Львівський національний університет імені Івана Франка

кафедра неорганічної хімії

Пукас С.Я., Гладишевський Р.Є.

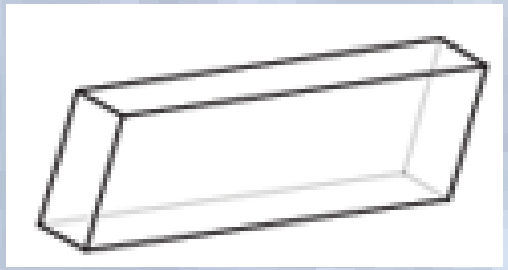
КРИСТАЛОХІМІЯ

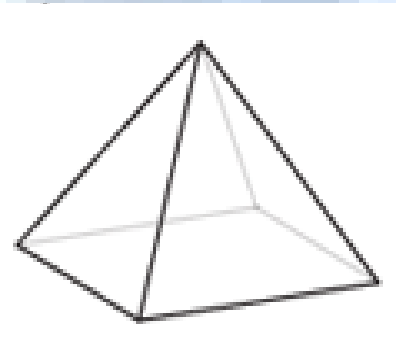
Точкові групи симетрії

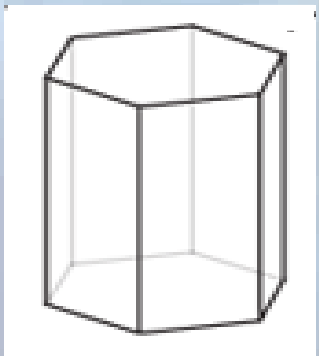
Сингонія	Вид симетрії						
	примітивний	центральний	планальний	аксіальний	планаксіальний	інверсійно-примітивний	інверсійно-планальний
триклінна	- 1 C_1	$\boldsymbol{C}$ $\bar{1}$ C_i					
моноклінна			$\boldsymbol{P}$ $m \equiv \bar{2}$ C_s	$\boldsymbol{L_2}$ 2 C_2	$\boldsymbol{L_2PC}$ $2/m$ C_{2h}		
ромбічна			$\boldsymbol{L_2 2P}$ $mm2$ C_{2v}	$\boldsymbol{3L_2}$ 222 D_2	$\boldsymbol{3L_2 3PC}$ mmm D_{2h}		
тетрагональна	$\boldsymbol{L_4}$ 4 C_4	$\boldsymbol{L_4PC}$ $4/m$ C_{4h}	$\boldsymbol{L_4 4P}$ $4mm$ C_{4v}	$\boldsymbol{L_4 4L_2}$ 422 D_4	$\boldsymbol{L_4 4L_2 5PC}$ $4/mmm$ D_{4h}	$\boldsymbol{L_{i4}}$ $\bar{4}$ S_4	$\boldsymbol{L_{i4} 2L_2 2P}$ $\bar{4}2m$ D_{2d}
тригональна	$\boldsymbol{L_3}$ 3 C_3	$\boldsymbol{L_3C}$ $\bar{3}$ C_{3i}	$\boldsymbol{L_3 3P}$ $3m$ C_{3v}	$\boldsymbol{L_3 3L_2}$ 32 D_3	$\boldsymbol{L_3 3L_2 3PC}$ $\bar{3}m$ D_{3d}		
гексагональна	$\boldsymbol{L_6}$ 6 C_6	$\boldsymbol{L_6PC}$ $6/m$ C_{6h}	$\boldsymbol{L_6 6P}$ $6mm$ C_{6v}	$\boldsymbol{L_6 6L_2}$ 622 D_6	$\boldsymbol{L_6 6L_2 7PC}$ $6/mmm$ D_{6h}	$\boldsymbol{L_{i6} \equiv L_3P}$ $\bar{6} \equiv 3/m$ C_{3h}	$\boldsymbol{L_{i6} 3L_2 3P}$ $\bar{6}2m$ D_{3h}
кубічна	$\boldsymbol{4L_3 3L_2}$ 23 T	$\boldsymbol{4L_3 3L_2 3PC}$ $m\bar{3}$ T_h	$\boldsymbol{4L_3 3L_{i4} 6P}$ $\bar{4}3m$ T_d	$\boldsymbol{3L_4 4L_3 6L_2}$ 432 O	$\boldsymbol{3L_4 4L_3 6L_2 9PC}$ $m\bar{3}m$ O_h		

Послідовність визначення елементів симетрії кристала

1	центр симетрії ***C***	наявність у кожної грані кристала ідентичної та антипаралельної їй парної грані
2	осі симетрії L_6, L_4, L_3, L_2	слід зорієнтувати кристал так, щоби вісь була перпендикулярною до поверхні, на якій він знаходиться
3	інші осі симетрії	– L_2, перпендикулярні до знайденої осі L_6 (L_4, L_3 або L_2); – L_3, якщо знайдено 3 взаємно перпендикулярні осі L_4 (L_2)
4	площини симетрії ***P***	– перпендикулярну до знайденої осі L_6 (L_4, L_3 або L_2); – паралельні до знайденої осі L_6 (L_4, L_3 або L_2)
5	інверсійні осі	– L_{i6}, якщо знайдено вісь L_3 та перпендикулярну до неї площину ***P***; – L_{i4}, якщо знайдено одну вісь L_2 або три взаємно перпендикулярні осі L_2 (при обертанні кристала на 90° і відбитті в уявному центрі симетрії він суміщається з початковим положенням)







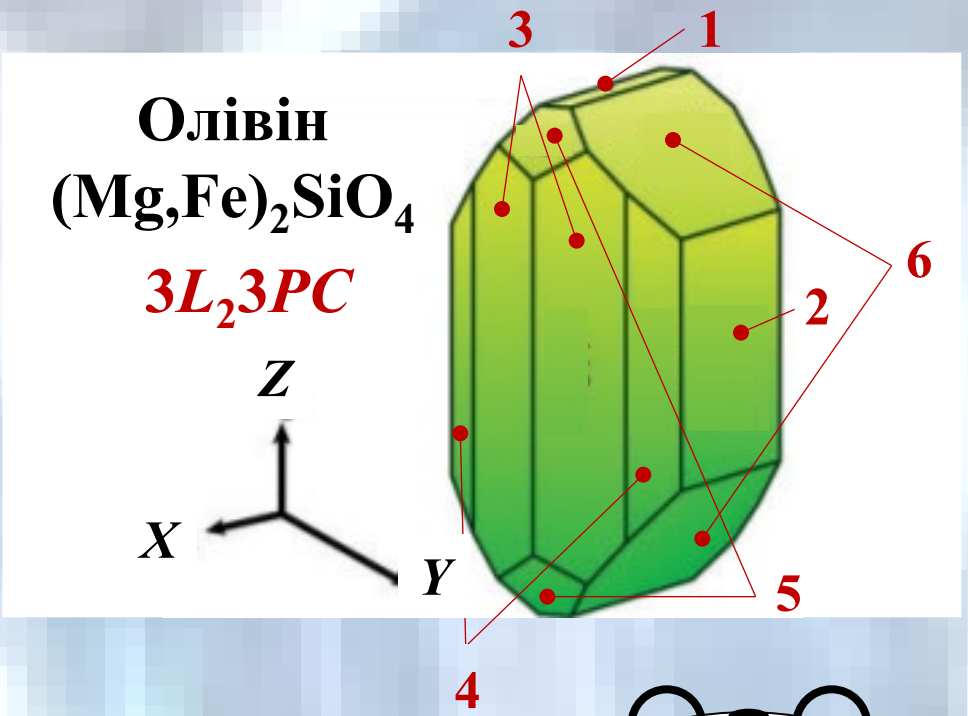
Правила установки кристалів

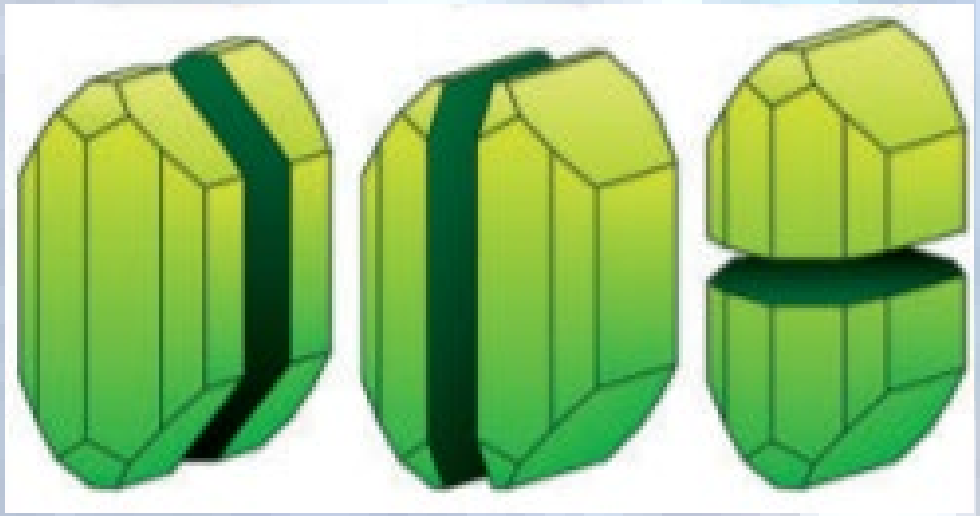
Сингонія	Мінімальна симетрія	Установка
триклінна	одна вісь 1-го порядку	довільна
моноклінна	одна вісь 2-го порядку	Y // L_2 або/і ⊥ P (вісь Y горизонтальна)
ромбічна	три взаємно-перпендикулярні осі 2-го порядку	Z, X, Y // L_2 або/і ⊥ P (одинока вісь L_2 вертикальна)
тетрагональна	одна вісь 4-го порядку	Z // L_4 або L_{i4} X, Y // L_2, ⊥ P або // ребрам кристала
тригональна	одна вісь 3-го порядку	[*ромбоедрична*: X, Y, Z // ребрам ромбоедра] *гексагональна*: Z // L_3 інші осі в горизонтальній площині
гексагональна	одна вісь 6-го порядку	Z // L_6 або L_{i6} інші осі в горизонтальній площині
кубічна	чотири осі 3-го порядку з кутом між ними 70,53°	X, Y, Z // L_4, L_{i4} або L_2

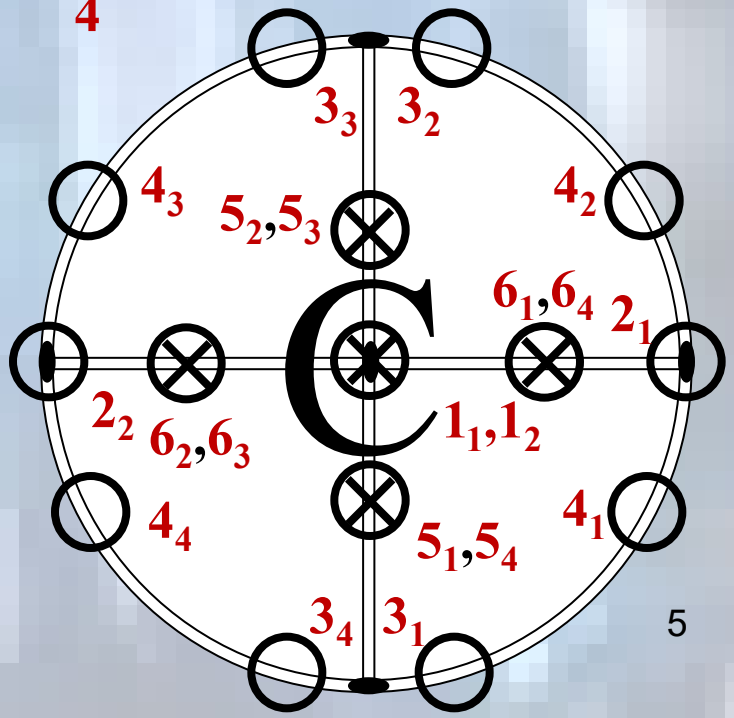
Олівін

$(Mg,Fe)_2SiO_4$

$3L_23PC$

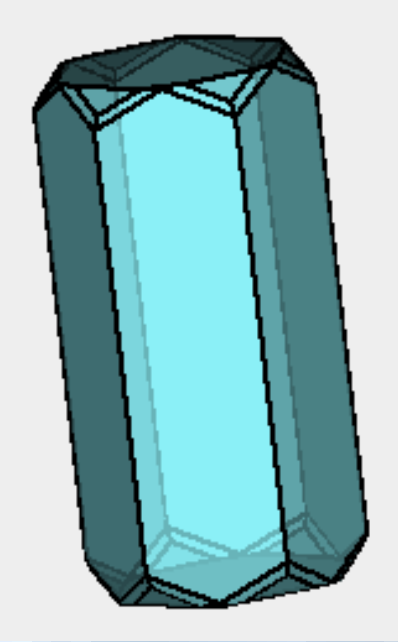




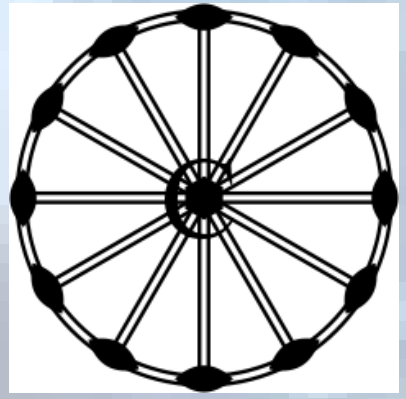


Берил

$Be_3Al_2Si_6O_{18}$



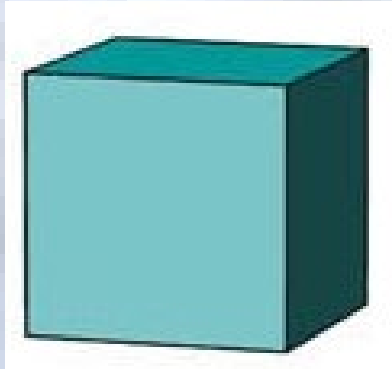
$L_6 6 L_2 7 PC$



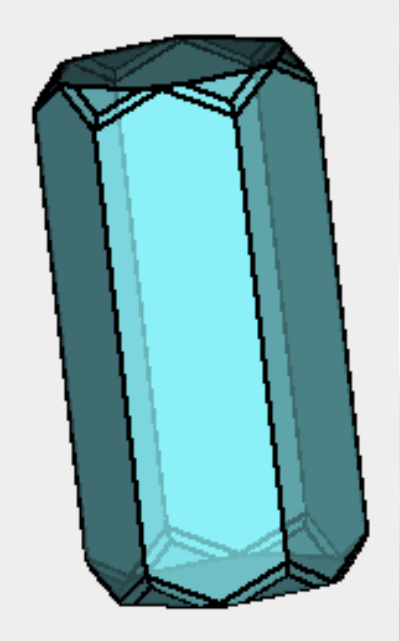
Морфологія кристалів

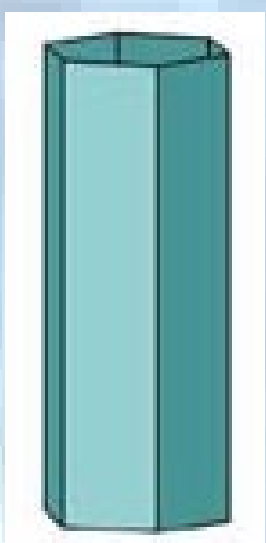
Проста форма – сукупність рівних граней, зв’язаних елементами симетрії.

Комбінація – сукупність кількох простих форм.

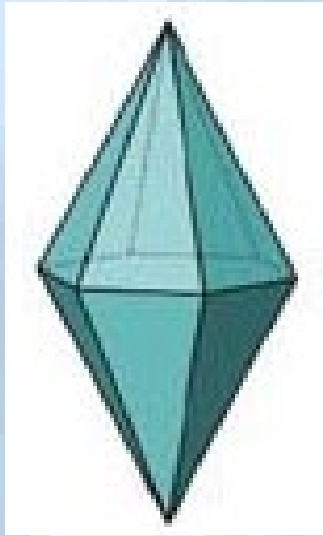


гексаедр (куб)

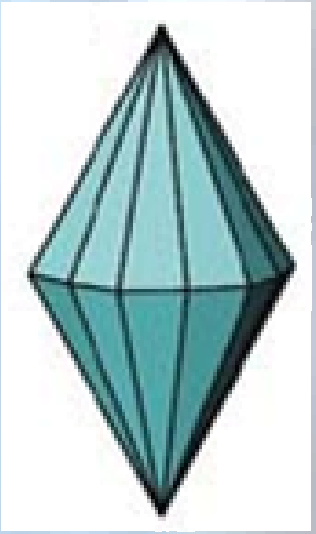




гексагональна призма

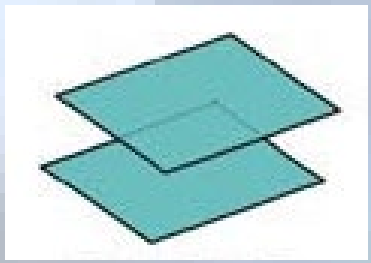


гексагональна дипіраміда



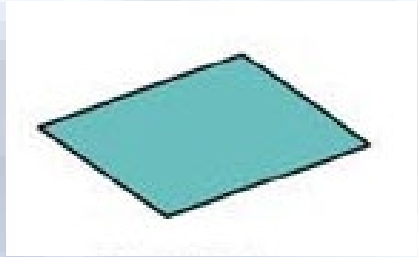
дигексагональна дипіраміда

пінакоїд

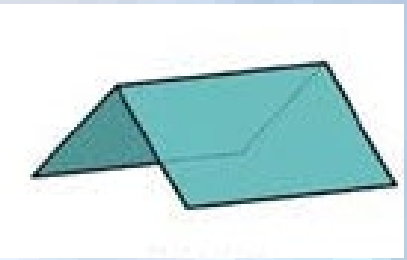


Назви багатьох простих форм походять від грецьких назв числівників і слова *едра* – грань (а також від форми граней):

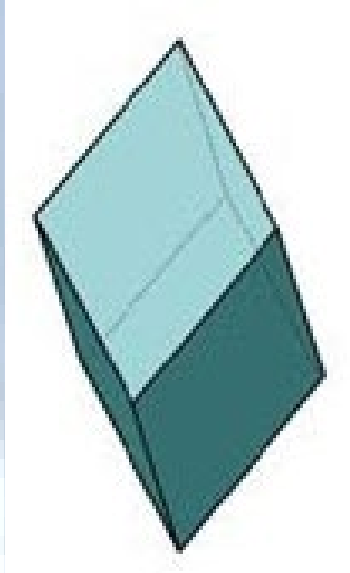
моно – один	тетра – чотири	окта – вісім
ди (бі) – два	пента – п’ять	дека – десять
три – три	гекса – шість	додека – дванадцять



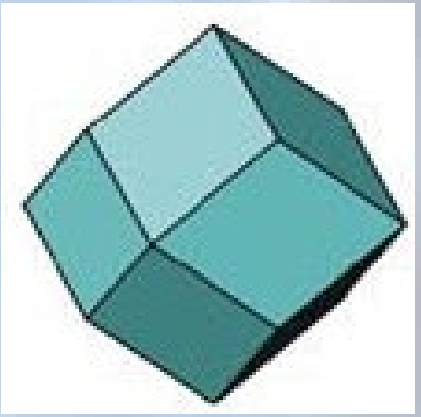
моноедр



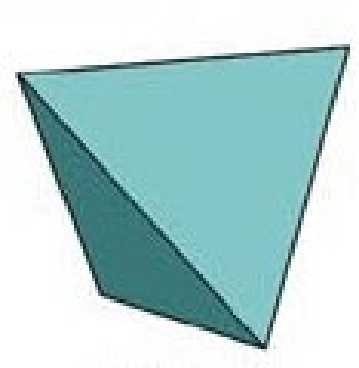
діедр



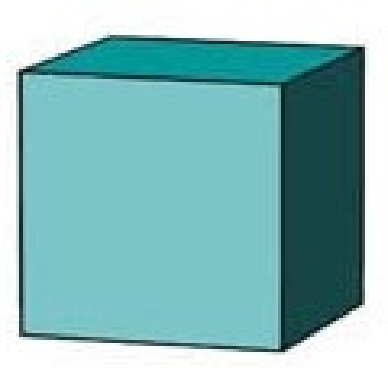
ромбоедр



ромбододекаедр

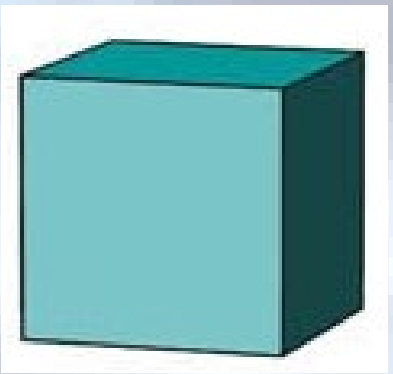


тетраедр

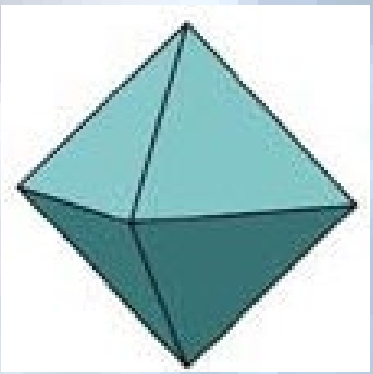


гексаедр (куб)

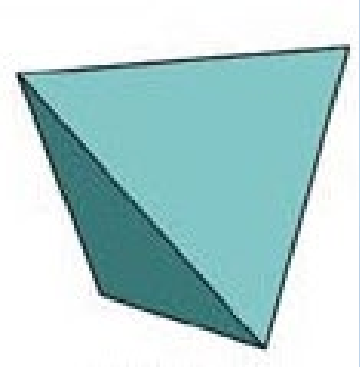
закриті прості форми: куб, октаедр, тетраедр, дипіраміда
відкриті прості форми: піраміда, призма, пінакоїд, моноедр



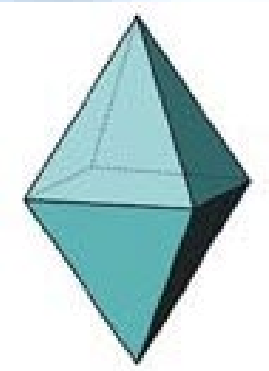
куб



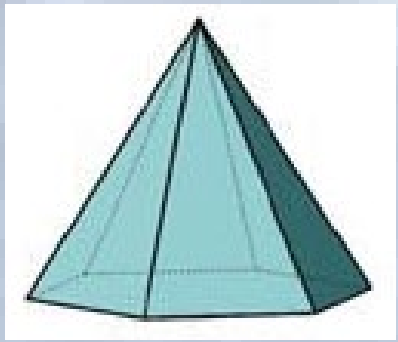
октаедр



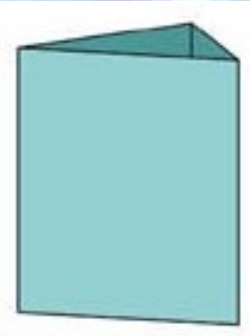
тетраедр



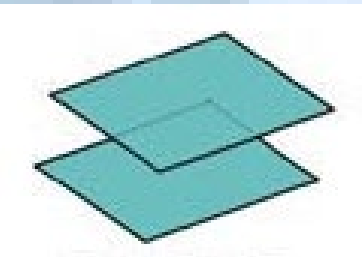
тетрагональна дипіраміда



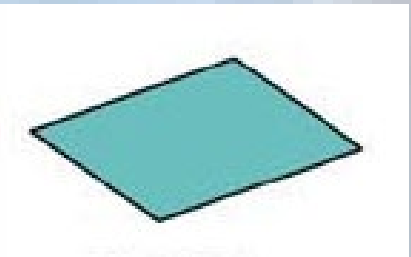
гексагональна піраміда



тригональна призма



пінакоїд

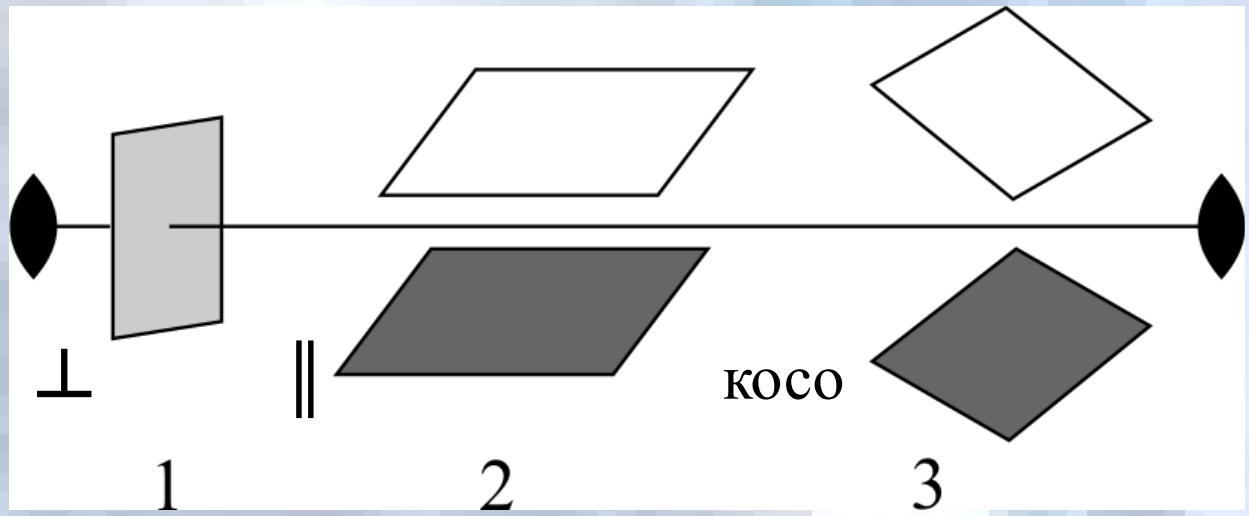


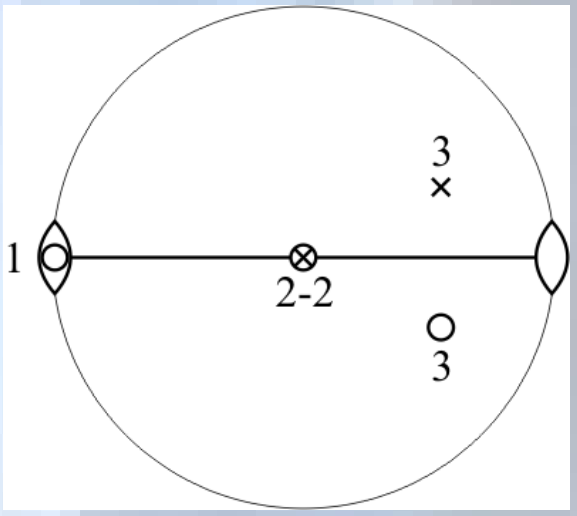
моноедр

Виведення простих форм

Загальна проста форма – проста форма, грані якої розміщуються косо відносно всіх осей і площин симетрії.

Окрема проста форма – проста форма, грані якої перпендикулярні (або паралельні) хоч би до однієї осі чи площини симетрії, або розміщені симетрично відносно яких-небудь осей чи площин симетрії.



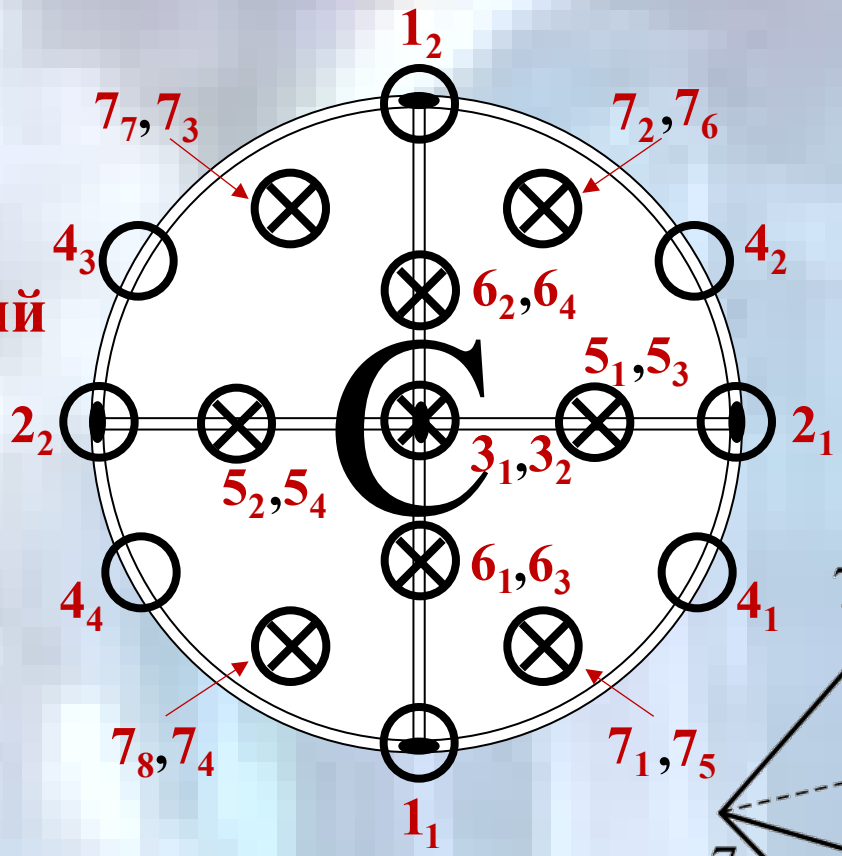


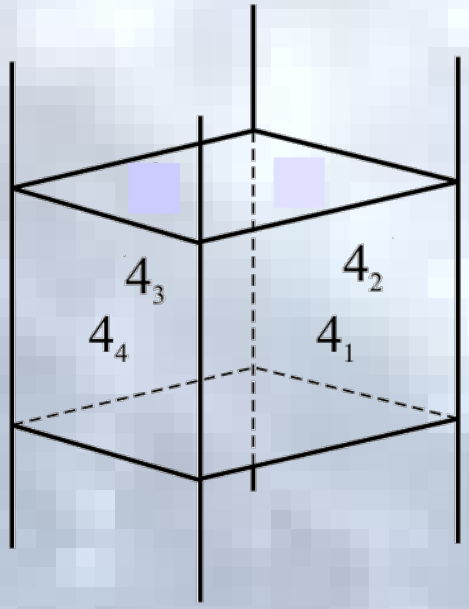
моноедр **пінакоїд** **діедр (осьовий)**

$L_2 \,//\, Y$

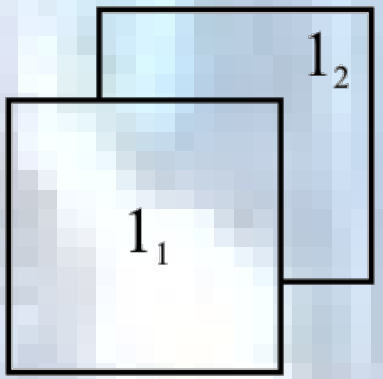
моноклінна сингонія
діедричний вид симетрії

$3L_2 3PC$
ромбічна сингонія
ромбодипірамідальний
вид симетрії

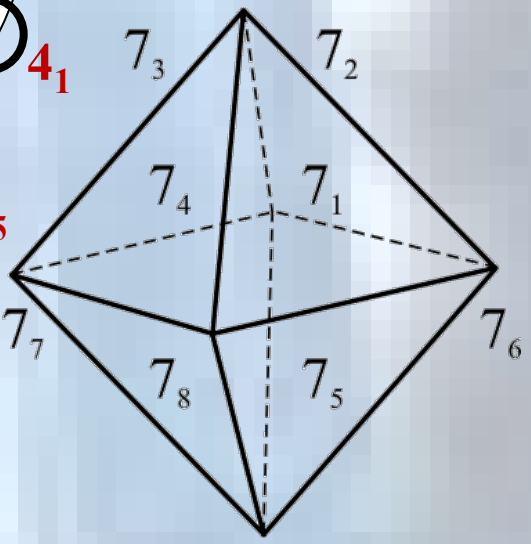




4, 5, 6
ромбічні призми



1, 2, 3
пінакоїди

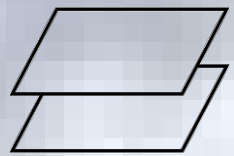


7
ромбічна дипіраміда

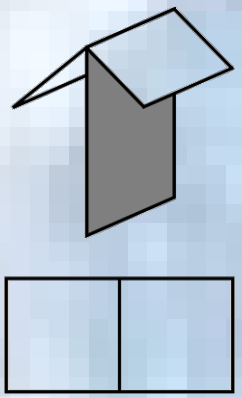
Розподіл простих форм за сингоніями

Триклінна, **моноклінна**, **ромбічна сингонії** (нижча категорія).

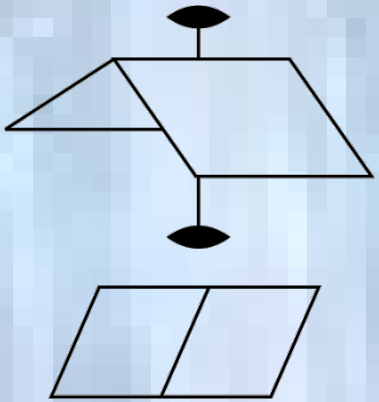
моноедр (1 грань)



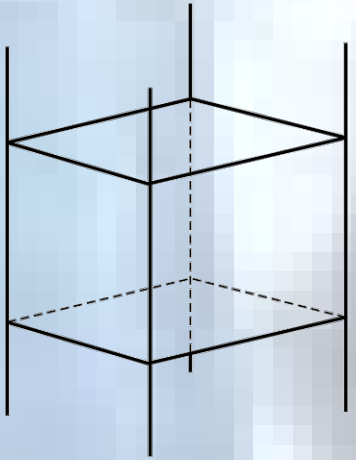
***C*, пінакоїд (2 грані)**



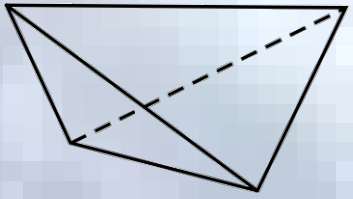
***P*, діедр (площинний) (2 грані)**

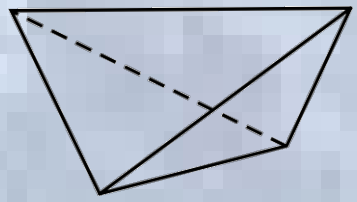


***L_2*, діедр (осьовий) (2 грані)**

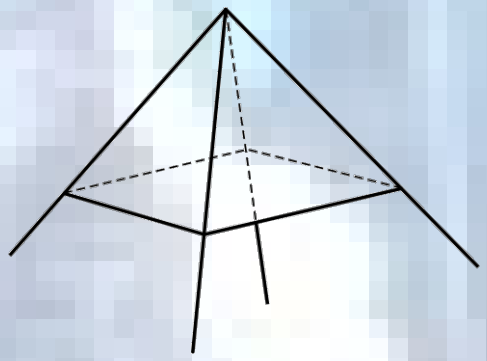


ромбічна призма (4 грані)

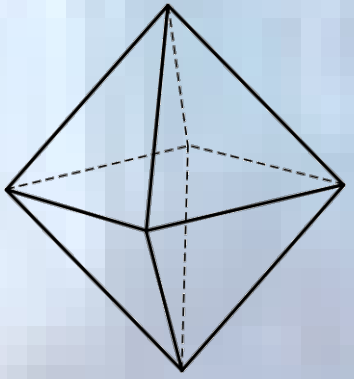




ромбічний тетраедр (4 грані)



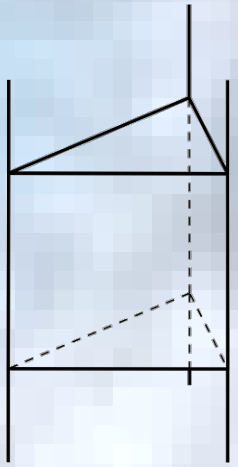
ромбічна піраміда (4 грані)



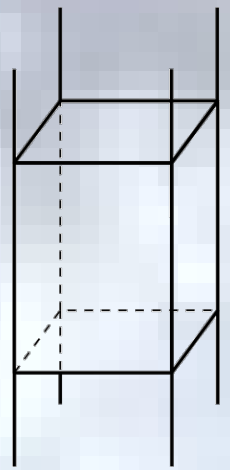
ромбічна дипіраміда (8 граней)

Тетрагональна, тригональна, гексагональна сингонії (середня категорія).

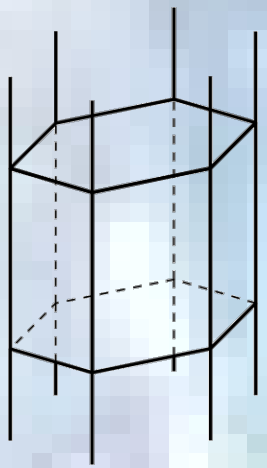
призми



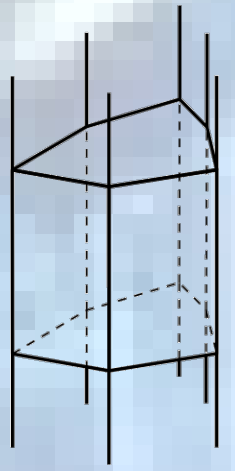
L_{i6}
тригональна
(3 грані)



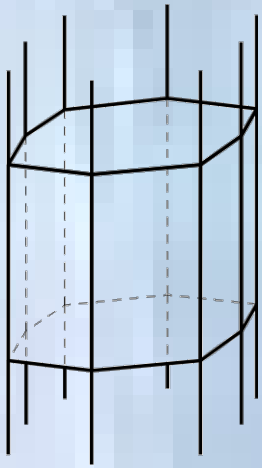
L_4
тетрагональна
(4 грані)



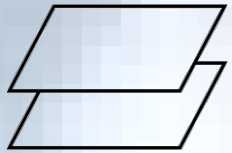
L_6
гексагональна
(6 граней)



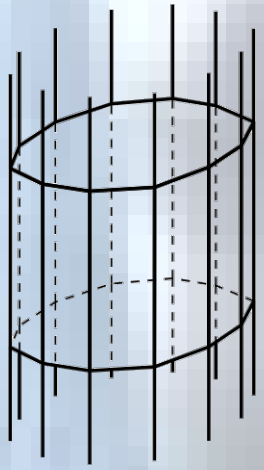
L_{i6}
дитригональна
(6 граней)



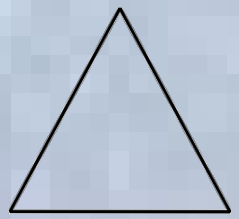
L_4
дитетрагональна
(8 граней)

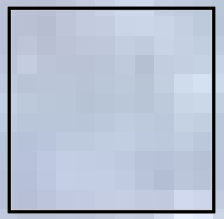


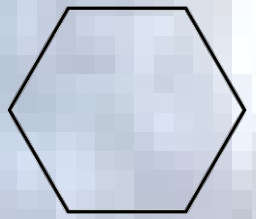
пінакоїд
(2 грані)

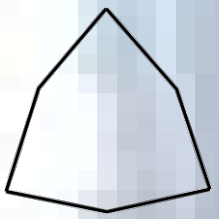


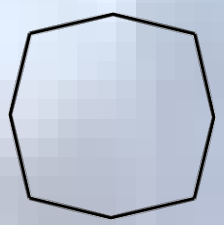
L_6
дигексагональна
(12 граней)

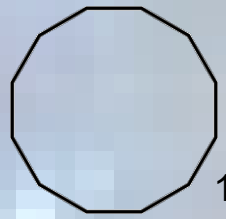






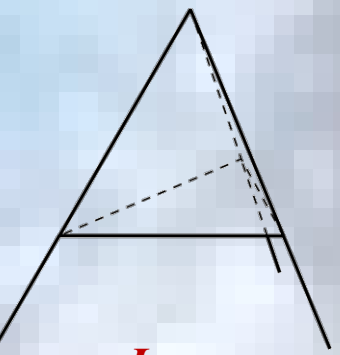




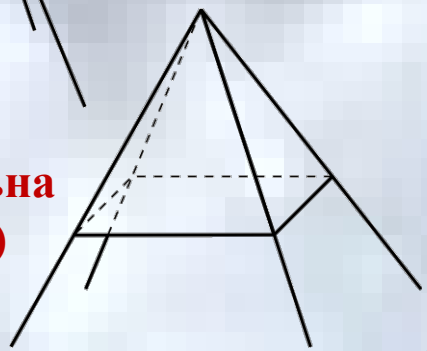


Тетрагональна, тригональна, гексагональна сингонії (середня категорія).

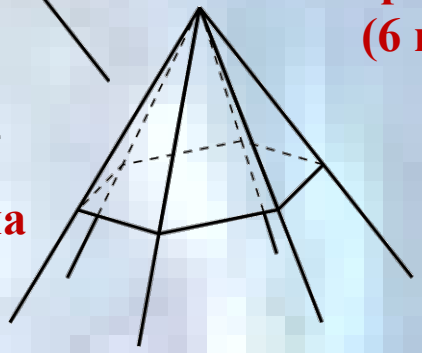
піраміди



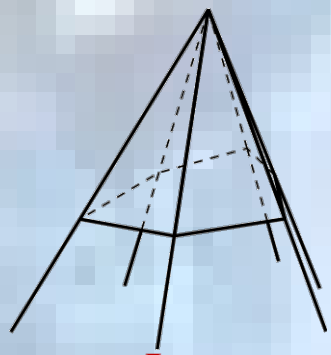
L_3
тригональна
(3 грані)



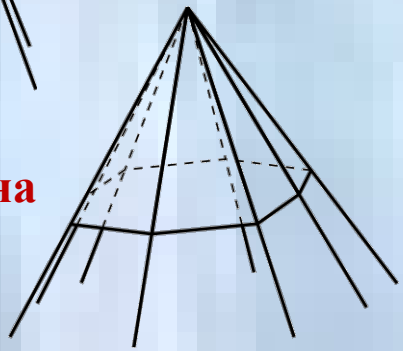
L_4
тетрагональна
(4 грані)



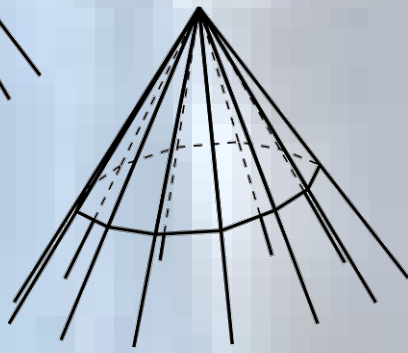
L_6
гексагональна
(6 граней)



L_3
дитригональна
(6 граней)

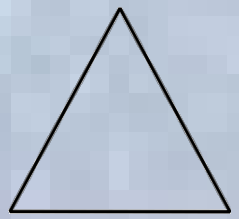


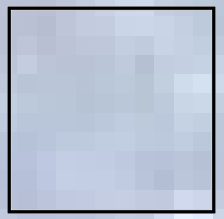
L_4
дитетрагональна
(8 граней)

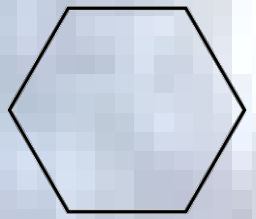


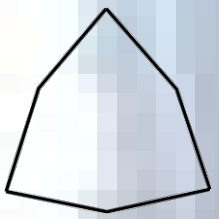
L_6
дигексагональна
(12 граней)

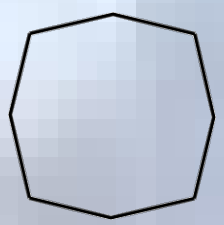
моноедр
(1 грань)

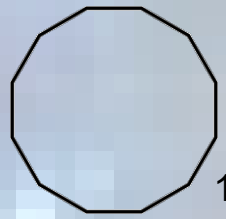






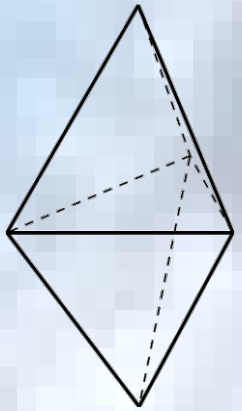




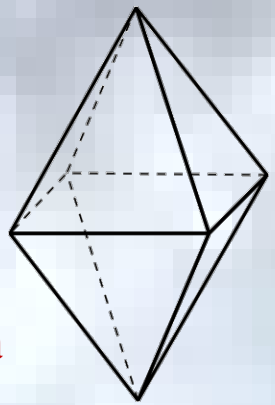


Тетрагональна, тригональна, гексагональна сингонії (середня категорія).

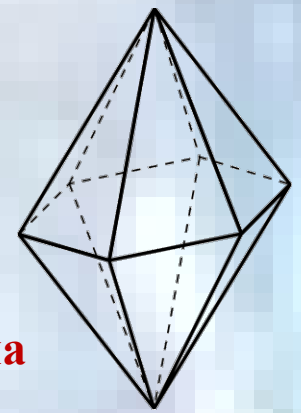
дипіраміди



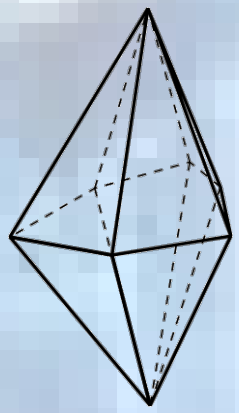
L_{i6}
тригональна
(6 граней)



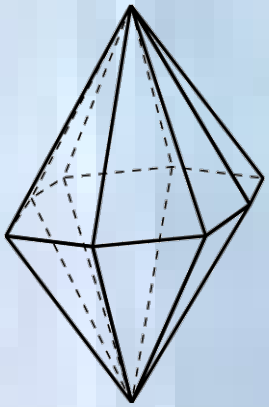
L_4
тетрагональна
(8 граней)



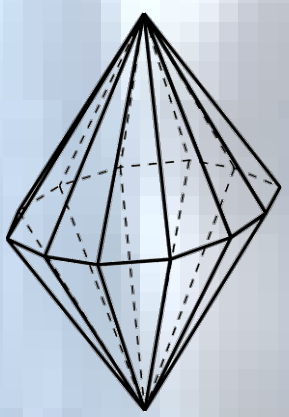
L_6
гексагональна
(12 граней)



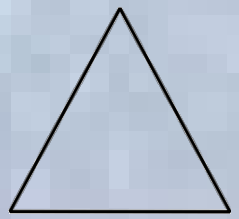
L_{i6}
дитригональна
(12 граней)

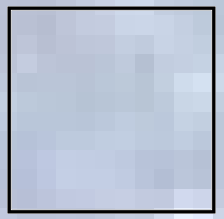


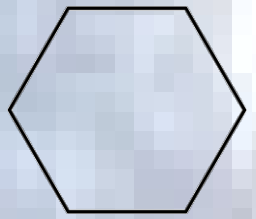
L_4
дитетрагональна
(16 граней)

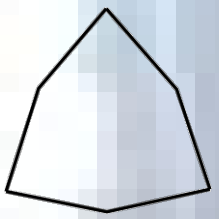


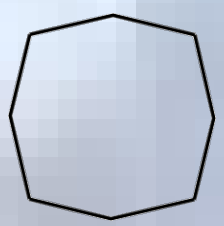
L_6
дигексагональна
(24 грані)

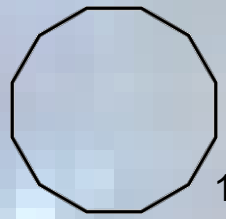




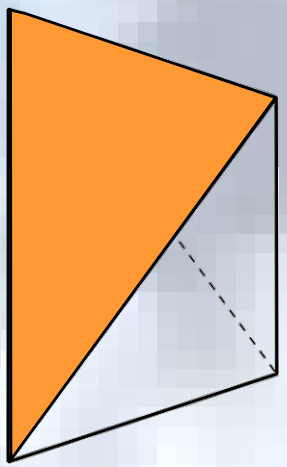




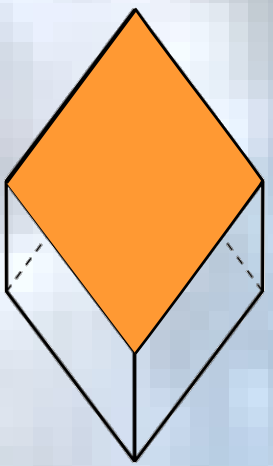




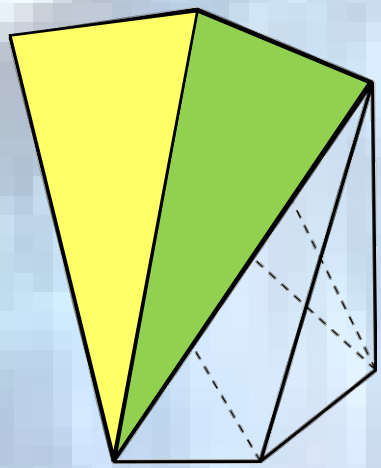
Тетрагональна, тригональна, гексагональна сингонії (середня категорія).



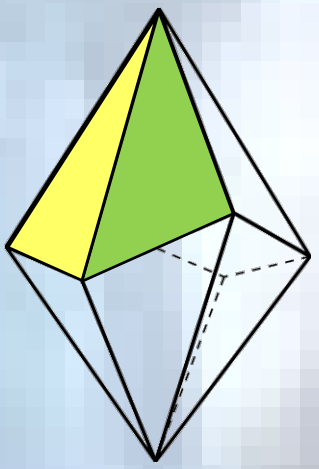
L_{i4}
тетрагональний тетраедр (4 грані)



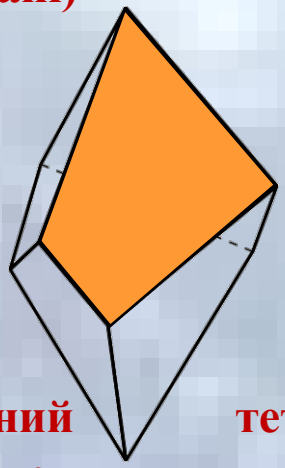
L_3
ромбоедр (6 граней)



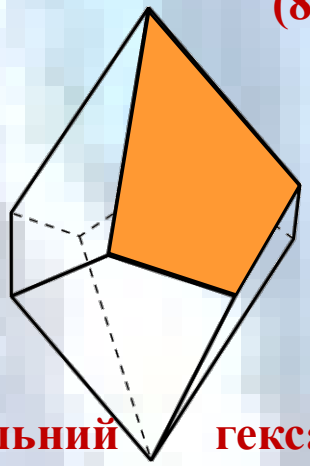
L_{i4}
дитетрагональний скаленоедр (8 граней)



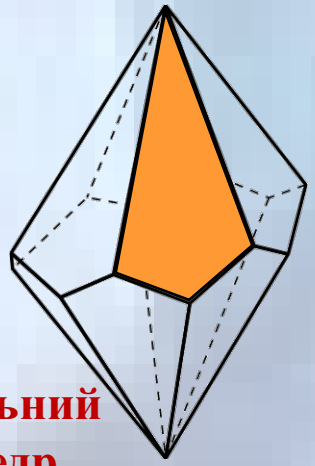
L_3
дитригональний скаленоедр (12 граней)



L_3
тригональний трапецоедр (6 граней)

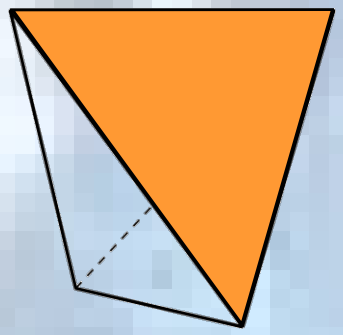


L_4
тетрагональний трапецоедр (8 граней)

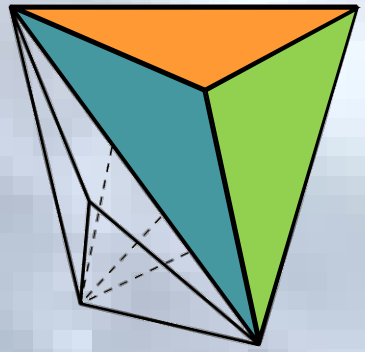


L_6
гексагональний трапецоедр (12 граней)

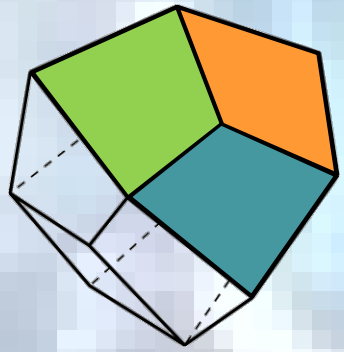
Кубічна сингонія (вища категорія).



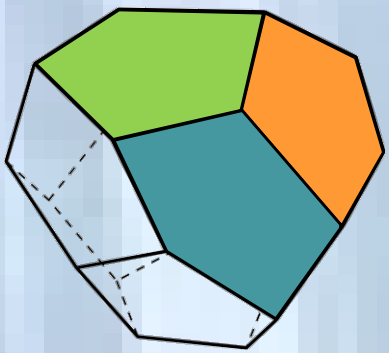
тетраедр
(4 грані)



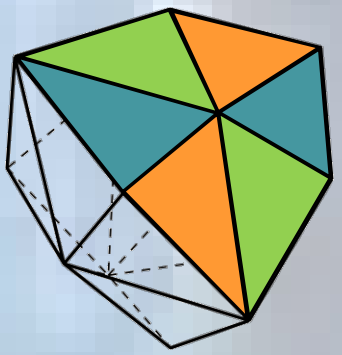
тригон-тритетраедр
(12 граней)



тетрагон-тритетраедр
(12 граней)

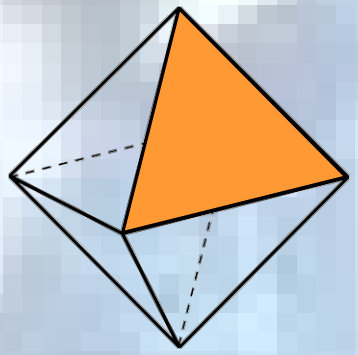


пентагон-тритетраедр
(12 граней)

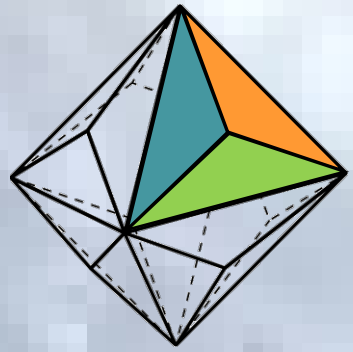


гексатетраедр
(24 грані)

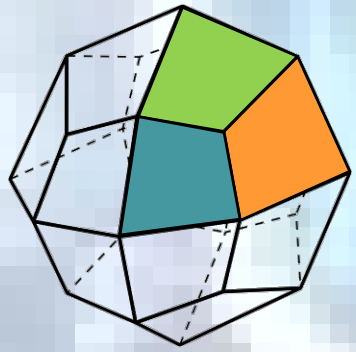
Кубічна сингонія (вища категорія).



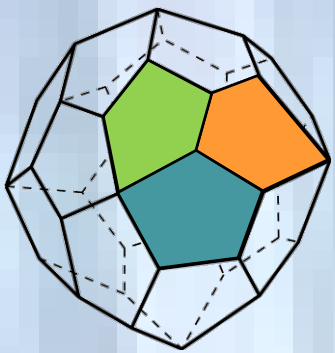
октаедр
(8 граней)



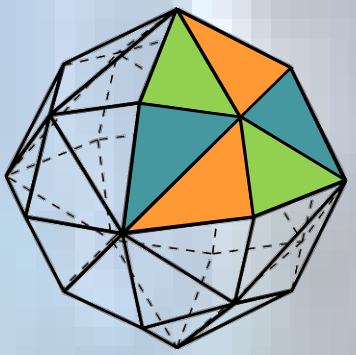
тригон-триоктаедр
(24 грані)



тетрагон-триоктаедр
(24 грані)

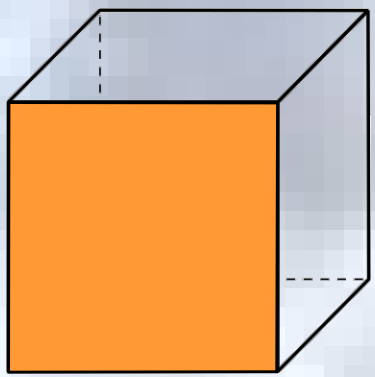


пентагон-триоктаедр
(24 грані)

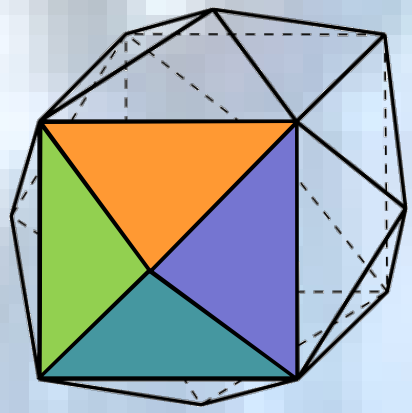


гексатоктаедр
(48 граней)

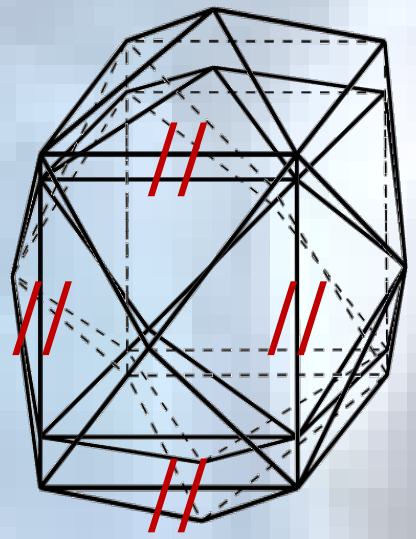
Кубічна сингонія (вища категорія).

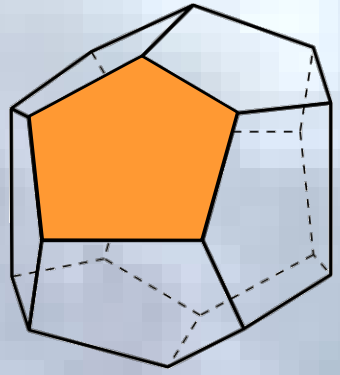


гексаедр
(6 граней)

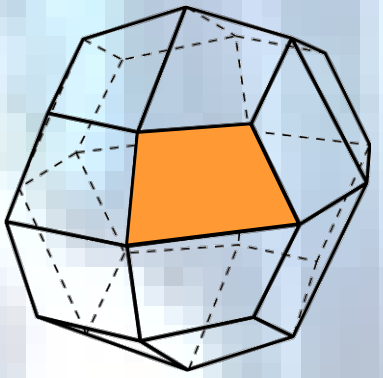


тетрагексаедр
(24 грані)

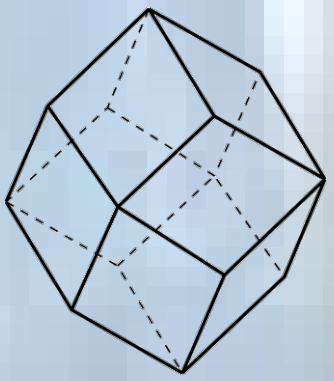




пентадодекаедр
(12 граней)

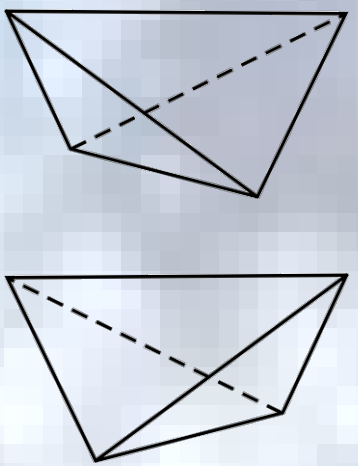


дидодекаедр
(24 грані)

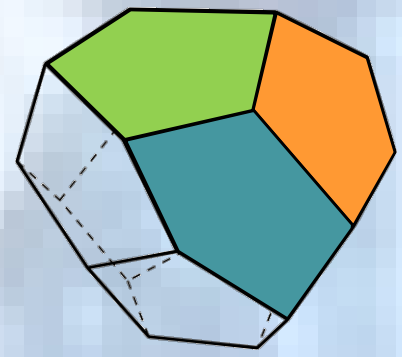


ромбододекаедр
(12 граней)

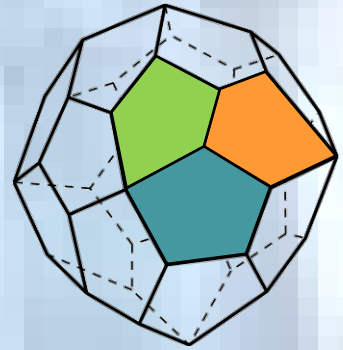
Енантіоморфні прості форми



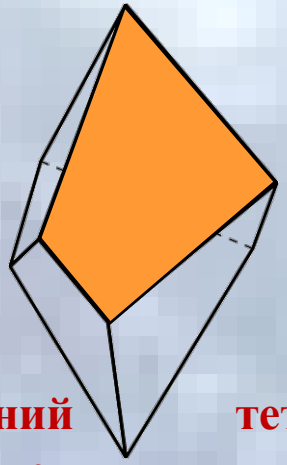
ромбічний тетраедр



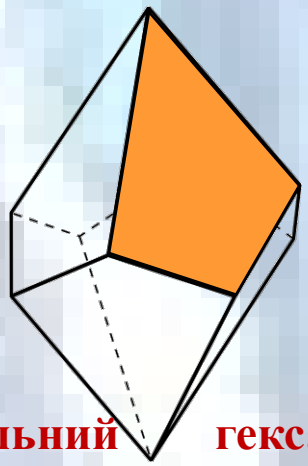
пентагон-тритетраедр



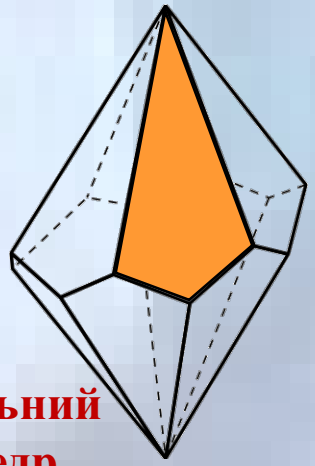
пентагон-триоктаедр



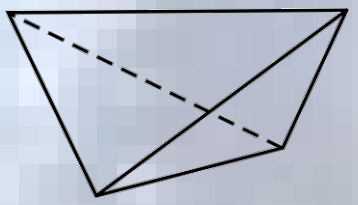
L_3
тригональний
трапецоедр



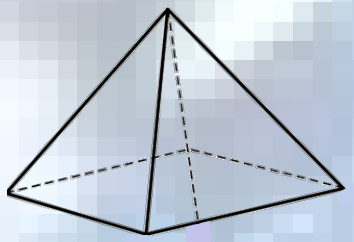
L_4
тетрагональний
трапецоедр



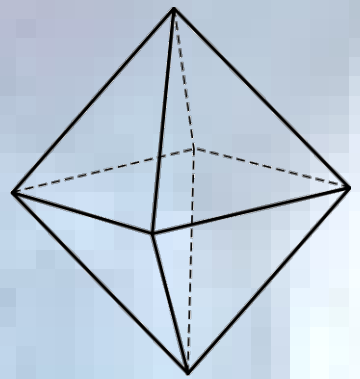
L_6
гексагональний
трапецоедр



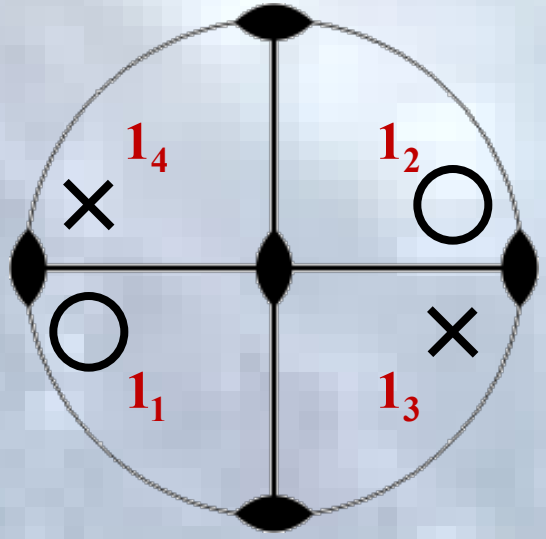
$3L_2$
1 – ромбічний тетраедр
(4 грані)

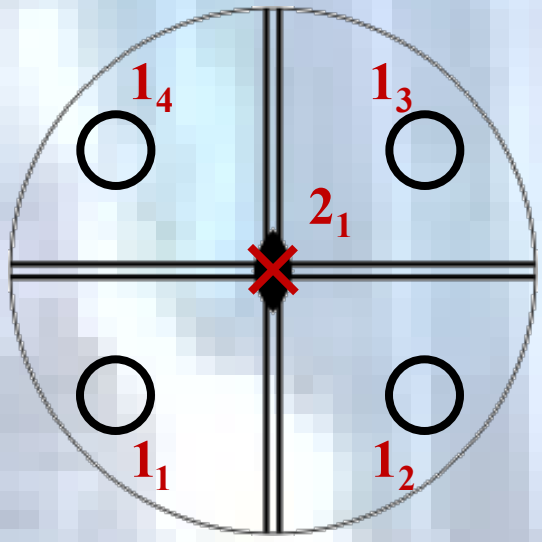


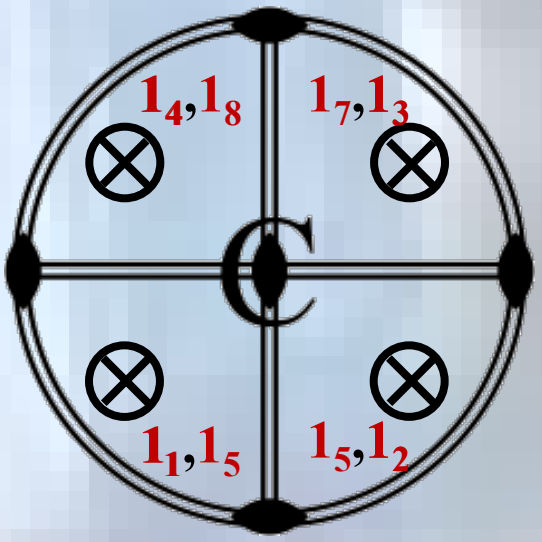
$L_2 2P$
1 – ромбічна піраміда
2 – моноедр
(5 граней)

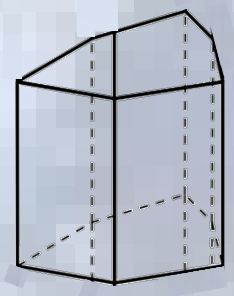


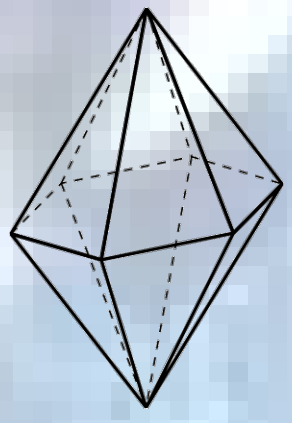
$3L_2 3PC$
1 – ромбічна дипіраміда
(8 граней)

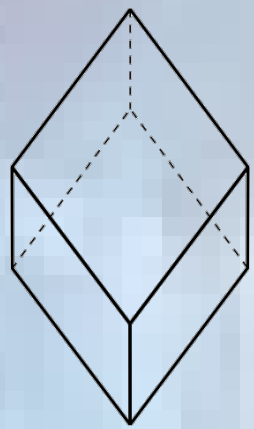








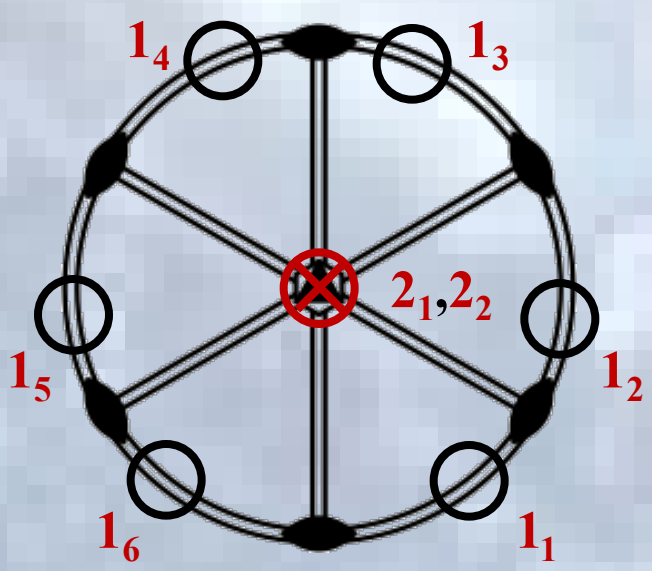


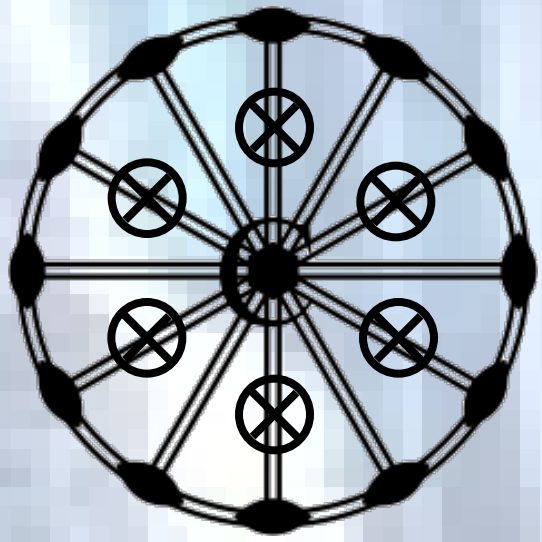


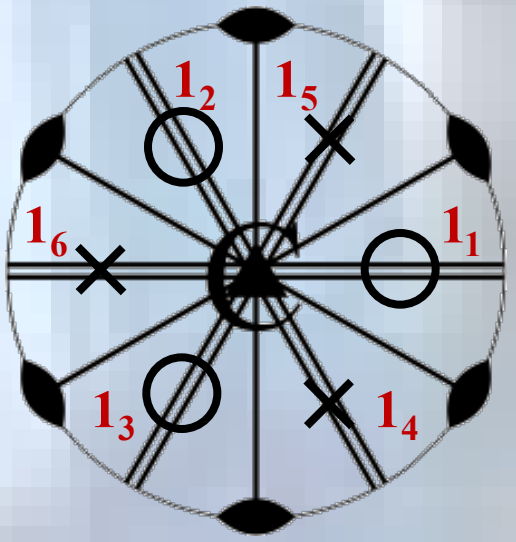
$L_{i6}3L_23P$
1 – дитригональна призма
2 – пінакоїд
(8 граней)

L_66L_27PC
1 – гексагональна
дипіраміда
(12 граней)

L_33L_23PC
ромбоедр
(6 граней)

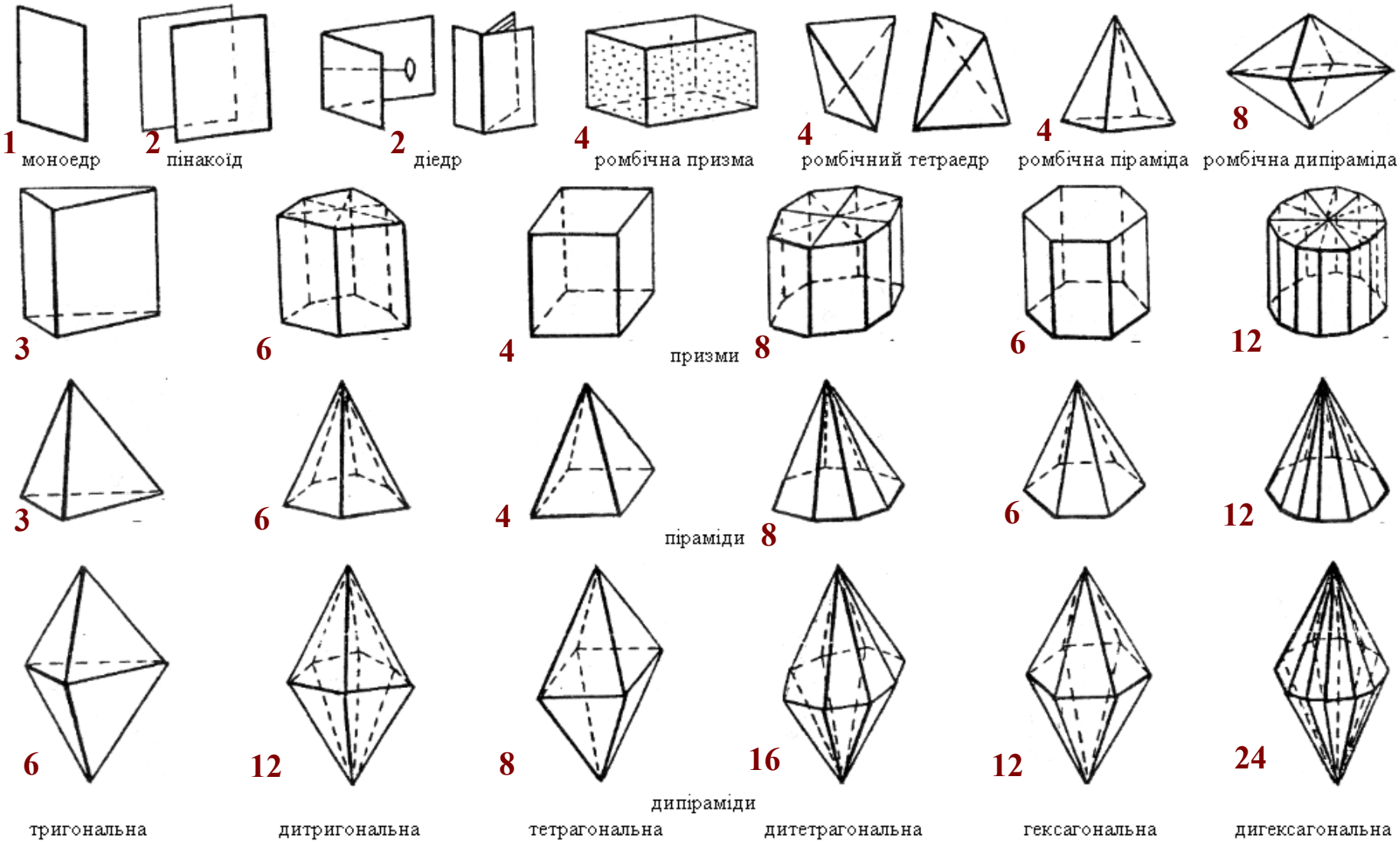


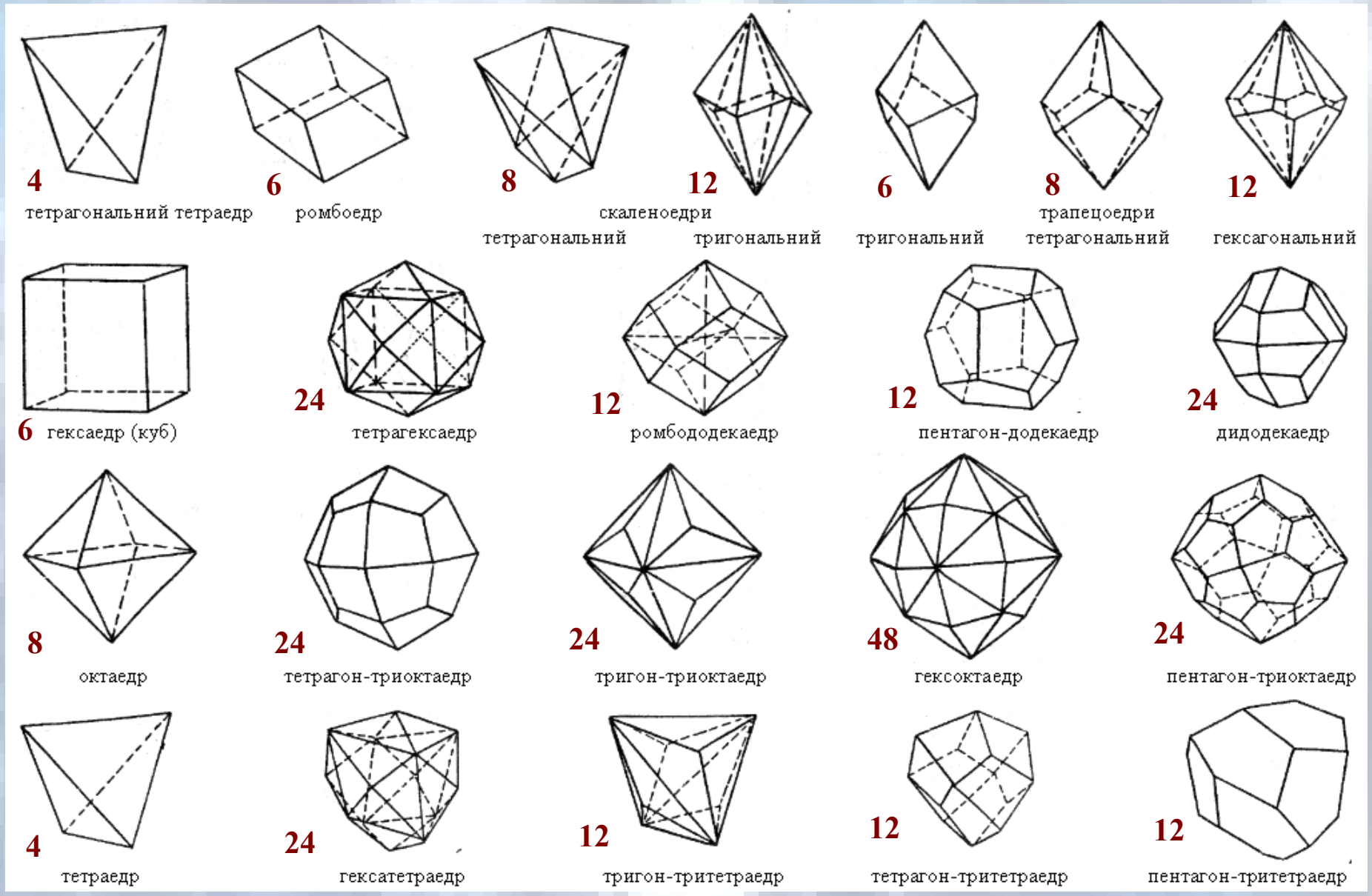




1_1-1_{12}

Прості форми




4
тетрагональний тетраедр
6
ромбоедр
8
скаленоедри
тетрагональний
12
тригональний
6
тригональний
8
трапецоедри
тетрагональний
12
гексагональний
6 гексаедр (куб)
24
тетрагексаедр
12
ромбододекаедр
12
пентагон-додекаедр
24
дидодекаедр
8
октаедр
24
тетрагон-триоктаедр
24
тригон-триоктаедр
48
гексоктаедр
24
пентагон-триоктаедр
4
тетраедр
24
гексатетраедр
12
тригон-тритетраедр
12
тетрагон-тритетраедр
12
пентагон-тритетраедр