

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Кафедра геології і прикладної мінералогії

Методичні вказівки

для виконання лабораторних робіт №1, 2
**«Основні положення кристалографії.
Прості форми кристалів. Їх комбінації»**
з дисципліни

«Загальна геологія»

для студентів спеціальності 103 «Науки про Землю»
очної форми навчання

Кривий Ріг

2020

Укладач:

Євтехова Г.В., кандидат геологічних наук, доцент.

Відповідальний за випуск:

Євтехов В.Д., доктор геолого-мінералогічних наук, професор.

Рецензент:

Андрейчак В.О., кандидат геологічних наук, асистент.

Методичні вказівки містять основні положення кристалографії, поняття про прості форми кристалів, а також їх комбінації. Наведено список рекомендованої літератури

Розглянуто на
засіданні кафедри геології і
прикладної мінералогії.
Протокол № 7
від 10.04.2020 р.

Схвалено вченою радою
геолого-екологічного
факультету.
Протокол № 8
від 30.04.2020 р.

ЗМІСТ

	стор.
ПЕРЕДМОВА.....	4
1. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ КРИСТАЛОГРАФІЇ	5
1.1. Основні властивості кристалів	5
1.2. Елементи симетрії кристалів.....	7
2. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2. ПРОСТІ ФОРМИ КРИСТАЛІВ.....	11
ТАБЛИЦЯ 1. НАЗВИ І ФОРМУЛИ 32 ВИДІВ СИМЕТРІЇ.....	15
ЛІТЕРАТУРА.....	17

ПЕРЕДМОВА

Курс «Загальна геологія» передбачає ознайомлення студентів з основами мінералогічної кристалографії. На лабораторних заняттях №1 і №2 студенти опановують поняття «кристал» і «кристалографія», вивчають основні положення кристалографії, властивості й основні форми кристалів.

Мінеральні індивіди, якими складені корисні копалини і вмісні гірські породи, представляють собою кристалічні утворення. Вивчення кристаломорфологічних та інших (хімічних, фізичних) властивостей мінеральних індивідів сприяє підвищенню ефективності видобутку корисних копалин, їх збагачення, металургійної та іншої переробки. Таким чином, дослідження форми мінеральних кристалів має значення одного з фундаментальних чинників, які обумовлюють раціональне використання мінеральної сировини.

У процесі роботи студенти користуються конспектами лекцій, методичними вказівками, демонстраційними плакатами, колекцією моделей кристалів, моделями кристалічних ґраток, зразками природних кристалів мінералів.

Задача студентів при виконанні лабораторної роботи №1 – встановити ступінь симетрії контрольних кристалів, визначити їх кристалографічні формули; при виконанні лабораторної роботи №2 – виявити прості форми контрольних моделей кристалів.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ КРИСТАЛОГРАФІЇ

Кристалографія – наука про кристали. Вона вивчає форму, внутрішню будову, походження і властивості кристалічних речовин. Грецькою «*кристалос*» означає «застиглий на холоді». Так греки раніше називали лід і гірський кришталь (безколірний прозорий різновид мінералу кварцу) та вважали, що останній, як і лід, утворюється з води при низькій температурі. Згодом ***кристалами*** стали називати всі тверді тіла, що утворюються в природі і в лабораторних умовах і що мають багатогранну форму.

В природі добре ограновані кристали зустрічаються досить рідко. Вони утворюються, переважно, в порожнинах гірських порід, де можуть вільно рости. Розміри кристалів можуть бути різними – дрібні екземпляри можна спостерігати тільки під мікроскопом, крупні можуть досягати декількох десятків метрів.

Кристал – це тверде тіло, що має форму багатогранника і характеризується закономірною внутрішньою будовою – кристалічною ґраткою.

Кристали мають певний хімічний склад і фізичні властивості, формуються в характерних для них геологічних умовах (охладження магматичних розплавів, осадження з гарячих глибинних або з холодних поверхневих розчинів, вивітрювання тощо). Поверхня кристалів обмежена площинами, які носять назву ***граней***, прямими лініями – ***ребрами***, точки перетину яких називаються ***вершинами***.

Основні властивості кристалів

1. Анізотропність (з грецької – „відмінність властивостей”) – відмінність фізичних властивостей кристалу (теплопровідність, пружність, розповсюдження світла, твердість та ін.) за різними напрямками.

Причина анізотропності – різна будова в цих напрямках кристалічної ґратки. Як приклад, можна навести видовжені кристали дістану (з грецької „ді” – „двойко”, „стенос” – „той, що чинить опір”) – в поздовжньому напрямку (більш слабкі зв’язки іонів у кристалічній ґратці) твердість мінералу становить 4,5; у поперечному (більш міцні зв’язки) – 6 (за шкалою Моосу).

2. Ідіоморфізм (з грецької – „власність форми”) – здатність до самообмеження. При вільному рості кристали самообмежуються плоскими гранями і прямими ребрами, приймаючи багатогранну форму.

Здатність самообмежуватись є природним наслідком будови кристалічної ґратки. Матеріальні частинки (іони, атоми, молекули) в кристалах розташовані не хаотично, а в певному порядку. В будові кристалічної ґратки, яка є своєрідним скелетом кристалів, виділяються:

- 1) плоскі сітки атомів або іонів;
- 2) ряди атомів або іонів – лінії перетину плоских сіток;
- 3) вузли кристалічної ґратки – точки перетину рядів.

Грані кристалів відповідають *плоским сіткам*, ребра – *рядам*, а вершини – *вузлам* кристалічних ґраток.

3. Симетрія (з грецької – „співрозмірність, пропорційність”) – закономірне повторення в розташуванні граней, ребер і вершин на поверхні кристалів.

В будові кристалічної ґратки можна виділити площини, по відношенню до яких всі складові частинки кристалу розташовані симетрично. Можна також провести прямі лінії – осі, при повороті навколо яких положення цих частинок закономірно повторюється. Звідси можна зробити висновок, що для кристалу, як і для кристалічної ґратки також характерні аналогічні площини і осі, тобто він є симетричним.

Всі описані вище властивості характерні лише для кристалічних речовин. Для аморфних речовин (з грецької – „безформних”) не властива закономірність внутрішньої будови; частинки, які їх складають, розташовані

хаотично, як у рідині. Часто їх порівнюють з переохолодженими рідинами. Тому аморфні тіла ізотропні, для них не характерна симетрія і здатність до самообмеження. Прикладами аморфних речовин є скло, пластмаси, клеї, смоли, затверділі колоїди (гелі).

Елементи симетрії

Для характеристики внутрішньої і зовнішньої симетрії реальних кристалів використовують уявні геометричні образи – ***елементи симетрії***, до яких відносяться ***осі симетрії, площини симетрії і центр симетрії (інверсії)***.

Віссю симетрії називається уявна пряма, при повороті навколо якої на один і той же кут α відбувається поєднання усіх реальних частин фігури. Кількість таких поєднань при повороті на 360° називається порядком осі (***n***). Кут повороту до чергового поєднання позначається α . Вісь симетрії і її порядок позначаються ***L_n***.

Осі проходять через грані, ребра і вершини. В кристалах мінералів існують осі першого, другого, третього, четвертого і шостого порядку. L_1 і L_2 – осі нижчих порядків, L_3, L_4 і L_6 – осі вищих порядків.

$$\alpha = 360^\circ/n; L_1 - \alpha = 360^\circ; L_2 - \alpha = 180^\circ; L_3 - \alpha = 120^\circ; L_4 - \alpha = 90^\circ; L_6 - \alpha = 60^\circ.$$

Деякі кристали не мають осей симетрії.

Площиною симетрії називається уявна площина, яка ділить кристал на дві рівні частини так, що одна з них є віддзеркаленням іншої. Площини симетрії позначаються ***P***.

Якщо площин симетрії в даному кристалі декілька, то перед позначенням площини ставитися їх кількість – ***ЗР***.

Для значної кількості кристалів характерна відсутність площин симетрії.

Центр симетрії (інверсії) – уявна точка всередині кристалу при проведенні через яку кожна пряма зустрічає на рівній від неї відстані однакові і дзеркально обернено розташовані частини кристалу.

Центр симетрії позначається **C**.

Якщо кожна грань кристалу має собі рівну, паралельну і дзеркально обернену грань, в даному кристалі є **центр симетрії**.

Для багатьох кристалів характерна відсутність центру симетрії.

В природі можливі тільки **32 види симетрії**. Види симетрії об'єднуються в **сингонії** (від грецької „син” – „подібний”, „гонію” – „кут”).

Виділяють **7 сингоний**:

- 1) Триклінна: $a \neq b \neq c$; $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
- 2) Моноклінна: $a \neq b \neq c$; $\alpha = \gamma = 90^\circ$; $\beta \neq 90^\circ$
- 3) Ромбічна: $a \neq b \neq c$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
- 4) Тригональна: $a = b \neq c$; $\alpha = \beta = 90^\circ$; $\gamma = 120^\circ$
- 5) Тетрагональна: $a = b \neq c$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
- 6) Гексагональна: $a = b \neq c$; $\alpha = \beta = 90^\circ$; $\gamma = 120^\circ$
- 7) Кубічна: $a = b = c$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

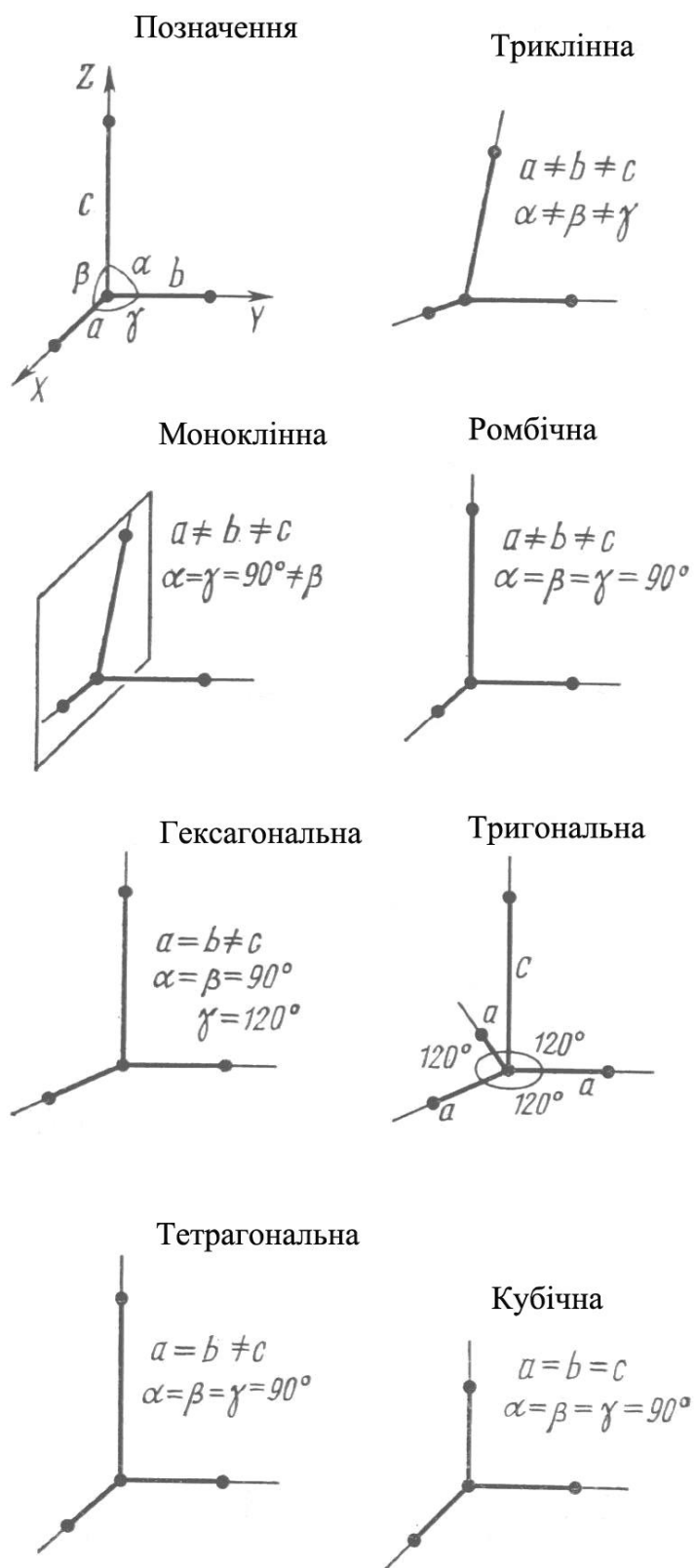


Рис. 1. Кристалографічні системи координат та правила установки кристалів.

Триклінна, моноклінна і ромбічна сингонії, для кристалів яких не характерні осі вищого порядку, відносяться до *нижчої категорії*.

Тригональна, тетрагональна і гексагональна сингонії, для кристалів яких характерна наявність однієї осі вищого порядку, відносяться до *середньої категорії*.

Кубічна сингонія, для кристалів яких характерна наявність декількох осей вищого порядку, відносяться до *вищої категорії*.

Модель кристалу слід розташовувати так, щоб максимальна кількість граней знаходилась у вертикальному положенні.

ПРОСТІ ФОРМИ КРИСТАЛІВ ТА ЇХ КОМБІНАЦІЇ

Сукупність граней, яка може бути отримана з початкової грані при дії всіх елементів симетрії даного кристалу, називається простою формою.

Грані кристалу можуть утворювати одну, дві або декілька простих форм. Поєднання двох або декількох простих форм називається комбінацією простих форм.

Кількість простих форм кристалу визначається за кількістю різних за формою граней на поверхні кристалу.

Для кристалів *сингоній нижчої категорії* характерні наступні *прості форми* (рис. 2):

а – *моноедр* (з грецької «монос» – «один», «едрос» – «грань») – проста форма, представлена однією гранню;

б – *пінакоїд* (з грецької «пінаксіс» – «дошка») – дві рівні паралельні грані, які можуть бути обернено розташовані;

в – *діедр* (з грецької «ді» – «два», «едрос» – «грань») – дві рівні грані, які взаємно перетинаються;

г – *ромбічна призма* – чотири рівні попарно паралельні грані, які в перетині утворюють ромб;

д – *ромбічний тетраедр* – чотири рівні грані, що перетинаються по ребрах, та мають форму нерівнобічних трикутників;

е – *ромбічна піраміда* – чотири рівні грані, що перетинаються по ребрах, які сходяться до однієї точки – вершині фігури;

ж – *ромбічна діпіраміда* – восьмигранна проста форма, яку можна розглядати як дві ромбічні піраміди, що мають спільну основу ромбічної форми.

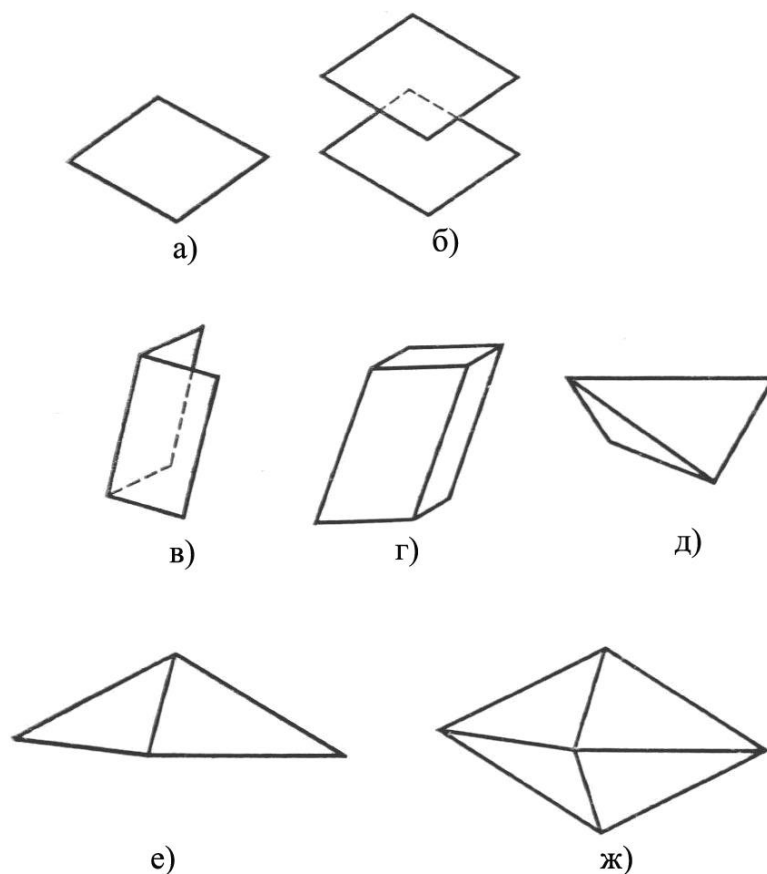


Рис. 2. Прості форми кристалів нижчої категорії.

Присутність *ромбічної призми* і *ромбічної піраміди* обумовлює обов'язкову присутність інших простих форм (відповідно, *пінакоїду* та *моноедру*) для забезпечення замкнутості фігури.

У комбінаціях кристалів *середньої категорії* з названих вище *простих форм* зустрічаються тільки *моноедр* і *пінакоїд*; характерними простими формами є тригональні, тетрагональні і гексагональні призми, піраміди і діпіраміди, які в перетині, перпендикулярному до осей, відповідно, третього, четвертого або шостого порядку мають форму рівнобічного трикутника, чотирикутника (квадрату) і шестикутника (рис. 3).

Для кристалів *вищої категорії (кубічної сингонії)* характерні п'ятнадцять *простих форм* (рис. 4). Найбільш поширені дві з них:

Куб (гексаедр) – сукупність шести попарно паралельних квадратних граней.

Октаедр – сукупність восьми попарно паралельних граней, форма яких – рівнобічний трикутник.

Жодна проста форма **нижчої** і **середньої категорій** у кристалах кубічної сингонії не може бути присутньою.

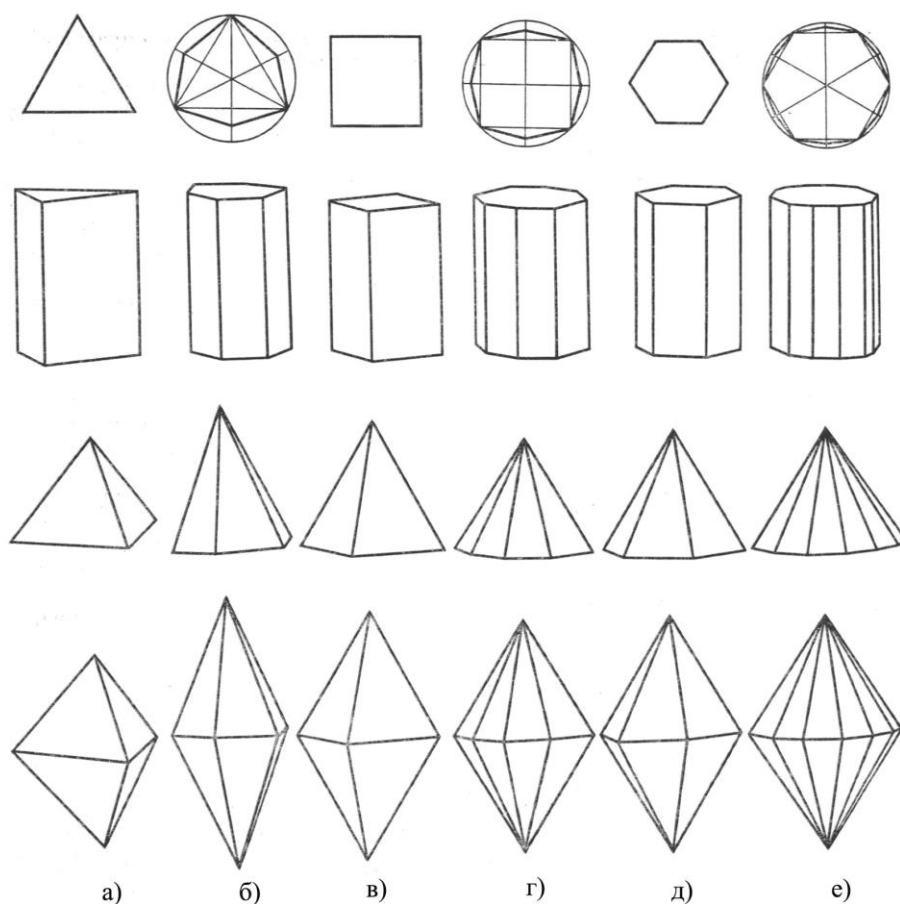


Рис.3. Призми, піраміди і діпіраміди середньої категорії (верхній ряд – їх перетини): а) тригональна; б) дітригональна; в) тетрагональна; г) дітетрагональна; д) гексагональна; е) дігексагональна.

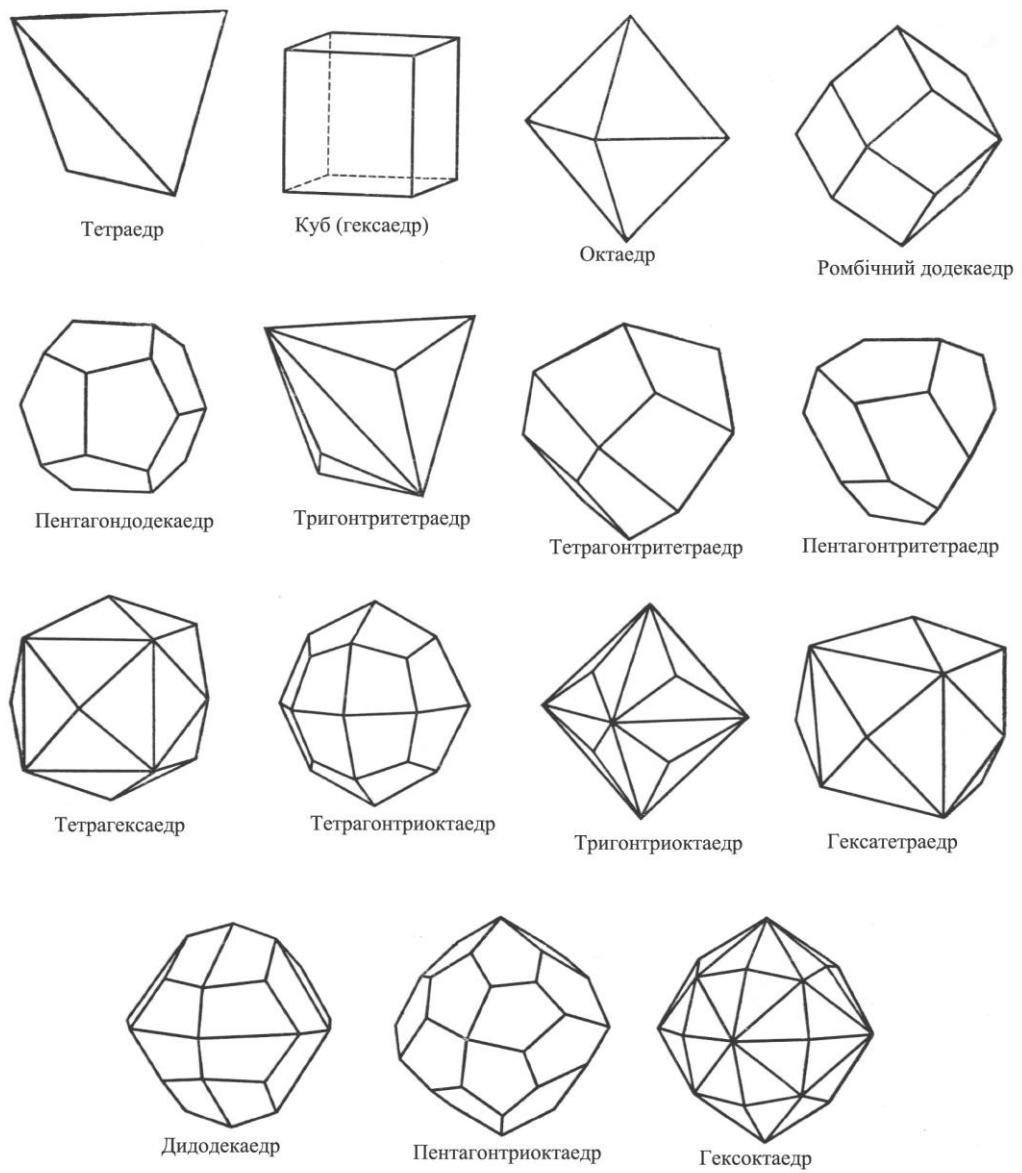


Рис. 4. Прості форми кристалів вищої категорії.

Назви і формули 32 видів симетрії

Категорії	Сингонії	Формули симетрії
Нижча	Триклінна	1. – 2. C
	Моноклінна	3. L ₂ 4. P 5. L ₂ PC
	Ромбічна	6. 3L ₂ 7. L ₂ 2P 8. 3L ₂ 3PC
Середня	Тригональна	9. L ₃ 10. L ₃ 3L ₂ 11. L ₃ 3P 12. L ₃ C 13. L ₃ 3L ₂ 3PC
	Тетрагональна	14. L ₄ 15. L ₄ 4L ₂ 16. L ₄ PC 17. L ₄ 4P 18. L ₄ 4L ₂ 5PC 19. L _{i4} 20. L _{i4} 2L ₂ 2P
	Гексагональна	21. L ₆ 22. L ₆ 6L ₂

	Гексагональна	<p>23. L_6PC</p> <p>24. L_66P</p> <p>25. L_66L_27PC</p> <p>26. $L_{i6}=L_3P$</p> <p>27. $L_33L_24P=L_63L_23P$</p>
Вища	Кубічна	<p>28. $3L_44L_3$</p> <p>29. $3L_44L_33PC$</p> <p>30. $3L_44L_36P$</p> <p>31. $3L_44L_36L_2$</p> <p>32. $3L_44L_36L_29PC$</p>

Література

1. Гумилевский С.А. Кристаллография и минералогия: Учебное пособие для ВУЗов // Москва: Высшая школа, 1972.– 280 с.
2. Загальская Ю.Г., Литвинская Г.П., Егоров-Тисменко Ю.К. Геометрическая кристаллография // Москва: Изд-во МГУ, 1986.– 169с.
3. Костов И. Кристаллография // Москва: Мир, 1965.– 280 с.
4. Попов Г.М., Шафрановский И.И. Кристаллография // Москва: Высшая школа, 1972.– 370 с.
5. Розин К.М., Гусев Э.Б. Практическое руководство по кристаллографии и кристаллохимии. Методы описания кристаллических структур: Учебное пособие для студентов ВУЗов // Москва: Металлургия, 1985.– 168 с.
6. Уиттекер Э. Кристаллография: Вводный курс для геологов // Москва: Мир, 1983.– 268 с.
7. Шаскольская М.П. Кристаллография: Учебное пособие для ВУЗов // Москва: Высшая школа, 1984.– 376 с.
8. Шафрановский И.И. Лекции по кристаллографии: Учебное пособие для студентов геологических специальностей ВУЗов // Москва: Высшая школа, 1968.– 173 с.
9. Шаскольская М.П. Кристаллы // Москва: Наука, 1978.– 208 с.
10. Шафрановский И.И. История кристаллографии с древнейших времён до начала XIX столетия // Ленинград: Наука, 1978.– 295 с.
13. Шафрановский И.И. Кристаллы минералов. Кривогранные, скелетные и зернистые формы // Москва: Госгеолтехиздат, 2000.– 332 с.

Методичні вказівки

для виконання лабораторних робіт №1, 2

«Основні положення кристалографії.

Прості форми кристалів. Їх комбінації»

з дисципліни

«Загальна геологія»

для студентів спеціальності 103 «Науки про Землю»

очної форми навчання

Укладач:

Євтехова Ганна Валеріївна

Реєстраційний № 383

Підписано до друку 14.07.2020 р.

Формат А4

Обсяг 18 стор.

Видавничий центр КНУ, вул. В. Матусевича, 11,
м. Кривий Ріг