., білий, рожевий	1,97-2,0	1,5-2	-
Карналіт		MgCl ₂ ·KCl·6H ₂ O	Ромб.	Скл.	Червоний	1,6	2-3	-
Магнетит	Магнітний залізняк	Fe ₃ O ₄	Куб.	Напівметал	Чорний	5,17	5,5-6	Магніт.
Гематит	Червоний залізняк	Fe ₂ O ₃	Тригон.	Напівметал	Чорний, стальний, червоний	5,26	5,5-6	Не магніт.
Хроміт	Хромистий залізняк	FeO · Cr ₂ O ₃	Куб.	Метал.	Чорний	4,0-4,8	5,5-7,5	-
Ільменіт	Титанистий залізняк	FeO · TiO ₂	Триг.	Напівметал	Чорний, стальний	4,72	5-6	Слабо магніт.

Піролюзит -		MnO ₂	Тетраг.	Напівметал	Чорний	4,7-5,0	5-6	-
Корунд		Al ₂ O ₃	Триг.	Склян.	Синюватий, жовто-сірий	3,95-4,10	9	-
Кварц		SiO ₂	Триг.	Склян.	Безбарвний, білий, молочний, жовтий, фіолетовий, чорний	2,65	7	-
Кальцит	Вапняний шпат	CaCO ₃	Тригон.	Склян.	Безбарвний, молочно-білий	2,6-2,8	3	+ HCl на холоді
Магnezит	Магнезіаль- ний шпат	MgCO ₃	Тригон.	Склян.	Білий, сірий	2,9-3,1	4-4,5	- HCl на холоді
Доломіт		(Ca, Mg) CO ₃	Тригон.	Склян.	Жовто-білий	2,6-3,1	3,5-4	
Сидерит	Залізний шпат	FeCO ₃	Тригон.	Склян.	Жовтувато- бурий, зеленуватий	3,9	3,5-4,5	+ HCl
Родохрозит	Марганцевий шпат	MnCO ₃	Тригон.	Склян.	Рожевий, малиновий	3,6-3,7	3,5-4,5	+ HCl
Малахіт	-	CuCO ₃ · Cu(OH) ₂	Монокл.	Склян.	Зелений	3,9-4,1	3,5-4	+ HCl
Азурит	Мідна лазур	2CuCO ₃ · Cu(OH) ₂	Монокл.	Склян.	Синій	3,7-3,9	3,5-4	+ HCl
Гіпс	-	CaSO ₄ · 2H ₂ O	Монокл.	Склян.	Білий	2,3	2	-
Ангідрит	-	CaSO ₄	Ромб.	Склян.	Білий, сіруватий	2,8-3,0	3-3,5	-
Барит	Важкий шпат	BaSO ₄	Ромб.	Склян.	Білий, сірий	4,3-4,7	3-3,5	-
Вольфраміт	Вовчець	MnFeWO ₄	Монокл.	Алм.	Бурувато- чорний	6,5-7,5	4,5-5,5	-
Шеєліт	-	CaWO ₄	Тетраг.	Склян.	Жовтуватий	5,8-6,2	4,5	-
Апатит	-	3[3CaO · P ₂ O ₅] · CaF ₂	Гексаг.	Склян.	Блідо-зелений	3,18-3,21	5	-

Олівін	Перідот	$(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$	Ромб.	Склян.	Зеленувато-жовтий	3,0-3,5	6,5-7	-
Топаз	-	$\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F, OH})_2$	Ромб.	Склян.	Жовтий	3,52-3,57	8	-
Дістен	Кіаніт	$\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$	Трикл.	Склян.	Блакитний	3,56-3,68	4,5 і 7	-
Гранат	-	$\text{A-Fe}^{2+}, \text{Mn, Ca, Mg}$;	Кубіч.	Склян.	Багатьох кольорів	3,5-4,2	6,5-7	-
Берил	-	$\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$	Гексагон.	Склян.	Зелений, колір морської хвилі	2,63-2,91	7,5-8	-
Турмалін	-	$(\text{Na, Ca})(\text{Mg, Al})_6[\text{B}_3\text{Al}_3\text{Si}_6(\text{O, OH})_{30}]$	Тригон.	Склян.	Чорний, червоний, коричневий,	2,90-3,25	7-7,5	-
Діопсид	-	$\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	Монокл.	Склян.	Зелений, сірий	3,27-3,38	5,5-6	-
Геденбергіт	-	$\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	Монокл.	Склян.	Зелений, чорно-зелений	3,5-3,6	5,5-6	-
Егірін	-	$\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	Монокл.	Склян.	Зеленувато-чорний	3,43-3,60	5,5-6	-
Авгіт	-	$\text{Ca}(\text{Mg, Fe, Al})[(\text{Si, Al})_2\text{O}_6]$	Монокл.	Склян.	Чорний. зеленувато-чорний	3,2-3,6	5-6	-
Сподумен	-	$\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	Монокл.	Склян.	Сірувато-білий із зеленим відтінком	3,13-3,20	6,5-7	-
Гіперстен	-	$\text{MgFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	Ромб.	Склян.	Зелений	3,3-3,5	5-6	-
Енстатит	-	$\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$	Ромб.	Склян.	Безбарвний із зеленим відтінком	3,1-3,3	5,5	-
Воластоніт	Дощатий шпат	CaSiO_3	Трикл.	Склян.	Білий із сірим або червоним відтінком	2,78-2,91	4,5-5	-
Родоніт	Орлець	MnSiO_3	Трикл.	Склян.	Рожевий	3,40-3,75	5-5,5	-

Актиноліт	променистий камінь	$\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$	Монокл.	Склян.	Зел.-сірий, зелений	3,1-3,3	5,5-6	-
Рогова обманка	-	$\text{NaCa}_2(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_3[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$	Монокл.	Склян.	Зелений, бурий, чорний відтінком	3,1-3,3	5,5-6	-
Мусковіт	-	$\text{KAl}_2[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH})_2$	Монокл.	Склян.		2,76-3,10	2-3	-
Біотит	-	$\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{F}, \text{OH})_2$	Монокл.	Склян.	Чорний	3,02-3,12	2-3	-
Флогопіт	-	$\text{KMg}_3[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{F}, \text{OH})_2$	Монокл.	Склян.	Жовтувато-бурий червонуватий,	2,7-2,85	2-3	-
Вермикуліт	-	$\text{Mg}_3[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Монокл.	Жирний	Жовтувато-бурий	2,4-2,7	1-1,5	-
Тальк	-	$\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$	Монокл.	Жирний	Білий, блідо-зелений	2,7-2,8	1	-
Серпентин	Змійовик	$\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$	Монокл.	Склян., жирний	Темно-зелений, буруватий	2,5-2,7	2,5-3	-
Шамозит	-	$\text{Fe}_4\text{Al}[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH})_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Монокл.	Перламутр.	Зел.-сірий до чорного	3,03-3,40	3	-
Каолініт	-	$\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$	Монокл.	Перламутр.	Білий	2,58-2,60	1	-
Монтморилоніт	-	$\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Монокл.	Матовий, восковий	Білий, сіруватий	2,4-2,7	1-1,5	-
Ортоклаз	-	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_6]$	Монокл.	Склян.	Буро-жовтий, кремувато-білий	2,55-2,58	6-6,5	-
Мікроклін	-	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	Трикл.	Склян.	Буро-жовтий, кремувато-білий	2,54-2,57	6-6,5	-

Альбіт	-	$\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	Трикл.	Склян.	Білий	2,61	6-6,5	-
Анортит	-	$\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$	Трикл.	Склян.	Білий до сірого	2,76	6-,65	-
Нефелін	-	$\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$	Гексагон.	Склян.	Сірий із червонуватим зеленуватим відтінком	2,6	5-6	-
Лейцит	-	$\text{Ca}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$	Тетрагон.	Склян.	Безбарвний, сірий	2,45-2,5	5-6	-
Скаполіт	-	$(\text{Na}, \text{Ca})_4[\text{Al}(\text{Al}, \text{Si})\text{Si}_2\text{O}_8][\text{Cl}, \text{CO}_3]$	Тетрагон.	Склян.	Безбарвний	2,61-2,75	5-6	-
Лазурит	-	$(\text{Na}, \text{Ca})_8[\text{AlSiO}_4]_6(\text{SO}_4, \text{Cl}, \text{S})_2$	Кубіч.	Склян.	Синій	2,38-2,42	5,5	-

Харківський національний університет імені В.Н. Карзіна

Факультет геології, географії, рекреації і туризму

Спеціальність 103 Науки про Землю

Освітньо-професійна програма: Геологічна зйомка, пошук та розвідка корисних копалин

Геологія нафти і газу

Семестр **1**

Форма навчання: **денне**

Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень): **бакалавр**

Навчальна дисципліна: Загальна мінералогія з основами кристалографії

ЕКЗАМЕНАЦІЙНЕ ЗАВДАННЯ

Варіант №1

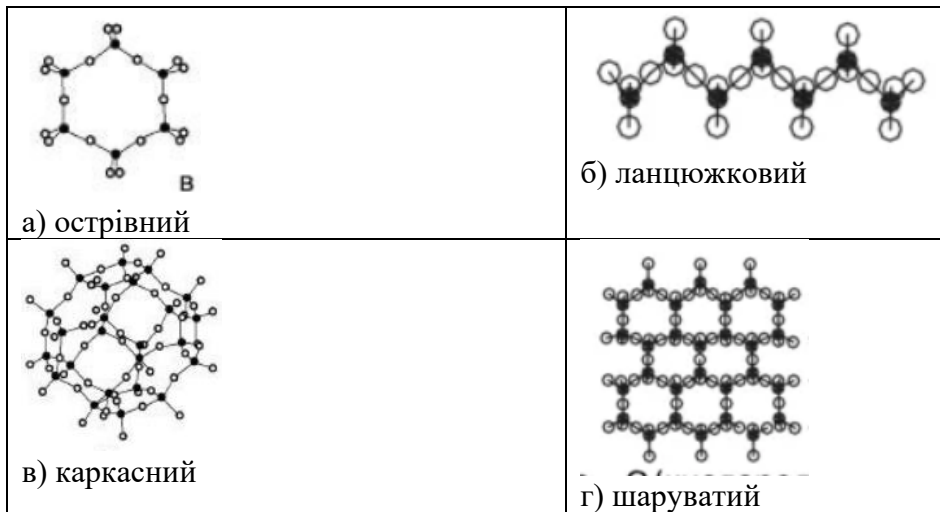
Блок 1. За кожен правильну відповідь 0,5 бала

1. Визначення мінерал включає:
 - а) природні хімічні з'єднання кристалічної структури, які є частинами гірських порід та руд;
 - б) тверді скритокристалічні та аморфні природні з'єднання;
 - в) природні рідкі речовини процесів мінералоутворення;
 - г) природні хімічно та структурно однорідні складові частини Місяця, планет, метеоритів.
2. Основна особливість кристалічних речовин:
 - а) всі вони характеризуються фізичними властивостями;
 - б) атоми розміщуються закономірно у вузлах кристалічної решітки;
 - в) вісі симетрії для всіх кристалів однакові;
 - г) кристали характеризуються несталою будовою.
3. Назвіть просту форму кристала:



4. Який тип хімічного зв'язку характерний для корунду:
 - а) іонний
 - б) ковалентний
 - в) молекулярний
 - г) металевий
5. Що таке спайність:
 - а) здатність мінералів чинити опір механічній дії на нього;
 - б) здатність мінералів відбивати світло;
 - в) здатність розколюватися на окремі площини;
 - г) здатність світитися в момент опромінення.

6. Якщо координаційні поліедри з'єднані один з одним катіонами чи аніонами, то це:



7. Проста форма кристалів:

- сукупність граней, ребер і площин
- єдиний напрям у кристалі, який не повторюється
- сукупність граней, зв'язаних між собою елементами симетрії
- загальний вид кристала

8. Умови, яких дотримуються при ізоморфізмі:

- електронейтральність кристалічної ґратки мінерала
- близькість радіусів атомів та йонів, що приймають участь в ізоморфізмі
- схожість хімічних властивостей заміщуваних один одного елементів
- взаємне розміщення атомів та йонів у вузлах кристалічної решітки з порушенням її властивостей

9. До якого типу води належать молекули H_2O у мінералі гіпс $\text{Ca}[\text{SO}_4] \times 2\text{H}_2\text{O}$:

- кристалізаційна
- структурна
- конституційна
- гігроскопічна

10. Що таке типоморфізм мінералів:

- різні забарвлення у турмаліну
- висока твердість корунду
- різна спайність у польових шпатів
- зростки двох мінералів

11. Кристал це:

- аморфне тіло, що має форму багатогранника та характеризується симетричністю;
- тверде тіло, що має форму багатогранника та характеризується симетричністю;
- тверде тіло, що має форму багатогранника та характеризується елементами симетрії;
- аморфне тіло, що має форму багатогранника та характеризується елементами симетрії.

12. Якою властивістю кристалічних речовин характеризується кулька галіту, якщо помістивши її у перенасичений соляний розчин вона приймає форму куба:

- ізотропність
- анізотропність

- в) здатність до самогранювання
- в) плавлення

13. Назвіть просту форму кристала:



14. Який тип хімічного зв'язку характерний для піриту:

- а) іонний
- б) ковалентний
- в) молекулярний
- г) металевий

15. Рівний злам характерний для мінералів:

- а) крихких
- б) твердих
- в) волокнистих
- г) пластинчатих

16. Чим характеризується досконала спайність у мінералів:

- а) якщо мінерал дає нерівну поверхню зламу
- б) частина поверхні мінералів обмежена нерівними поверхнями зламу
- в) мінерал у певному напрямку колеться на рівні блискучі площини
- г) у певному напрямку мінерал легко колеться на пластинки, луски, листочки

Блок 2. За кожен правильну відповідь 1 бал

17. Скласти мінерали за твердістю:

Пірит	7
Золото	2
Кіноварь	3
Ізумруд	6

18. Виберіть мінерали у структурі яких є катіони кальцію:

- | | |
|----------------|-------------|
| а) халькопірит | д) уваровіт |
| б) флюорит | е) сфен |
| в) силвін | є) мусковіт |
| г) кальцит | ж) доломіт |

19. Співставте кольори мінералів та елементи хромофори:

Коричневий (сидерит, лимоніт, гематит)	Fe^{3+}
Червоний (рубін)	Cr^{3+}
Зелений (малахіт)	Cr^{6+}
Помаранчевий (крокоїт)	Cu^{2+}
Зелений (уваровіт)	Cr^{3+}



20. Розставте у правильній послідовності порядок утворення мінералів при магматичному мінералоутворенні:

кварц, анортит, ортоклаз, олівін, галеніт

21. Роздільте мінерали по типу мінералоутворення:

Кислі магми	Гідротермальний процес	Метаморфічний процес	Вивітрювання

Польові шпати, кварц, слюда, апатит, опал, гідроксиди заліза, монтморилоніт, каолініт, галеніт, сфалерит, кальцит, кіновар, волостаніту, діопсиду, мармур, графіт

Блок 3. За кожен правильну відповідь 2 бали

22. Складові пневматолітового процесу?

23. Дайте загальну характеристику групи слюд та укажіть різновиди мінералів цієї групи.

24. Перелічіть та охарактеризуйте різновиди групи турмаліну.

Харківський національний університет імені В.Н. Карзіна

Факультет геології, географії, рекреації і туризму

Спеціальність 103 Науки про Землю

Освітньо-професійна програма Геологічна зйомка, пошук та розвідка корисних копалин,
Геологія нафти і газу

Семестр **1**

Форма навчання: **денне**

Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень): **бакалавр**

Навчальна дисципліна: Загальна мінералогія з основами кристалографії

ЕКЗАМЕНАЦІЙНЕ ЗАВДАННЯ

Варіант №2

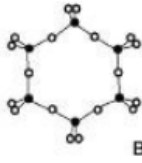
Блок 1. За кожну правильну відповідь 0,5 бала

1. Визначення поняття «Мінеральний вид» включає:
 - а) природні хімічні з'єднання, що характеризуються сталим хімічним складом та кристалічною структурою;
 - б) природні хімічні з'єднання, що характеризуються змінним хімічним складом та змінною кристалічною структурою;
 - в) поліморфні модифікації є одним мінеральним видом;
 - г) поліморфні модифікації є різними мінеральними видами.
2. Як називаються тверді тіла, атоми у яких розміщені хаотично та не утворюють багатогранників:
 - а) колоїдні тіла
 - б) аморфні тіла
 - в) аерозолі
 - г) рідини
3. Назвіть просту форму кристала:

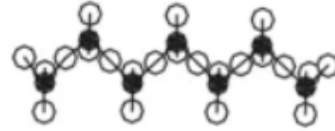


4. Який тип хімічного зв'язку характерний для галіту:
 - а) іонний
 - б) ковалентний
 - в) молекулярний
 - г) металевий
5. Для яких мінералів характерний шовковистий блиск:
 - а) щільних
 - б) прозорих
 - в) волокнистих
 - г) слоїстих

6. Якщо координаційні поліедри з'єднані один з одним у безкінечні шари у двох напрямках, то це:



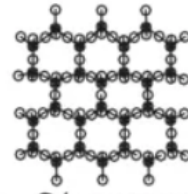
а) острівний



б) ланцюжковий



в) каркасний



г) шаруватий

7. Які сингонії належать до нижчої категорії:

- а) моноклінна, тригональна, тетрагональна
- б) ромбічна моноклінна, кубічна
- в) кубічна, триклінна, гексагональна
- г) триклінна, моноклінна, ромбічна

8. Які із округлих мінеральних агрегатів є конкреціями:

- а) шаровидні та овальні агрегати, відклади мінеральної речовини відбувається на стінках замкненої площини від периферії до центру
- б) шаровидні агрегати радіально-променевої будови. Ріст кристалів направлений від центра до периферії
- в) округлі агрегати, що утворюються за рахунок обволікання піщинок шарами мінеральної речовини

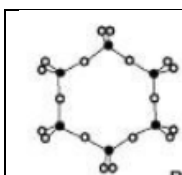
9. До якого типу води належать молекули H_2O у мінералі монтморилоніт $(Ca,Na...)(Mg,Al,Fe)_2[(Si,Al)_4O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$:

- а) кристалізаційна
- б) структурна
- в) конституційна
- г) гігроскопічна

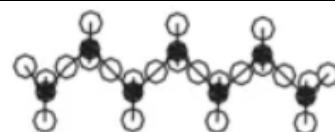
10. Від чого залежить алохроматичне забарвлення у мінералах:

- а) від інтенсивності світла
- б) від поліметалічних хімічних елементів
- в) від сторонніх домішок
- г) від інтенсивності опромінення

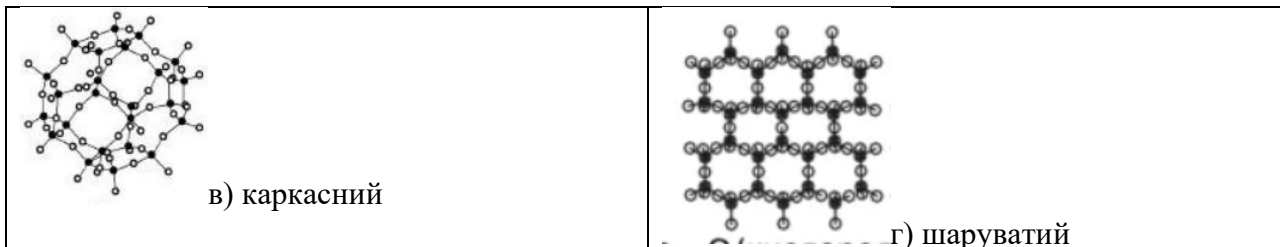
11. Якщо координаційні поліедри з'єднані один з одним у безкінечні шари у трьох напрямках, то це:



а) острівний



б) ланцюжковий



12. Центр інверсії це:

- а) площина, що ділить фігуру на 2 частини
- б) це точка всередині фігури, яка характеризується тим, що будь-яка пряма, що проходить через цю точку на рівних відстанях по обидві сторони від неї, співпадає з однаковими точками фігури
- в) це точка на ребрі фігури, яка характеризується тим, що будь-яка пряма, що проходить через цю точку на рівних відстанях по обидві сторони від неї, співпадає з однаковими точками фігури
- г) лінія при повороті навколо якої фігура співпадає сама з собою.

13. У мови, яких дотримуються при досконалому ізоморфізмі:

- а) різниця радіусів атомів, що приймають участь в ізоморфізмі, не перевищує 15% від розміру великого атома
- б) різниця радіусів атомів, що приймають участь в ізоморфізмі, не перевищує 15%-40% від розміру великого атома
- в) різниця радіусів атомів, що приймають участь в ізоморфізмі, перевищує 15% від розміру великого атома

14. До якого типу води належать іони (ОН) у мінералах тальк $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$, та брусит $Mg(OH)_2$:

- а) кристалізаційна
- б) структурна
- в) конституційна
- г) гігроскопічна

15. Чим характеризується досконала спайність у мінералів:

- а) якщо мінерал дає нерівну поверхню зламу
- б) частина поверхні мінералів обмежена нерівними поверхнями зламу
- в) мінерал у певному напрямку колеться на рівні блискучі площини
- г) у певному напрямку мінерал легко колеться на пластинки, луски, листочки

16. Якою властивістю кристалічних речовин характеризується кулька галіту, якщо помістивши її у перенасичений соляний розчин вона приймає форму куба:

- а) ізотропність
- б) анізотропність
- в) здатність до самогранювання
- в) плавлення

Блок 2. За кожну правильну відповідь 1 бал

17. Співставте мінерали за їх зламами:

Золото	Раковистий
Слюда	Рівний
Пірит	Крючковатий
Кремій	Нерівний

18. Виберіть мінерали у структурі яких є катіони феруму:

- а) уранініт
- б) ільменіт
- в) арсенопірит
- г) рутил
- д) біотит
- е) борніт
- є) серпентин
- ж) гетит

19. Співставте мінерали за їх твердістю:

Алмаз	Твердість 4
Кварц	Твердість 2
Гіпс	Твердість 10
Флюорит	Твердість 7

20. Розставте у правильній послідовності порядок утворення мінералів при магматичному мінералоутворенні:

аметист, олівін, ортоклаз, касетерит, лепідоліт

21. Роздільте мінерали по типу мінералоутворення:

Пегматити	метасоматоз	Метаморфічний процес	Хемогенний

Топаз, бішофіт, берил (аквамарин, смарагд), шпінель, перетворення магнезіально-залізистих мінералів в хлорити, вольфраміт, ангідрит, перетворення магнезіальних основних і ультраосновних порід з утворенням серпентину, сланці, гнейси, мрамур, графіт, гранати (альмандин, піроп), гіпс, галіт, каситерит, карналіт.

