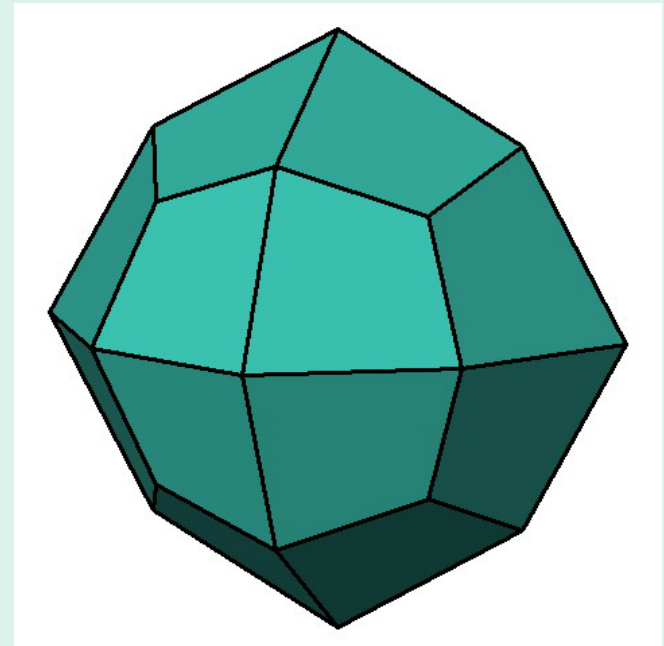


Лекция 6

КУБИЧЕСКИЕ КЛАССЫ И ПРОСТЫЕ ФОРМЫ КРИСТАЛЛОВ КУБИЧЕСКОЙ СИНГОНИИ

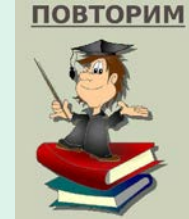


Разминка



Немного повторим

Условия существования сферических треугольников, содержащие в вершинах оси симметрии



1) $180 < \text{сумма углов} \leq 540$

2) Порядок оси симметрии задает угол между сторонами сферического треугольника, равный половине элементарного угла поворота оси 90, 60, 45, 30

Сочетание осей	сумма углов
2 2 2	$90+90+90 = 270$ Есть и кристаллографичен
3 2 2	$60+90+90 = 240$ Есть и кристаллографичен
4 2 2	$45+90+90 = 225$ Есть и кристаллографичен
6 2 2	$30+90+90 = 210$ Есть и кристаллографичен
5 2 2	$36+90+90 = 216$ Есть, некристаллографичен
<u>7 и более 2 2</u>	<u>* $+90+90 > 180$ Есть, некристаллографичен</u>
3 3 2	$60+60+90 = 210$ Есть и кристаллографичен
4 3 2	$45+60+90 = 195$ Есть и кристаллографичен
5 3 2	$36+60+90 = 186 > 180!$ Потом!

Допустимые сочетания углов в сферическом треугольнике:

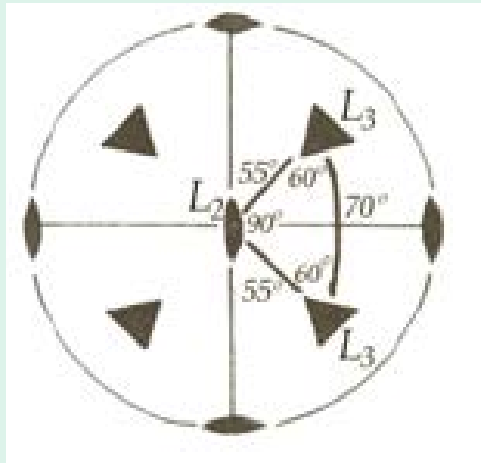
$$L_3 L_3 L_2$$

$$60^\circ + 60^\circ + 90^\circ = 210^\circ$$

$$L_4 L_3 L_2$$

$$45^\circ + 60^\circ + 90^\circ = 195^\circ$$

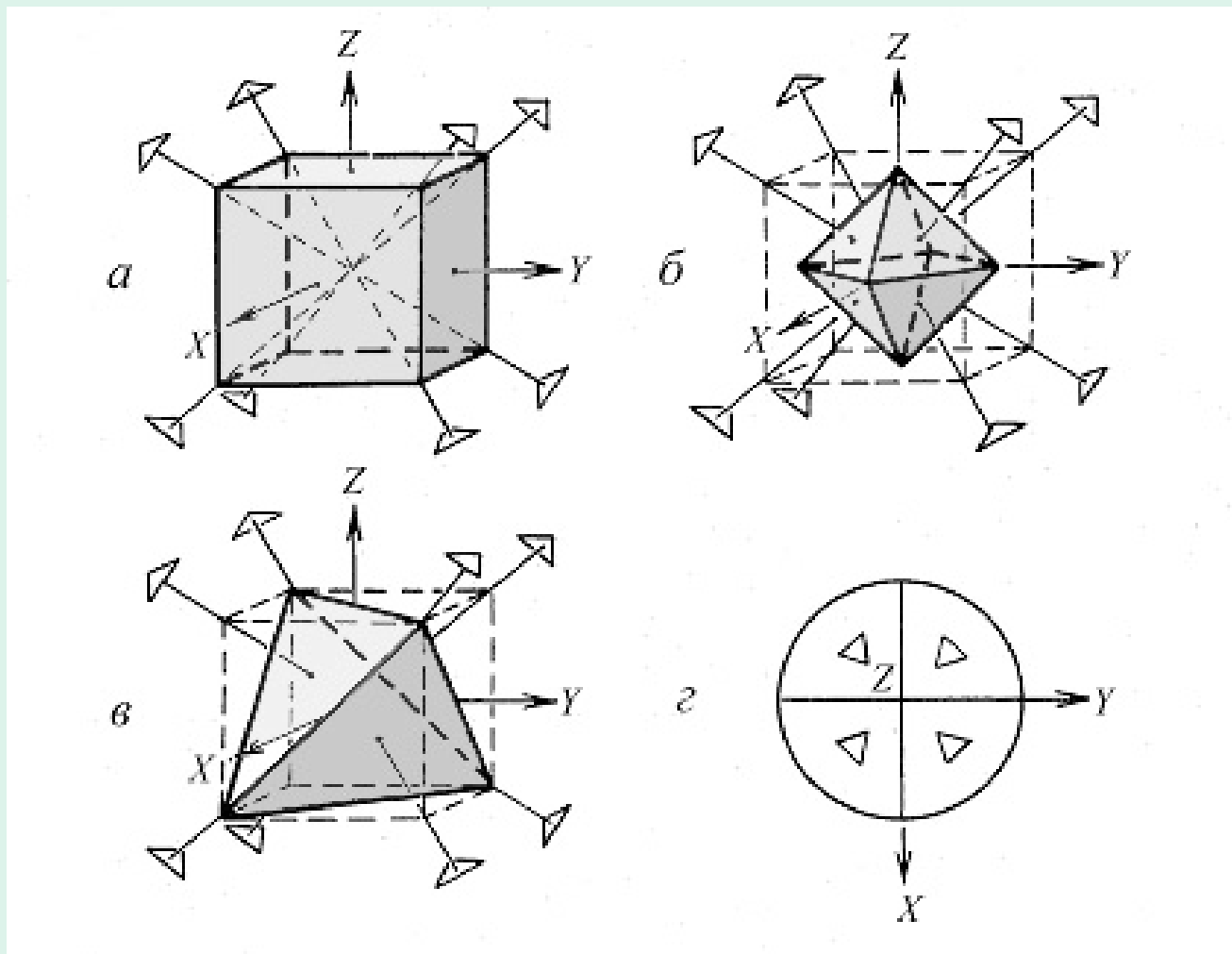
Категория	НИЗШАЯ $a \neq b \neq c$			СРЕДНЯЯ $a = b \neq c$				ВЫСШАЯ $a = b = c$	
	Триклинная $\alpha \neq \beta \neq \gamma$	Моноклиная $\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma \neq 90^\circ$	Ромбическая $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Тетрагональная $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Гексагональная $\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma = 120^\circ$		Кубическая $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$		
Сингония					Тригональная подсингония	Гексагональная подсингония			
C_n	$L_1 C_1$ 	$L_2 C_2$ 		$L_4 C_4$ 	$L_3 C_3$ 	$L_6 C_6$ 		Обозначения Символ Браве Символ Шенфлиса Стереографическая проекция класса симметрии	
C_{ni} (S_n)	$L_1/C C_1/S_2$ 	$L_2/P C_2/S_1$ 		$L_4 C_4i/S_4$ 	$L_3 C_3i/S_6$ 	$L_6 C_6i/S_6$ 			
C_{nh}		$L_2PC C_{2h}$ 		$L_4PC C_{4h}$ 		$L_6 C_{3h}$ 	$L_6PC C_{6h}$ 		
C_{nv}			$L_2 2P C_{2v}$ 	$L_4 4P C_{4v}$ 	$L_3 3P C_{3v}$ 	$L_6 6P C_{6v}$ 			
D_n			$3L_2 D_2$ 	$L_4 4L_2 D_4$ 	$L_3 3L_2 D_3$ 	$L_6 6L_2 D_6$ 	$3L_2 4L_3 T$ 	$3L_2 4L_3 6L_2 O$ 	
D_{nd}				$L_2 2L_2 2P D_{2d}$ 	$L_3 3L_2 3PC D_{3d}$ 		$3L_2 4L_3 6P T_d$ 		
D_{nh}			$3L_2 3PC D_{2h}$ 	$L_4 4L_2 3PC D_{4h}$ 		$L_3 4L_3 6P D_{3h}$ 	$3L_2 4L_3 6P T_h$ 	$3L_2 4L_3 6P 3PC O_h$ 	



$$L_3 L_3 L_2$$

Расположив рассчитанный треугольник на сфере и размножив данные элементы симметрии, получим стереографическую проекцию осевой группы – $3L_24L_3$

Вывод кубических групп (классов) симметрии

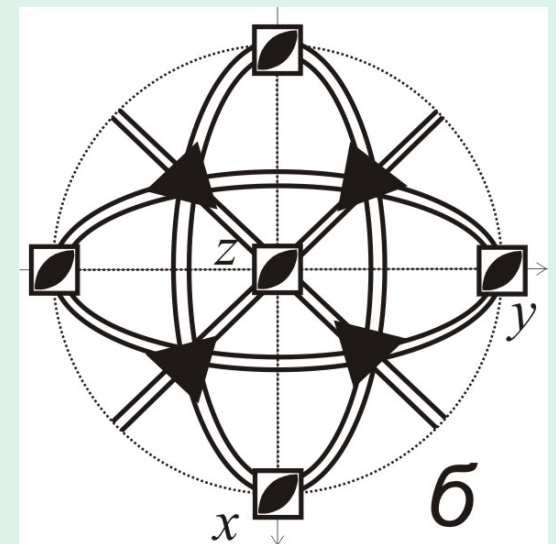
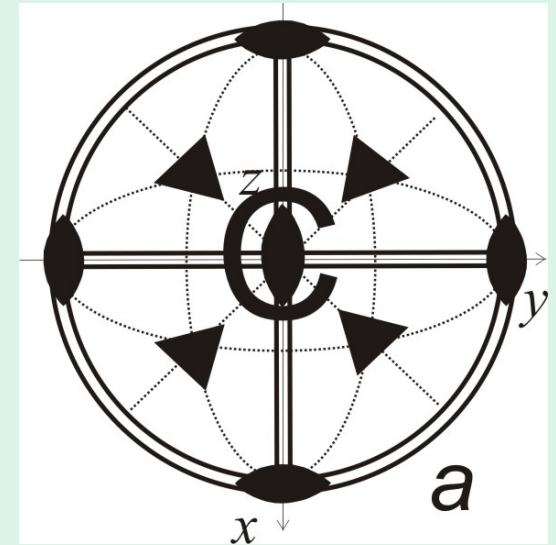
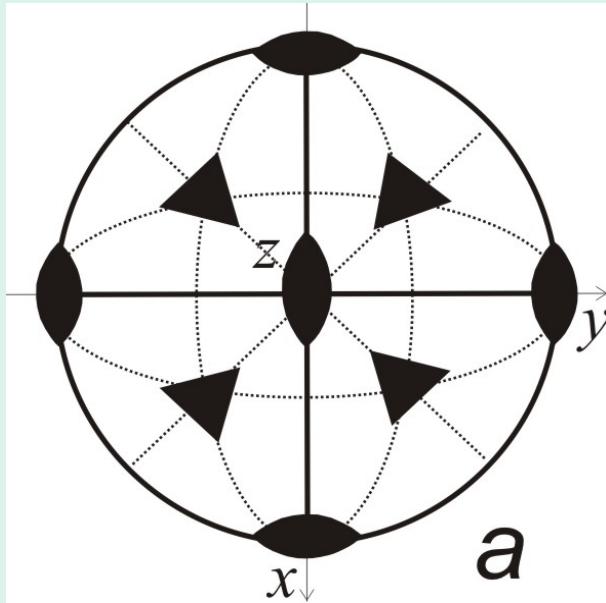


Расположение координатных направлений X, Y, Z и четырех осей 3-го порядка в кубе (а), октаэдре (б), тетраэдре (в) и стереограмма этих направлений (г)



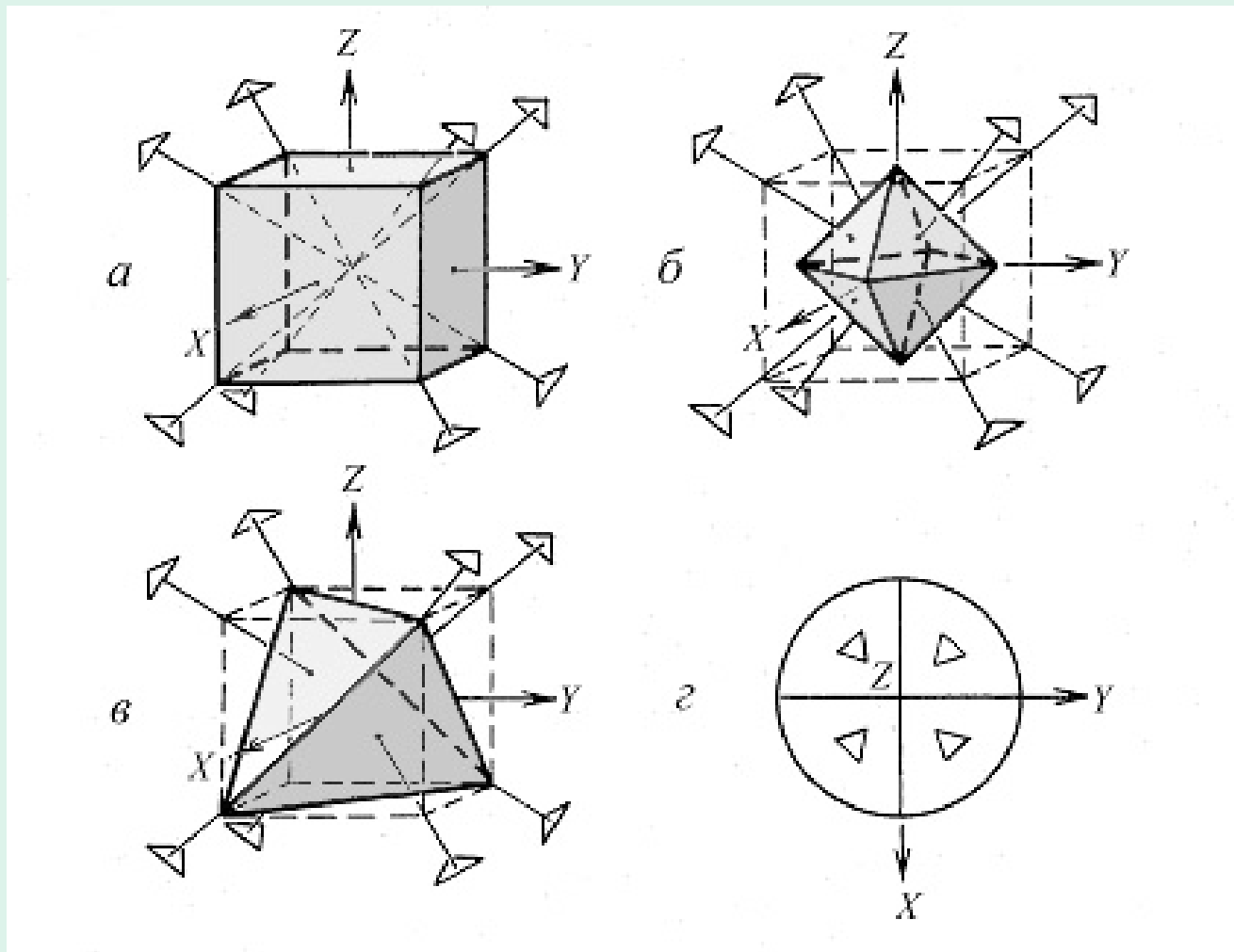
Вывод кубических групп (классов) симметрии

$$\underline{L_3} \underline{L_3} \underline{L_2} \quad 60^\circ + 60^\circ + 90^\circ = 210^\circ$$

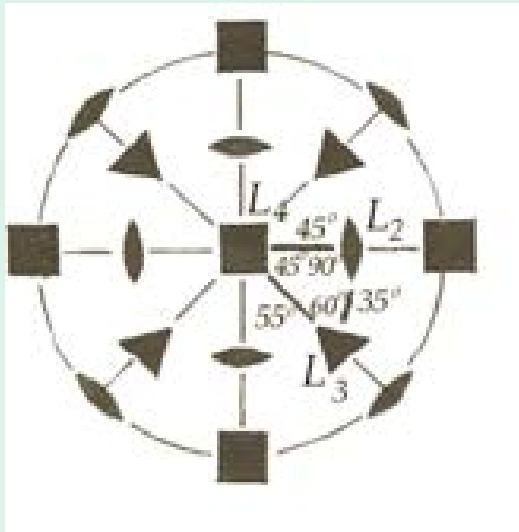


*Три класса с
тетраэдрическим
осевым набором*

Вывод кубических групп (классов) симметрии



Расположение координатных направлений X, Y, Z и четырех осей 3-го порядка в кубе (а), октаэдре (б), тетраэдре (в) и стереограмма этих направлений (г)



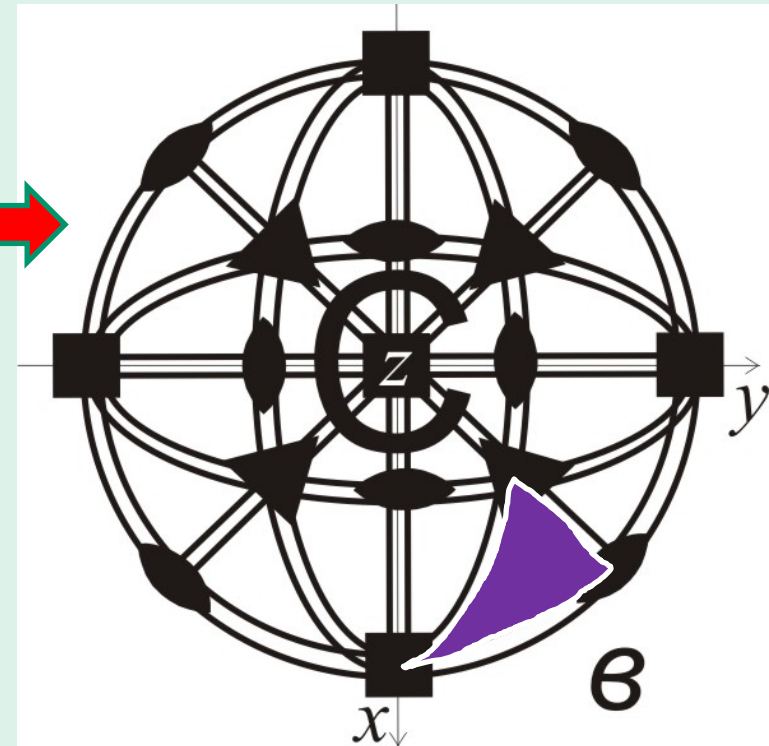
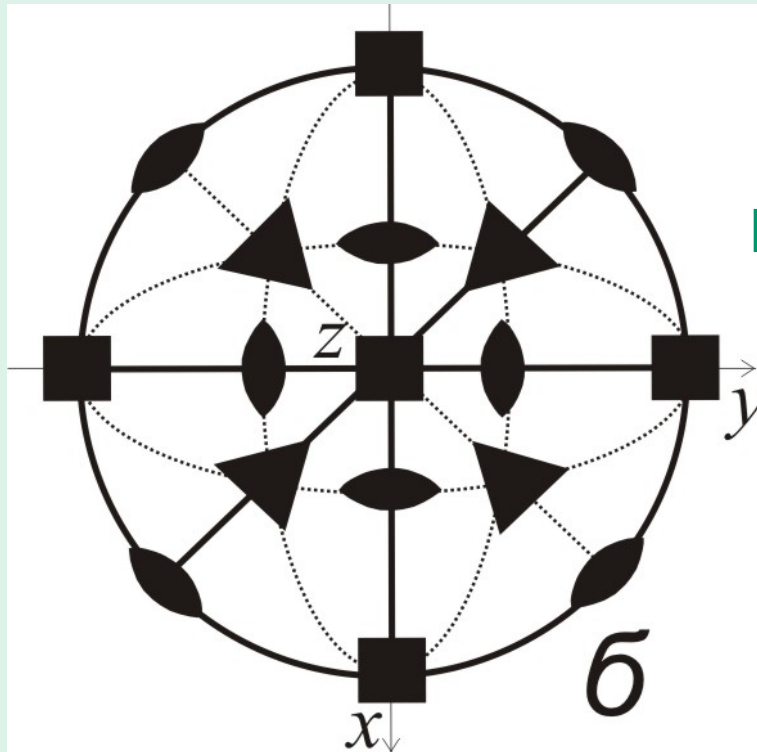
$$L_4 L_3 L_2$$

Расположив рассчитанный треугольник на сфере и размножив данные элементы симметрии, получим стереографическую проекцию осевой группы : $3L_4 4L_3 6L_2$



Вывод кубических групп (классов) симметрии

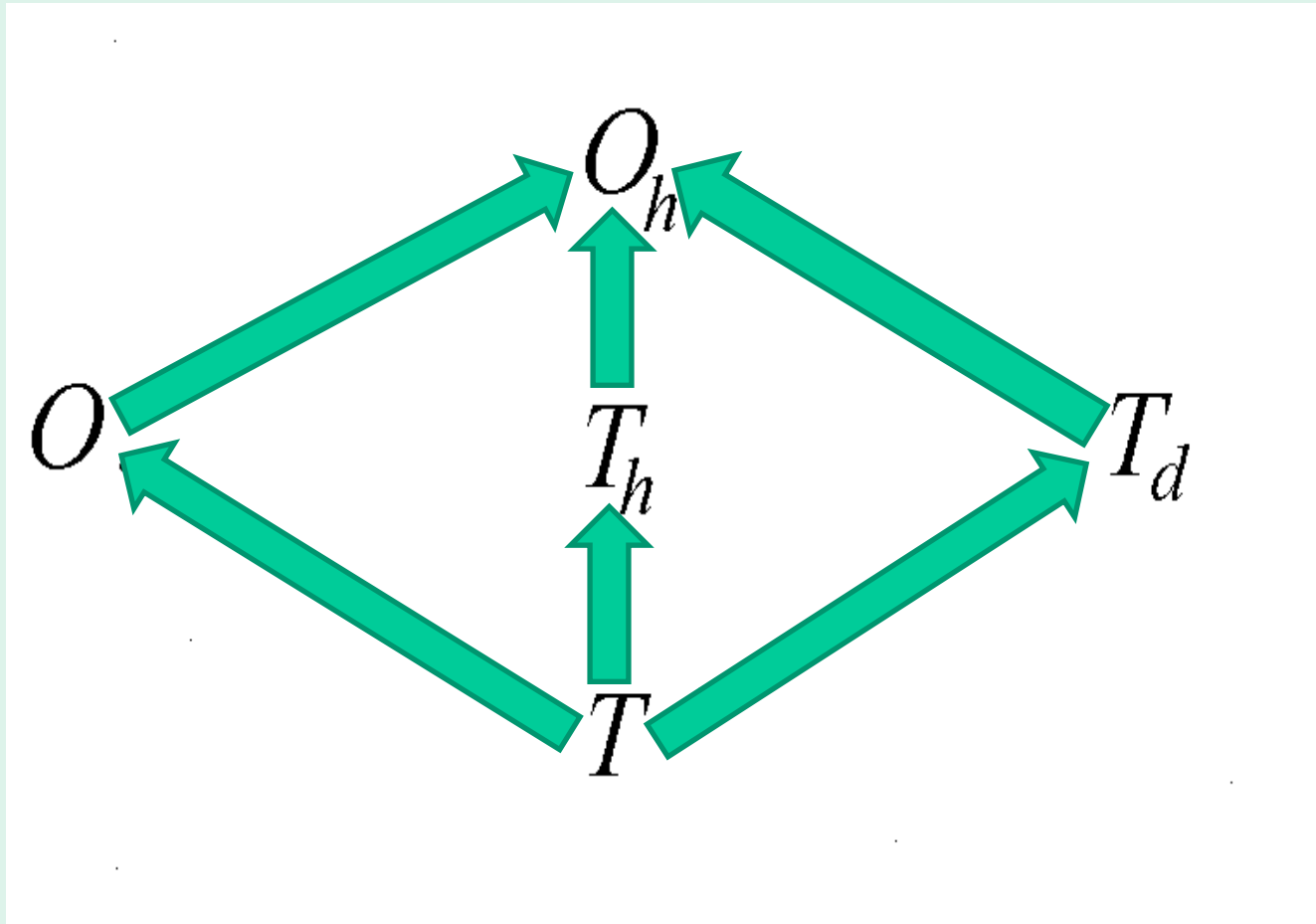
$$\underline{L_4} \underline{L_3} \underline{L_2} \quad 45^\circ + 60^\circ + 90^\circ = 195^\circ$$



Два класса с октаэдрическим осевым набором






Для кубических кристаллов в символике Шенфлиса используются две буквы: T и O , которые обозначают осевой набор тетраэдра и октаэдра соответственно.



Символика Германа-Могена (международная)

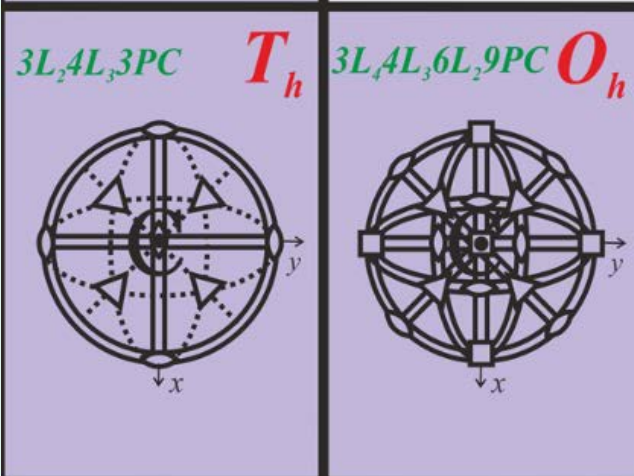
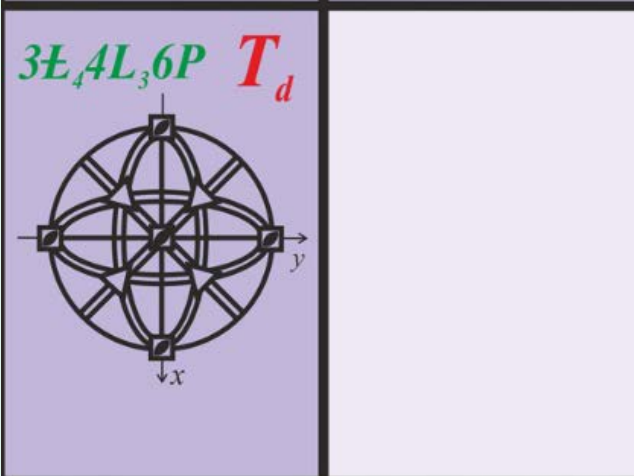
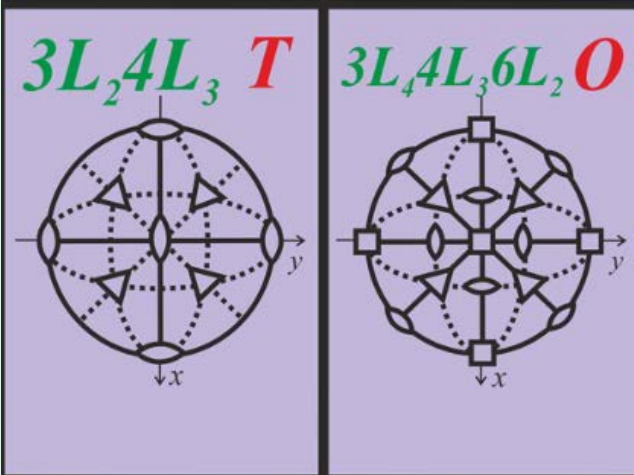


Вид международного символа зависит от категории.

		I позиция <i>Глаз 1</i> 	II позиция <i>Глаз 2</i> 	III позиция <i>Глаз 3</i> 
Низшая категория	$a \neq b \neq c$	X	Y	Z
Средняя категория	$a = b \neq c$	Z	X = Y (=U)	$\alpha/2$
Высшая категория	$a = b = c$	X = Y = Z	3	$\alpha/2$



Символика Германа-Могена (международная)



	$X = Y = Z$ Глаз 1 	3 Глаз 2 	$\alpha/2$ Глаз 3
T			
T_h			
T_d			
O			
O_h			



Число простых форм кристаллов конечно и якобы (по названию) «равно **47**» (**32**+**15**).

В одном классе может быть несколько принципиально разных частных положений и **только одно общее**.
Общие формы в 32 классах **НЕ ПОВТОРЯЮТСЯ**

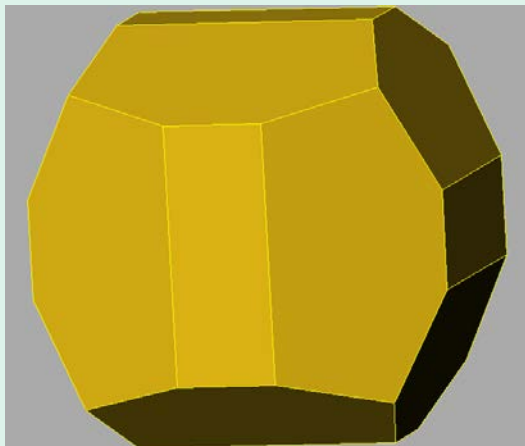
Открытые формы ***невозможны в кристаллах кубической сингонии***

В независимом сферическом треугольнике любого кубического класса **7** принципиально разных позиций для **закрытых** простых форм

Тема лекции
Установить
взаимосвязь



Что общего



Кубические
простые
формы



Первомайская
демонстрация 1937
года

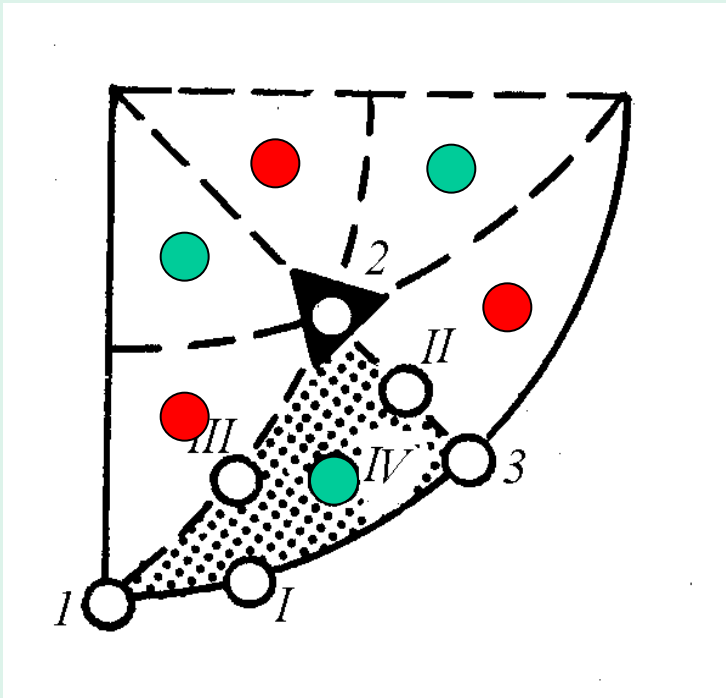


Самое длинное
ругательное
слово в мире

«ЯКОБЫ 15»

ПРОСТЫХ ФОРМ
ВЫСШЕЙ
КАТЕГОРИИ

Различные позиции граней на стереограмме кубических классов симметрии.



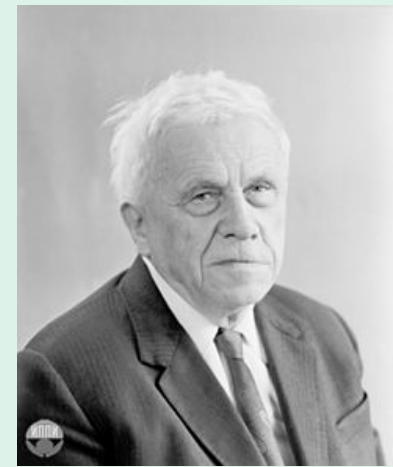
Грани основных простых форм:
1 – (выход координатных осей),
2 – (выход осей 3-его порядка)
3 – (диагональное направление);
грани производных форм:
I – (параллельно оси z),
II – (равнонаклонно к осям x и y),
III – (равнонаклонно к осям z и y)},
IV – Общая форма

ИТОГО: в каждом кубическом классе
7 различных по названию простых форм

Способ Н. В. Белова

вывод простых форм кристаллов кубической сингонии как производных от простейших основных форм

**Н.В. Белов - академик, герой соц. Труда.
Зав. кафедрой кристаллографии МГУ
1961-1982**



Основные простые формы кубических кристаллов – это простейшие кристаллографические фигуры с несколькими осями высшего порядка.

Грани этих простых форм занимают строго фиксированное положение, как бы подчеркивая основные особые направления классов кубической сингонии – три координатные оси симметрии, четыре равно наклонные к ним оси 3-го порядка и шесть диагональных особых направлений.

В основу названий простых форм положены
(древне) греческие слова



Названия **большинства** производных простых форм кристаллов кубической сингонии строятся по следующей схеме:

1. Характеристика формы грани:

тригон (греч. *три* (τρι) - три, *гониа* (γωνια) – угол) – треугольная,

тетрагон (греч. *тетра* (τετρα) – четыре) – четырехугольная,

пентагон (греч. *пента* (πεντα) – пять) – пятиугольная;



2. *Количество граней,*

заменивших исходную грань основной простой формы;

3. *Название простой формы, на основе которой выводится полученная производная форма.*

Например, ***тригон-тетра-гексаэдр***
($\Delta 4 \times 6$)

простая форма с гранями ***треугольной*** формы,
где ***учетверилась*** грань исходной формы –
гексаэдра.

ИТОГО
проговариваем для себя (на древнегреческом)

КТО

/

СКОЛЬКО ШТУК

/

НА КОМ ВЫРОСЛО

(**пентагон-три-октаэдр**)

ПЕРЕВОД с древнегреческого :

на грани октаэдра выросло три пентагона



**7 форм
5 классов
 $7 \times 5 = 35$?**



**НЕТ!
15!**



Историческая параллель – первомайские демонстрации 1937-1941 годов



Мавзолей Ленина стал трибуной для руководителей государства.



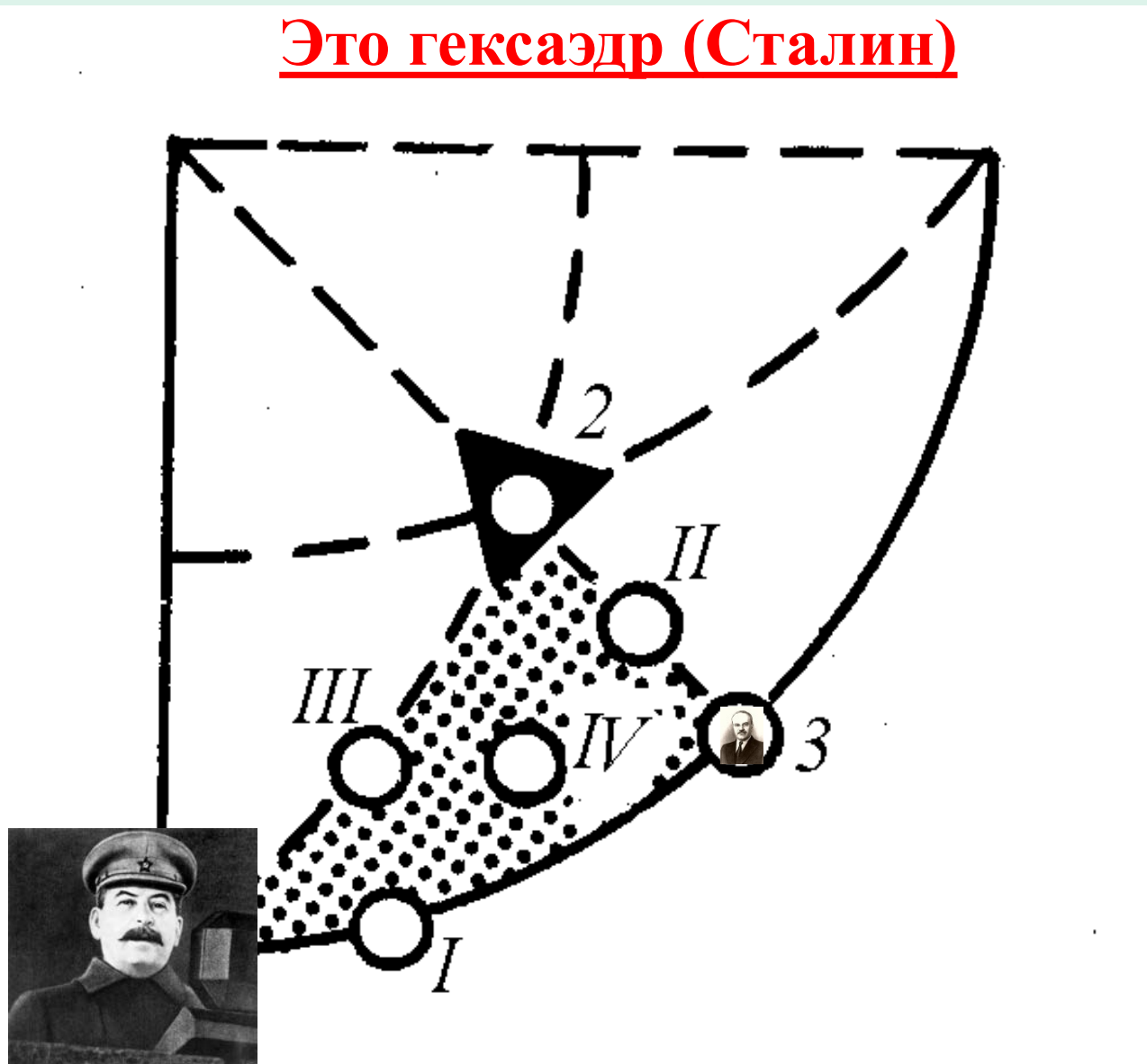
Место в первом ряду строго регламентировано и соответствовало текущей иерархии (хотя ежегодно и были обновления – *это базовые простые формы*)

Обязательно звали одного представителя народа (каждый год новый) *Кривонос, Стаханов, Ангелина* и т. д. –
Общая простая форма

Частные простые формы в вершинах треугольника

2 неизбылемы во всех классах

Это гексаэдр (Сталин)



ВАЛЬС ТРИДЦАТЬ ДЕВЯТОГО ГОДА

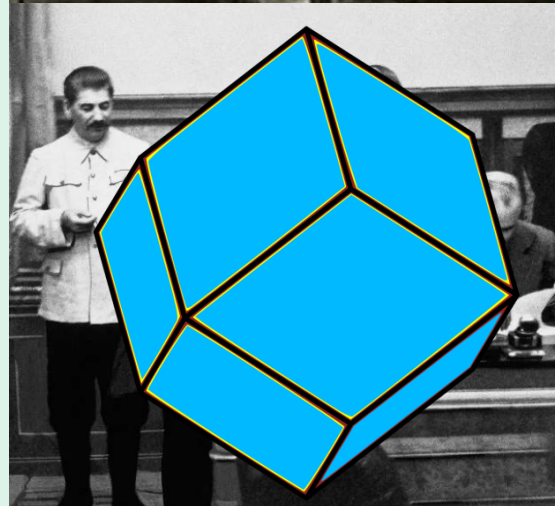
<https://gorodnitsky.com/songs/%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%81-%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%B4%D1%86%D0%B0%D1%82%D1%8C-%D0%B4%D0%B5%D0%B2%D1%8F%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0/?ysclid=m2c4ml5xb1817987010>

Полыхает кремлевское золото.
Дует с Волги степной суховей.

Вячеслав наш Михайлович Молотов

Принимает берлинских друзей.

Карта мира верстается наново,
Челядь пышный готовит банкет.
Риббентроп преподносит Улановой
Хризантем необъятный букет.



Частные простые формы в вершинах треугольника

2 неизблемы во всех классах

Это гексаэдр (Сталин) и



Ромбододекаэдр (Вячеслав Михайлович Молотов)

Летим в 1937 год...



СТАЛЬНЫЕ ЕЖОВЫ РУКАВИЦЫ



СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

ШТАТ ВАШИНГТОН, ГОРОД ПОРТЛАНД

ЭКИПАЖУ САМОЛЕТА АНТ-25

ЧКАЛОВУ, БАЙДУКОВУ, БЕЛЯКОВУ

Горячо поздравляем Вас с блестящей победой. Успешное завершение героического беспосадочного перелета Москва — Северный полюс — Соединенные Штаты Америки вызывает любовь и восхищение трудящихся всего Советского Союза.

Гордимся отважными и мужественными советскими летчиками, не знающими преград в деле достижения поставленной цели.

Обнимаем Вас и жмем ваши руки.

- | | |
|--------------|------------|
| ● И. СТАЛИН | М. КАЛИНИН |
| ● В. МОЛОТОВ | А. ЖДАНОВ |
| К. ВОРОШИЛОВ | ● Н. ЕЖОВ |
| Л. КАГАНОВИЧ | А. МИКОЯН |
| | А. АНДРЕЕВ |

**Перелет Москва—Северный полюс—
Соединенные Штаты Америки завершен**

Вчера, 20 июня, в 20 часов 20 минут, была получена радиogramма: «ВАШИНГТОН, 20 июня. В 16 часов 30 минут по Гринвичу, по московскому времени — в 19 часов 30 минут, Чкалов совершил посадку на аэродроме Баракс, близ Портланда (штат Вашингтон).

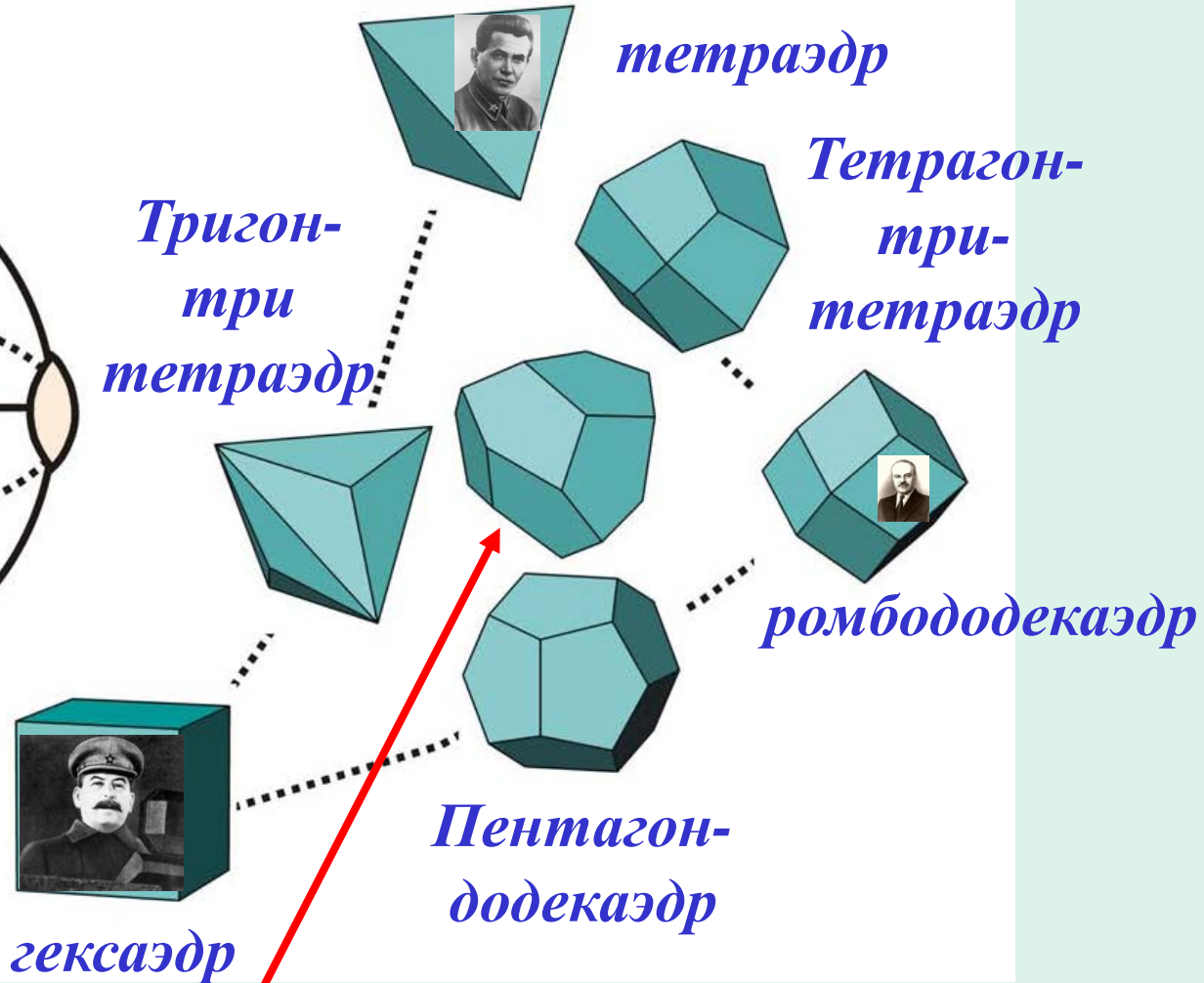
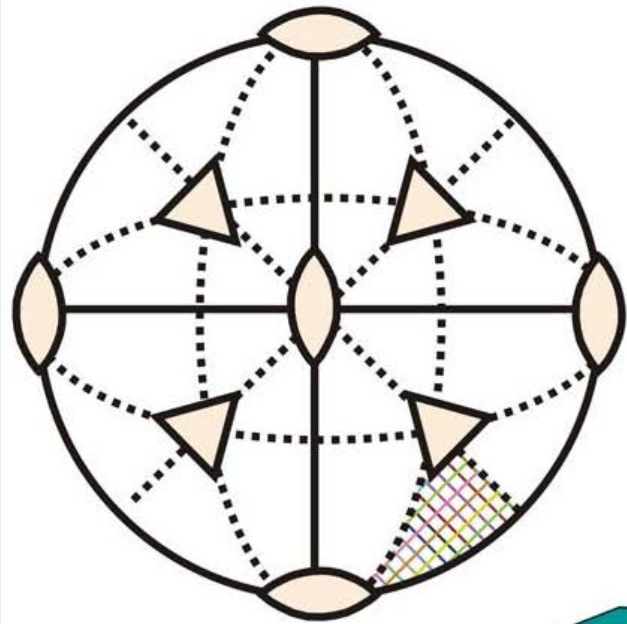
Уманский».



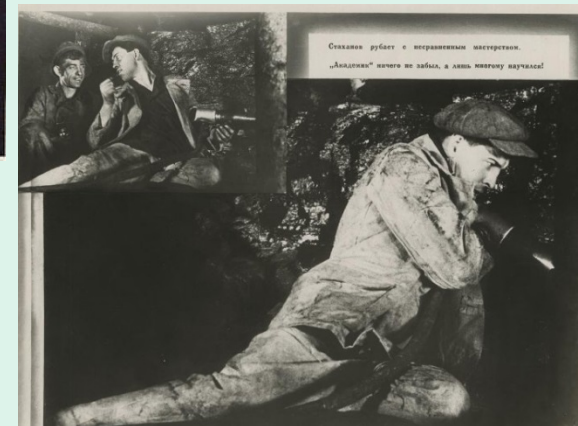
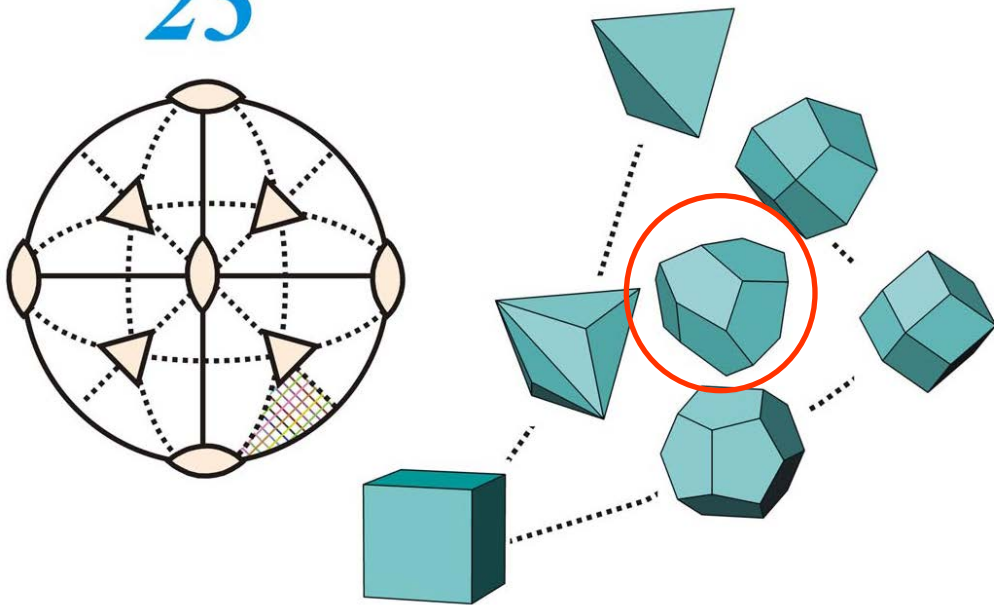
RUSSIAN NORTH POLE FLIERS AT PEARSON FIELD, VANCOUVER, WASH., JUST AFTER ARRIVING FROM MOSCOW, JUNE 20, 1937

1937 год. Размножающаяся способность класса =12

23



Пентагон-три-тетраэдр (12 граней)

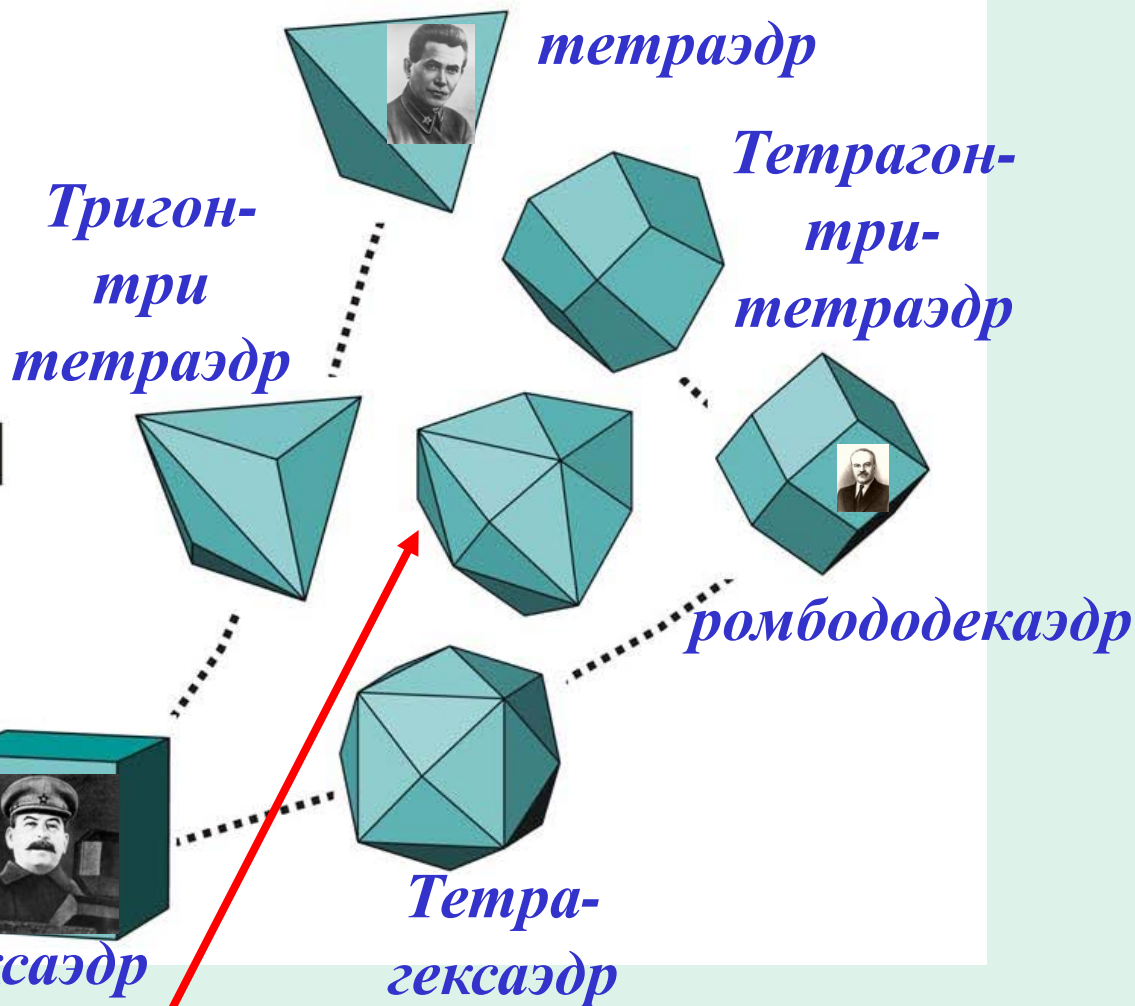
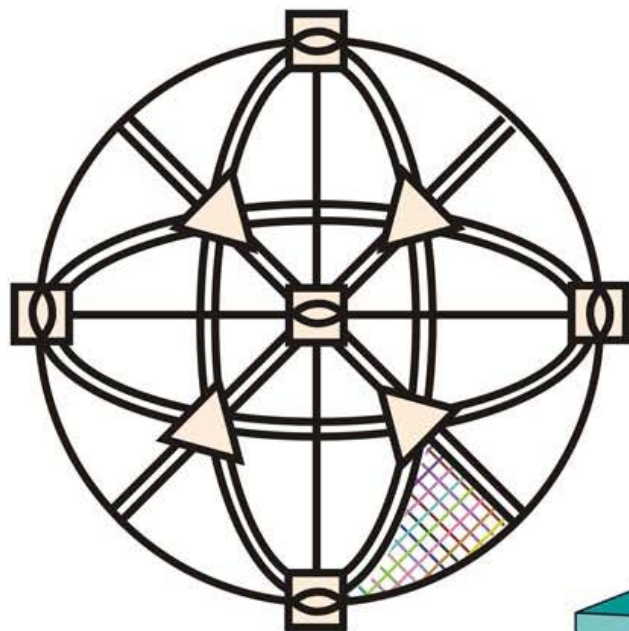


Алексей Григорьевич Стаханов.

(В ночь с 30 на 31 августа 1935 года за смену (5 ч. 45 мин.) вместе с двумя крепильщиками добыл 102 тонны **угля** при норме на одного забойщика в 7 тонн, в 14 раз превысив эту норму и установив рекорд. Рекордная смена была спланирована заранее, было перепроверено оборудование, организован вывоз угля, проведено освещение забоя. Однако советская пропаганда приписывала весь добытый за смену уголь лично Стаханову. Достижение Стаханова было использовано ВКП(б) для кампании, известной как «Стахановское движение»).

1938 год. Размножающаяся способность класса =24

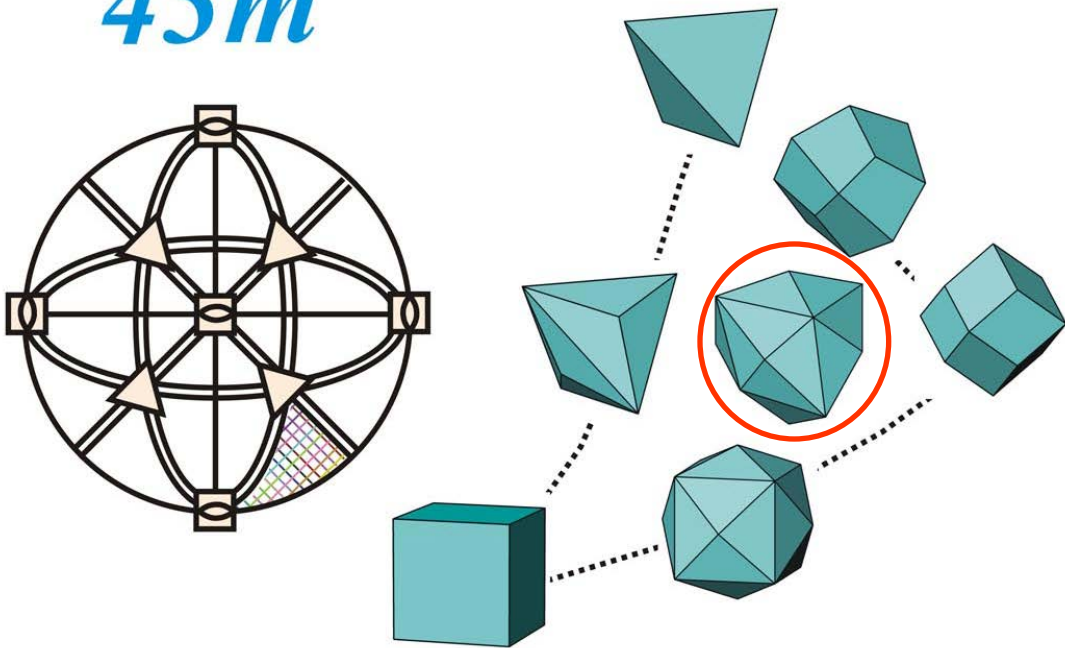
$\overline{43m}$



Гекса-тетраэдр (24 грани)

43m

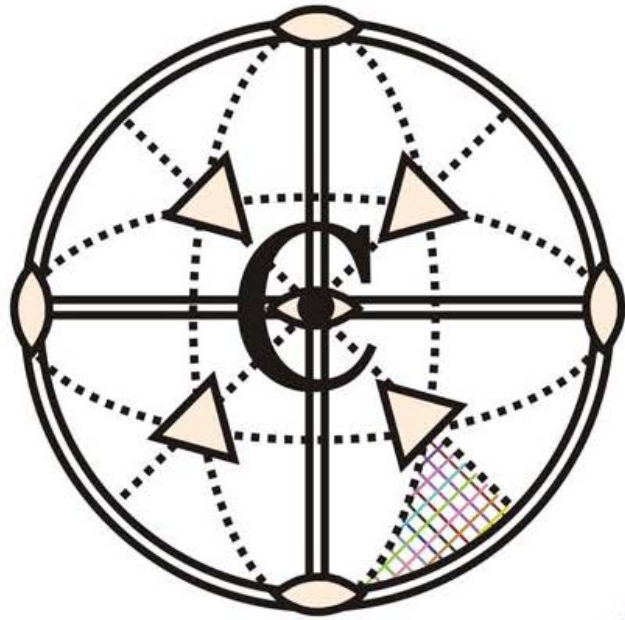
1938 год



Пётр Фёдорович Кривонос

деятель советского **железнодорожного** транспорта, один из инициаторов Стахановского движения на железнодорожном транспорте. В 1935 году, будучи паровозным машинистом, первым на транспорте при вождении грузовых поездов увеличил форсировку котла паровоза, благодаря чему техническая скорость была повышена вдвое, до 46-47 км/час. «Водил поезда с удвоенной скоростью».

$m\bar{3}$



Тетрагон-
три
октаэдр

октаэдр

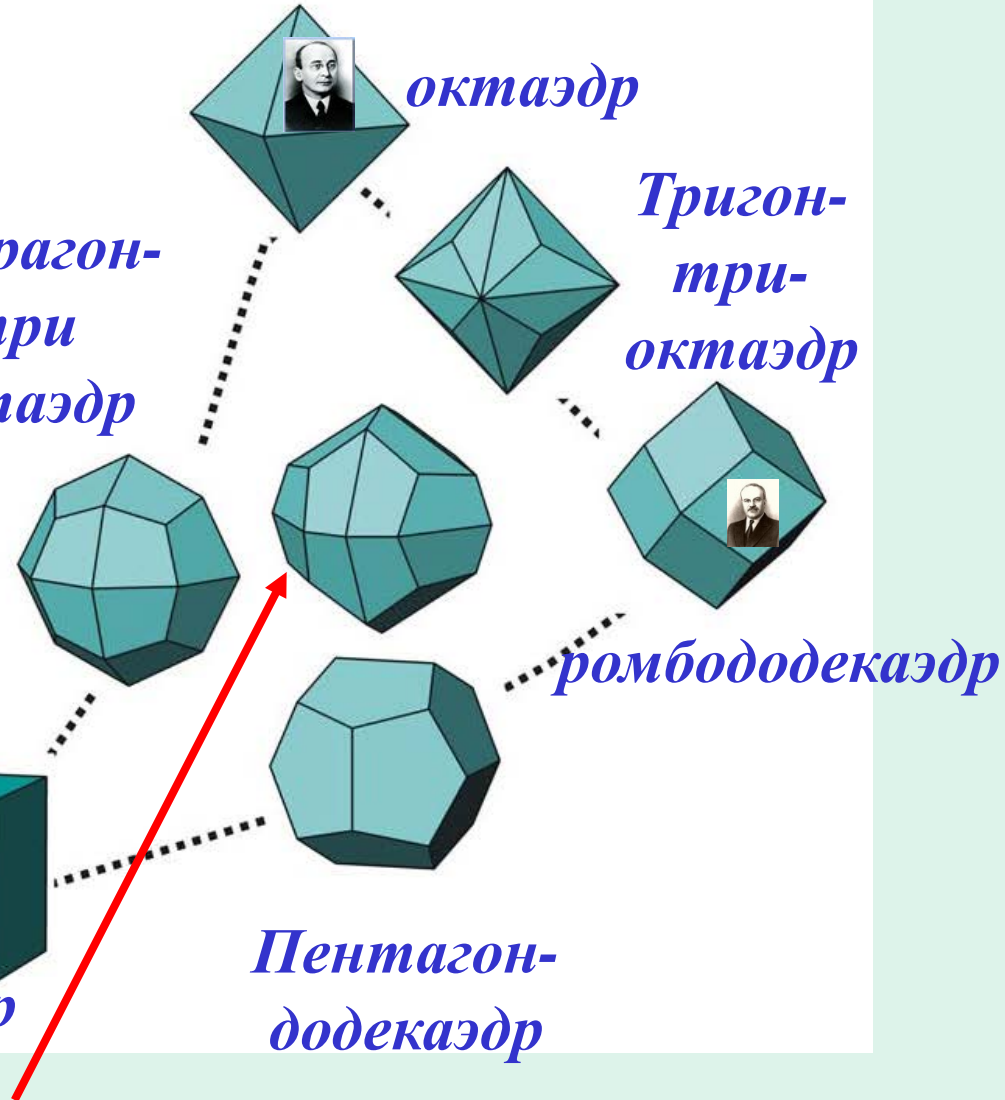
Тригон-
три-
октаэдр

ромбододекаэдр

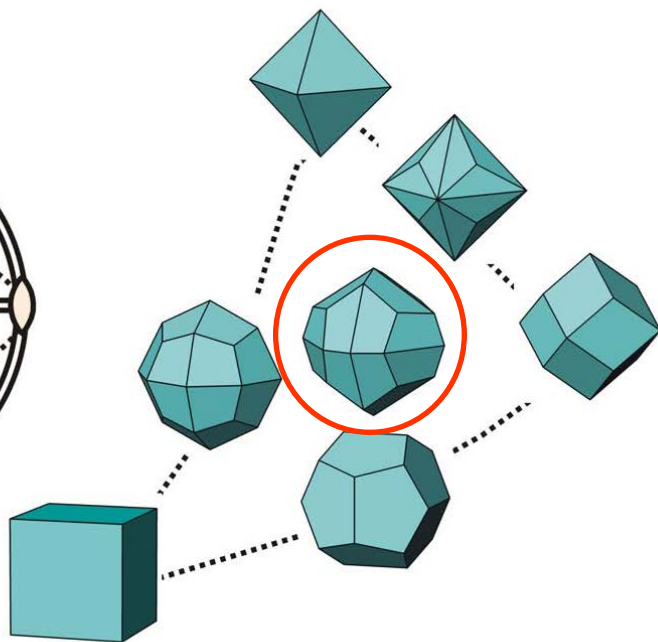
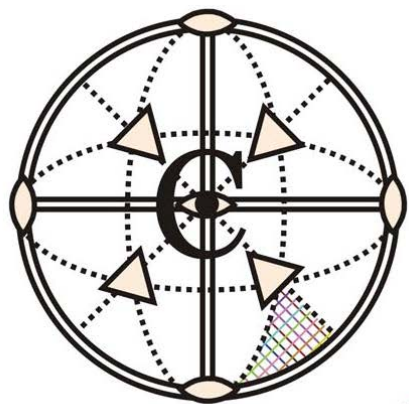
гексаэдр

Пентагон-
додекаэдр

Дододекаэдр (24 грани)



МЗ



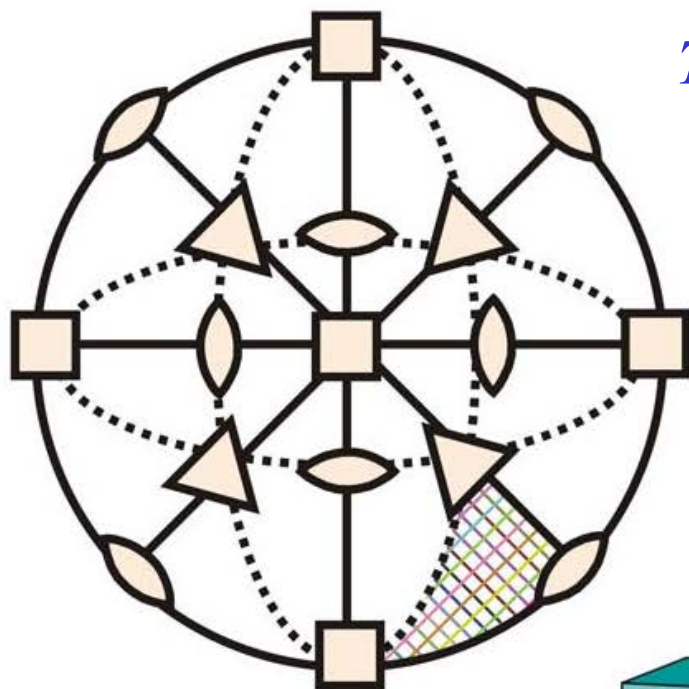
1939 год



Прасковья (Паша) Никитична Ангелина

участница стахановского движения в годы первых пятилеток, **бригадир тракторной бригады** МТС. Одна из первых женщин-трактористов. За перевыполнение плана была сделана символом технически образованной советской работницы. В 1938 году прославилась лозунгом «Сто тысяч подруг — на трактор!».

432



Тетрагон-
три-
октаэдр

октаэдр

Тригон-
три-
октаэдр

Ромбо
додэкаэдр

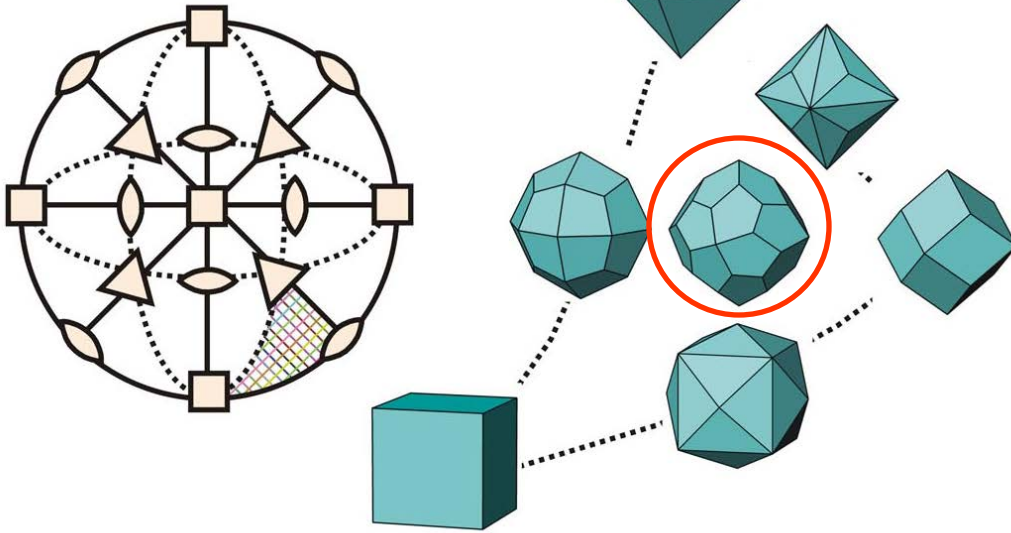
гексаэдр

Тетра-
гексаэдр

Пентагон-три-октаэдр (24 грани)

432

1940 год

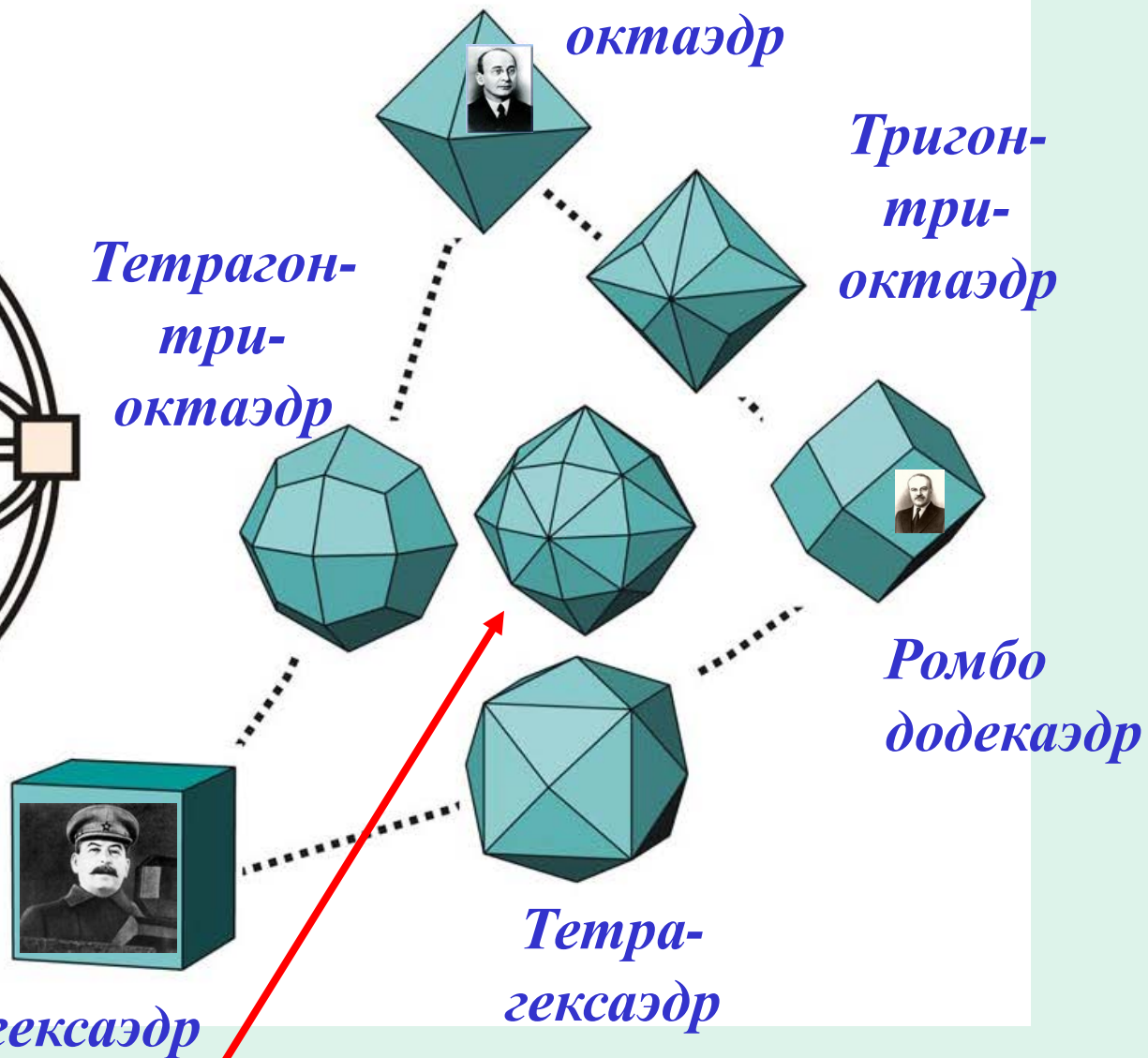
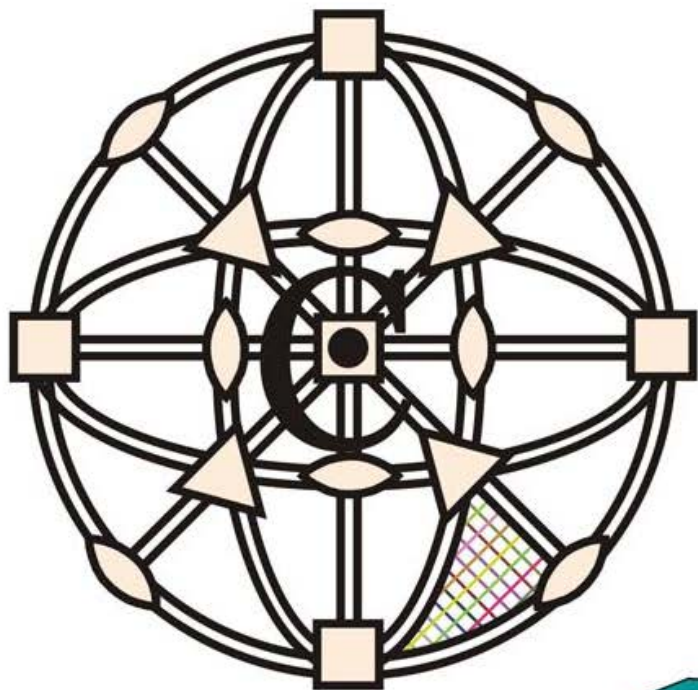


Дуся Виноградова

инициатор виноградовского движения (стахановского движения многостаночниц в **текстильной** промышленности), в 1930-е годы — символ «нового человека». После рекорда А. Г. Стаханова информация о виноградовском рекорде поступила в печать. Отраслевая газета «Лёгкая индустрия» в номере за 12 сентября впервые сообщила о всесоюзном рекорде обслуживания ткацких станков (70 станков), достигнутом на фабрике им. Ногина.

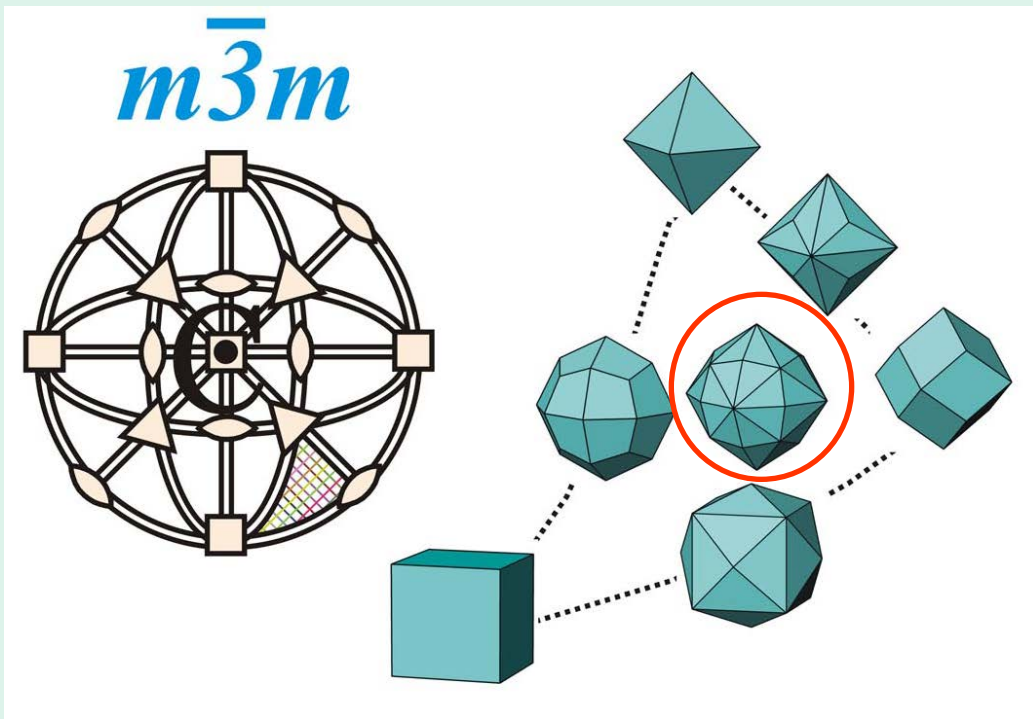
1941 год. Размножающаяся способность класса =48

$\overline{m\bar{3}m}$



Гекса-октаэдр (48 граней)

1941 год



Макар Никитович Мазай

сталевар Мариупольского металлургического завода имени Ильича, рабочий-новатор, зачинатель соревнования за высокие объёмы выплавки стали. Предложил рискованное решение: углубить ванну мартеновской печи и одновременно поднять высоту свода мартена. После этого в печь можно было засыпать гораздо больше шихты, чем прежде. В октябре 1936 г. Макар Мазай один за другим устанавливает рекорды по съёму стали с квадратного метра пода печи с максимальным результатом 15 тонн за 6 часов 30 минут.

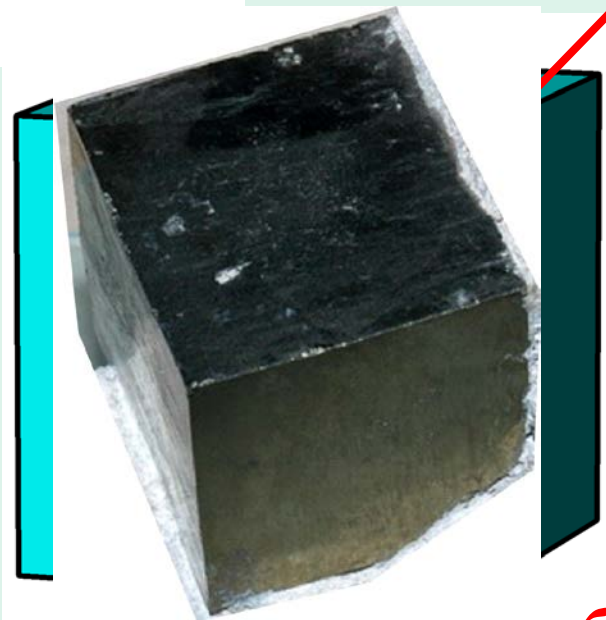
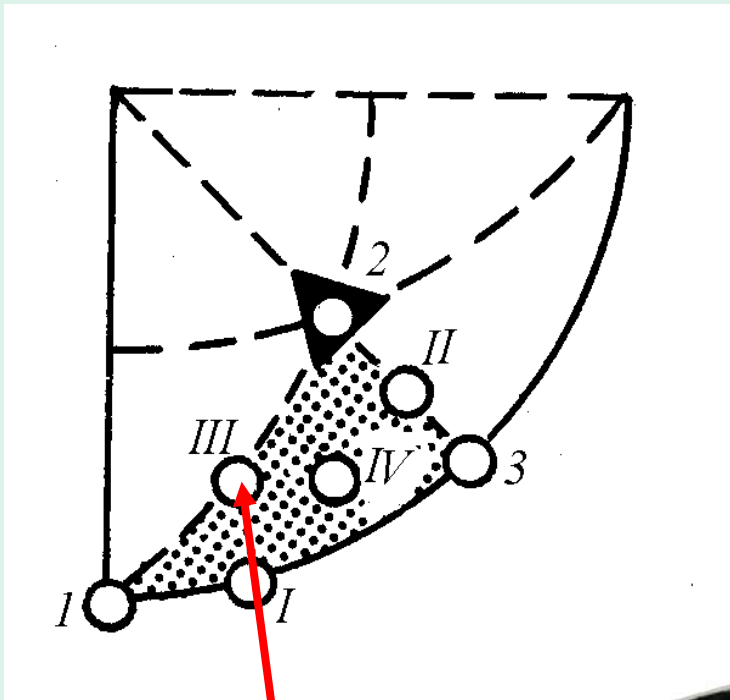
Вроде всего 5 классов.
Ну и первомайские демонстрации
тоже кончились...



Потери РККА в сражении под Дубно: **2648** танков. Если немцы имели возможность ремонтировать свои машины, то советские потери были безвозвратными, потому что оставались на оккупированной территории. (Под Прохоровкой в 1943 – 330 танков).

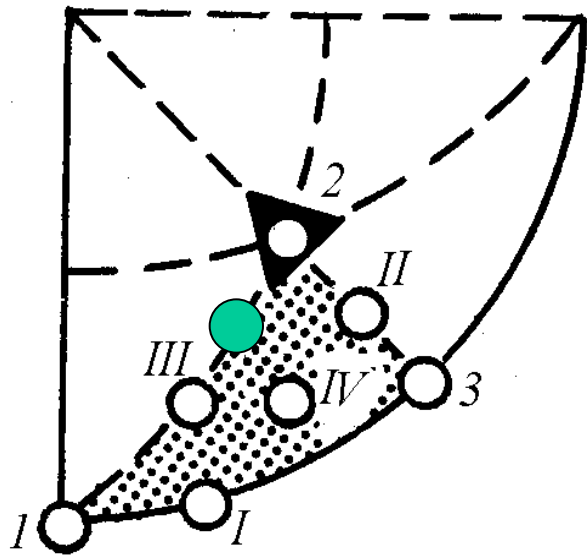
Вернулись обратно в 2025 год





Забыли кто тут живет?

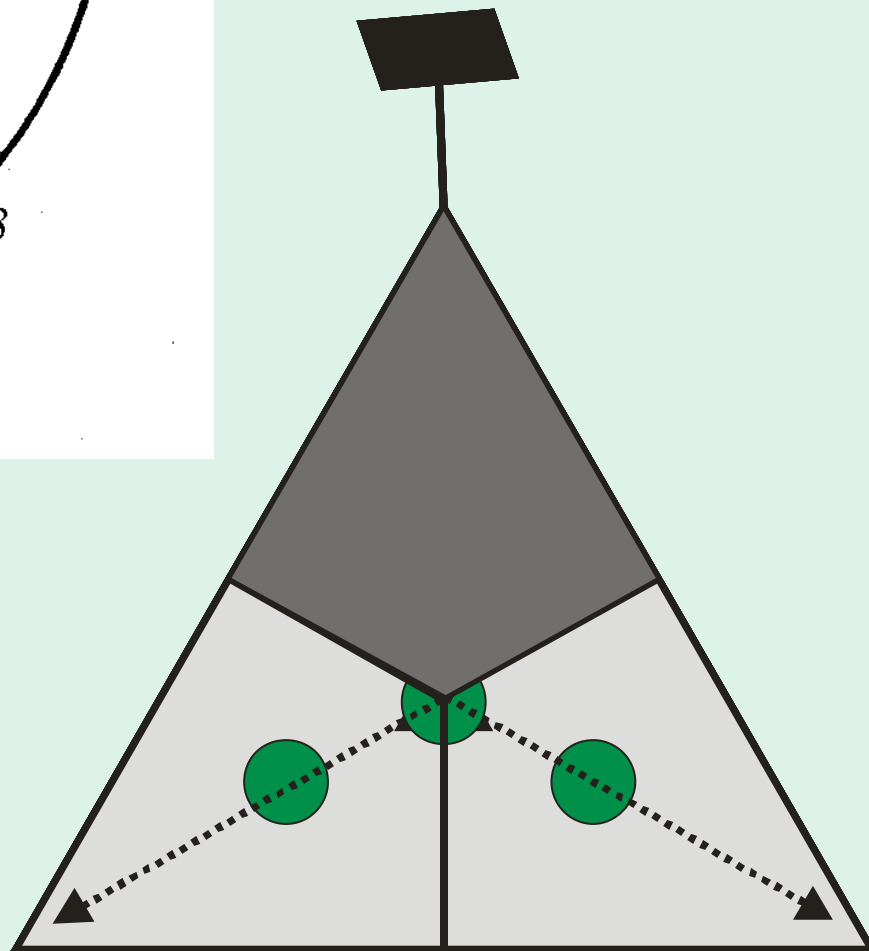
Не беда! Вычислим!

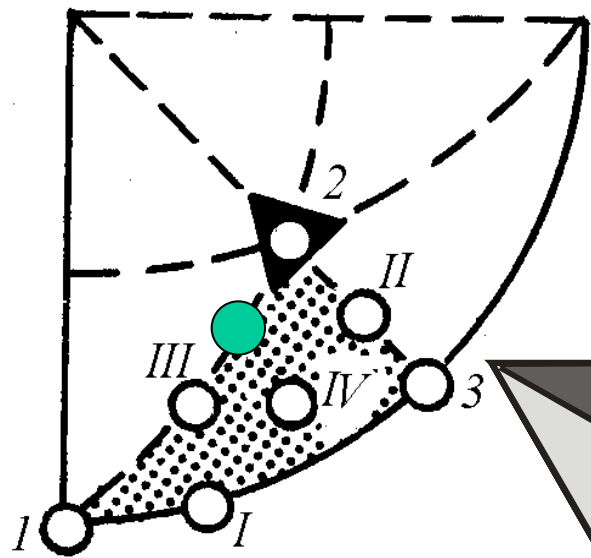


Тетрагон

три

октаэдр

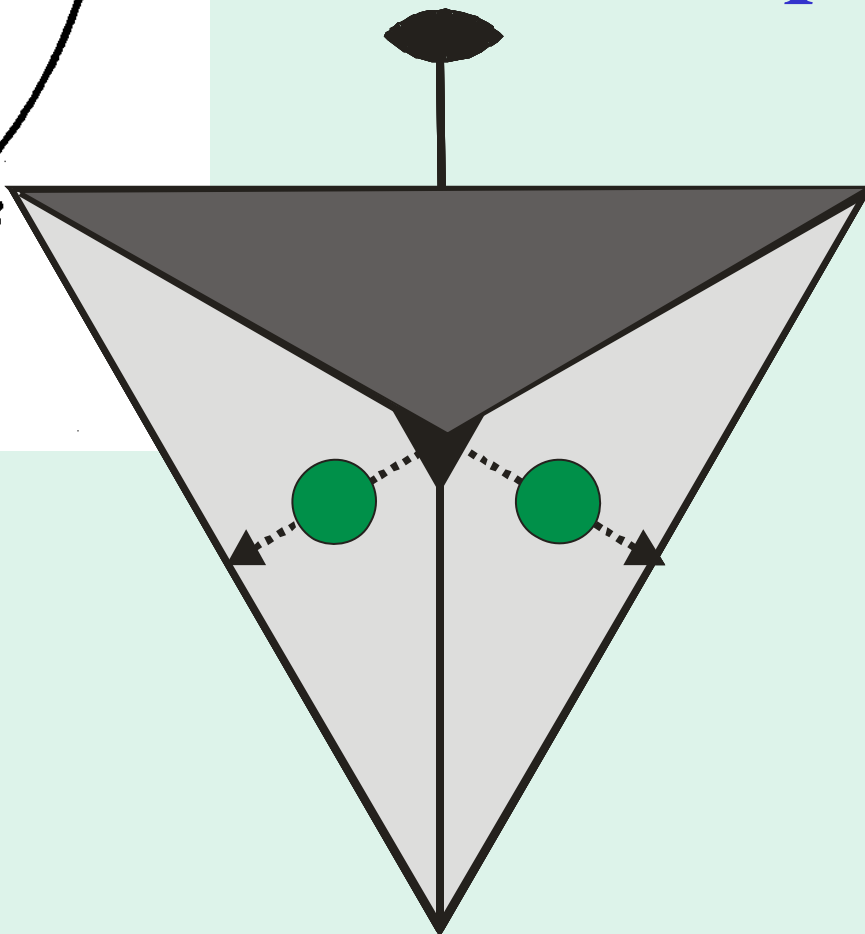




Тригон

три

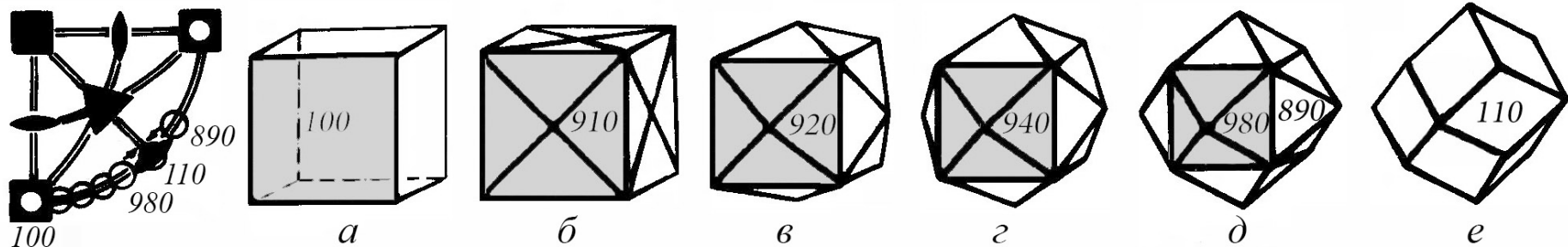
тетраэдр



Путешествия по сферическому треугольнику

Сначала статические картинки.

И атавизмы названий

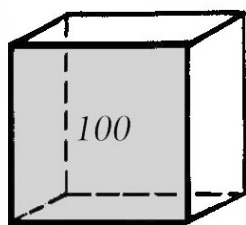
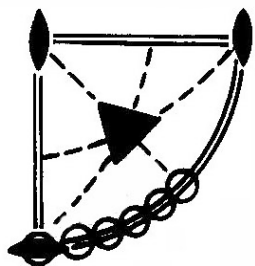


В классах $m\bar{3}m$, 432 , $\bar{4}3m$ вместо каждой квадратной грани гексаэдра (куба) появится четырехгранная пирамида.

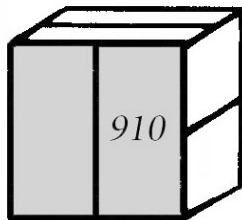
Такая двадцатичетырехгранная форма называется **тригон-тетрагексаэдром**. Выразительно ее классическое название – **пирамидальный куб**.

Завершает этот ряд ромбододекаэдр (историческое название – **гранатоэдр**).

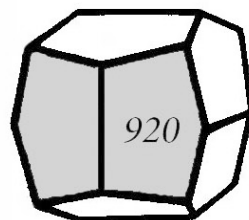
Простые формы– производные куба (гексаэдра)



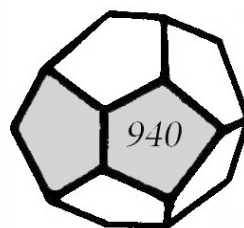
a



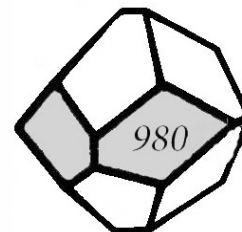
б



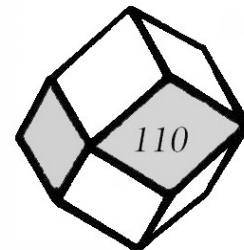
в



г



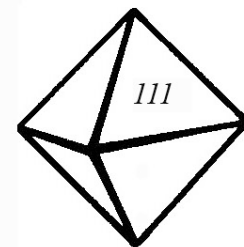
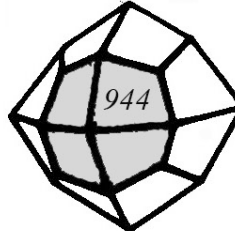
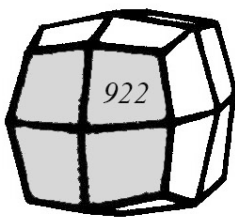
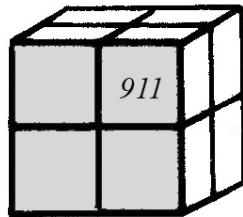
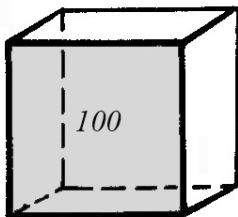
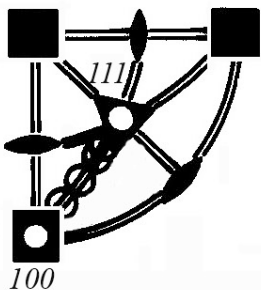
д



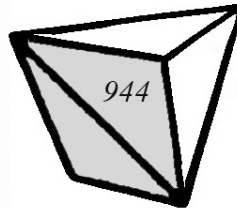
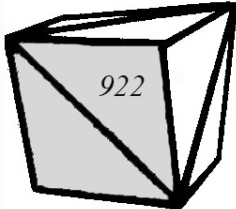
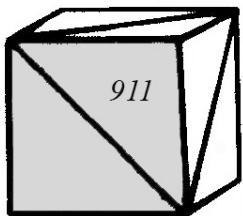
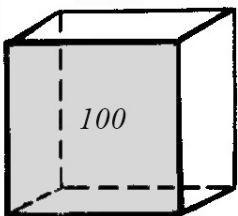
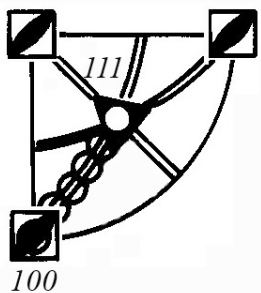
е

- В классах $m\bar{3}$ и 23 грань куба «ломается» с образованием двух граней в форме неправильных пятиугольников. Такая двенадцатигранная форма названа **пентагон-додэкаэдром** (историческое название – **пиритоздр**).

Простые формы производные октаэдра (тетраэдра) или гексаэдра

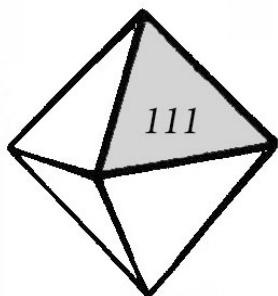
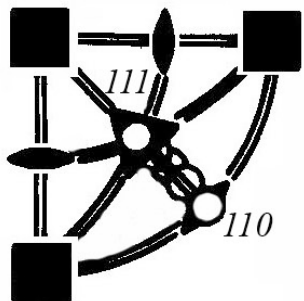


Тетрагон-триоктаэдр ($\square - 3 \times 8$) и его генезис от октаэдра и куба в классе $\bar{m}3m$ (**24-гранный дельтоэдр**).



Тригон-тритетраэдр ($\Delta - 3 \times 4$) и его генезис от куба и тетраэдра в классе $\bar{4}3m$

Простые формы производные октаэдра и тетраэдра



a



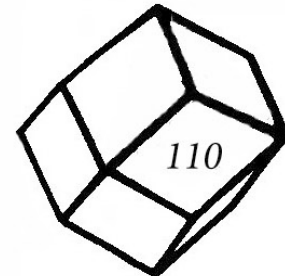
б



в

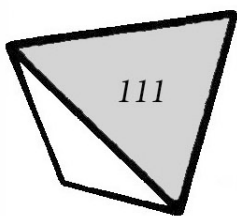
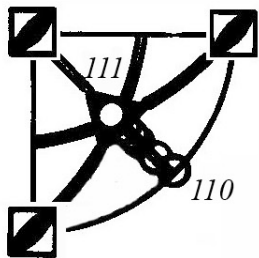


г

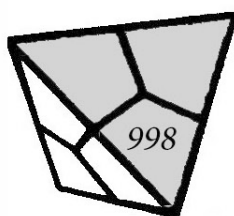


д

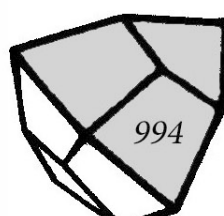
Тригон-триоктаэдр ($\Delta - 3 \times 8$) и его генезис в классе $m\bar{3}m$



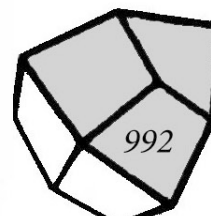
a



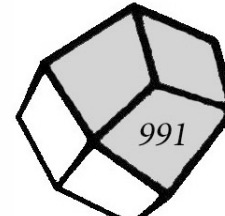
б



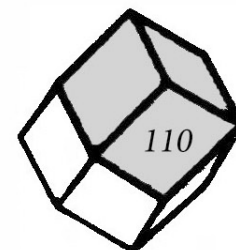
в



г



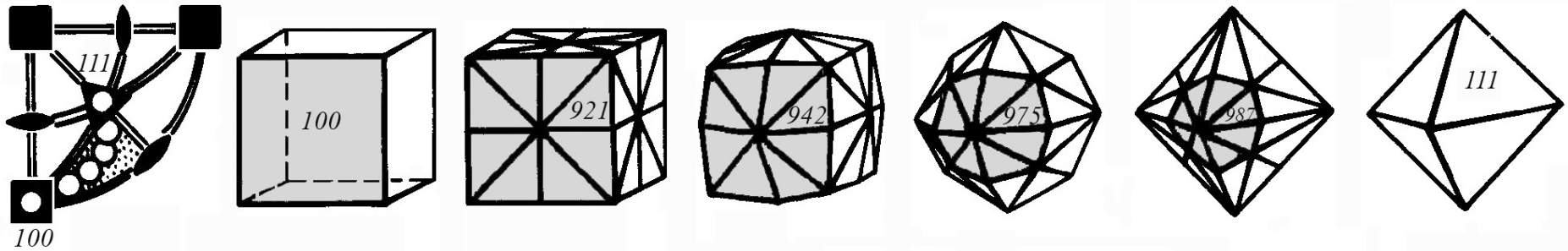
д



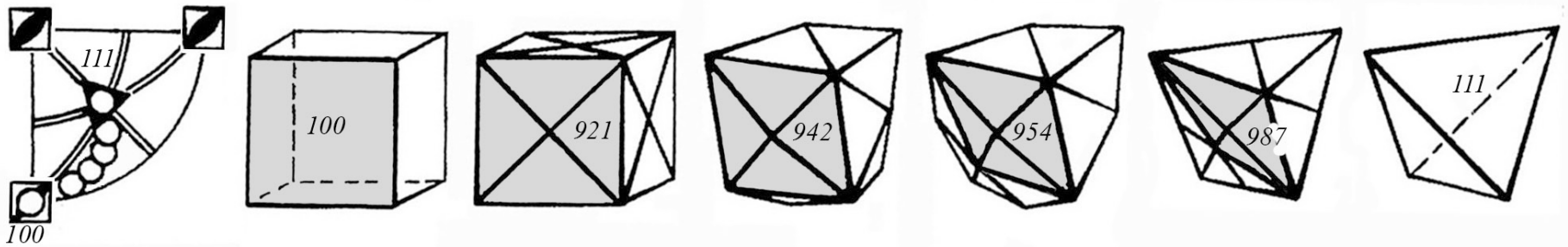
e

Тетрагон-тритетраэдр ($\square - 3 \times 4$) и его генезис в классе $\bar{4}3m$

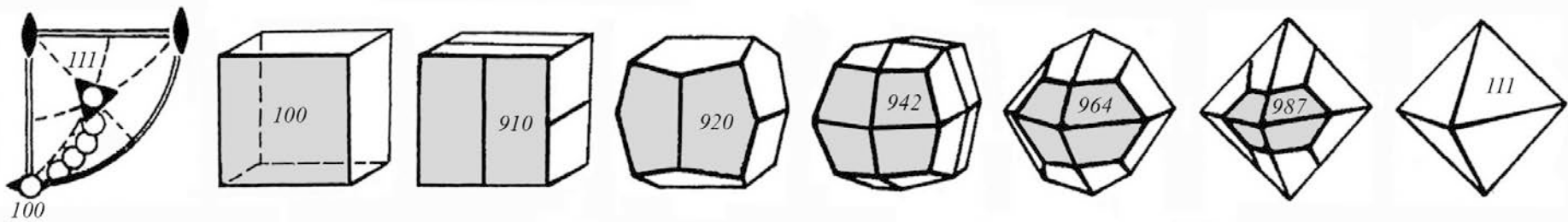
Общие простые формы кристаллов кубической сингонии



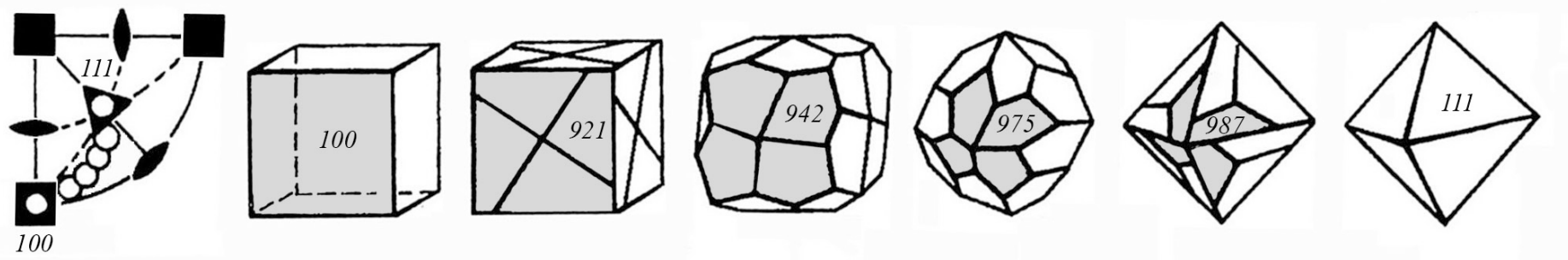
Общая форма в классе $m\bar{3}m$ - *гексаоктаэдр = октагексаэдр* – сорокавосьмигранник ($\Delta - 6 \times 8$ или $\Delta - 8 \times 6$)



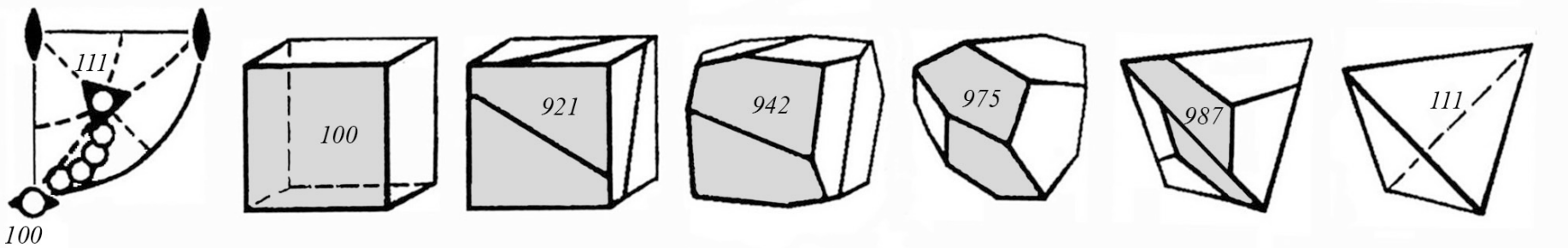
Общая простая форма в классе $\bar{4}3m$ - *гексатетраэдр* ($\Delta - 6 \times 4$)



Общая простая форма класса $m\bar{3}$ – *дидодекаэдр*



Общая простая форма класса 432 – *пентагон-триоктаэдр*
(24-гранный гироэдр или *осевик*, от греч. *гира* – ось)



Общая простая форма класса 23 – *пентагон-тритедраэдр*
(12-гранный осевик)

На 5 вещей можно смотреть вечно:

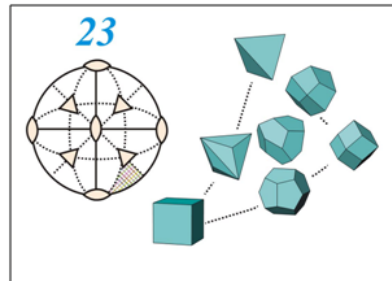
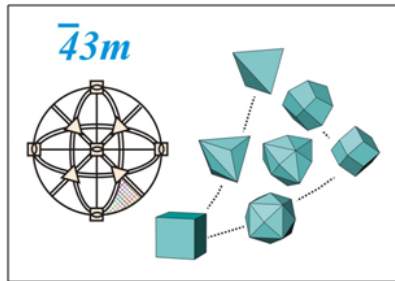
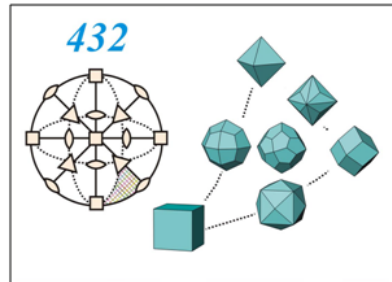
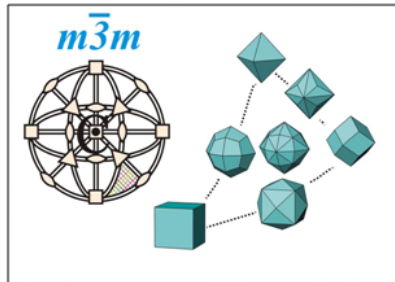
- 1) Как бежит вода
- 2) Как горит огонь
- 3) Как работает человек
- 4) Как печатает 3D-принтер
- 5) Как переходят друг в друга простые формы (особенно, если они кубические)



Мультик тут:

http://cryst.geol.msu.ru/literature/kurs/2008_01_volkov_demo.pps

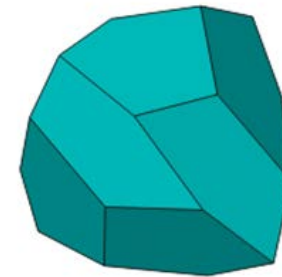
Класс



[Назад](#)

[Далее](#)

23



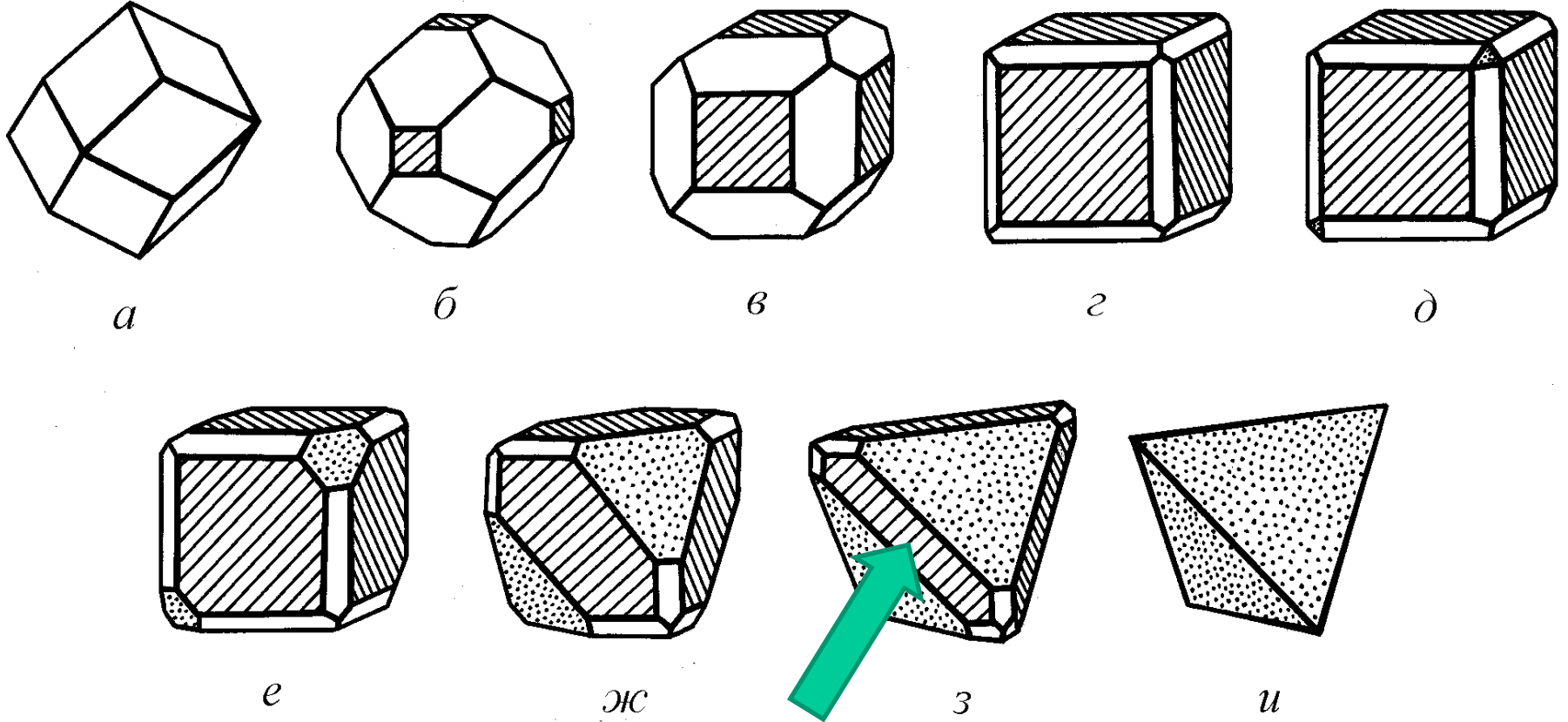
[Назад](#)

По форме грани в комбинационном
многограннике
НИКОГДА
не пытайтесь назвать простую форму!!!

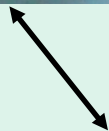
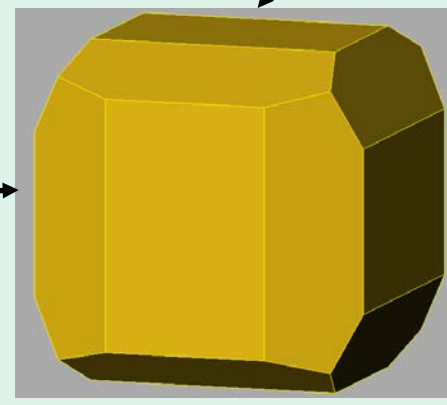
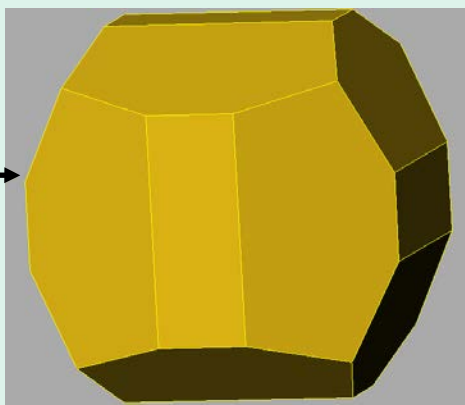
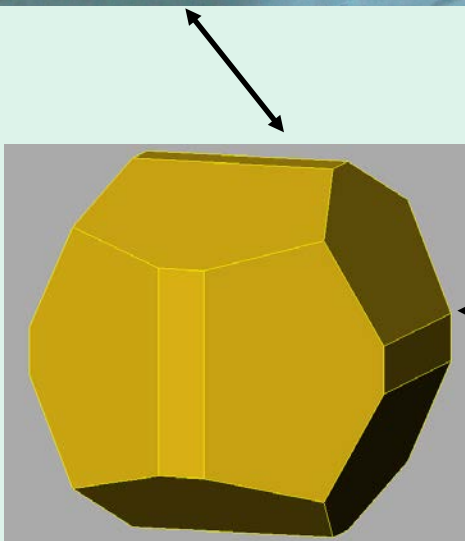


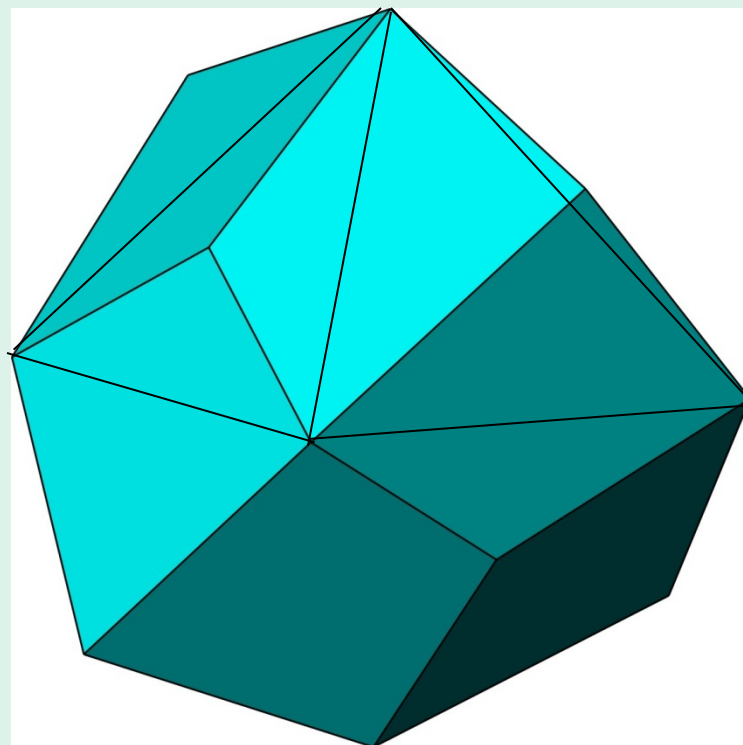
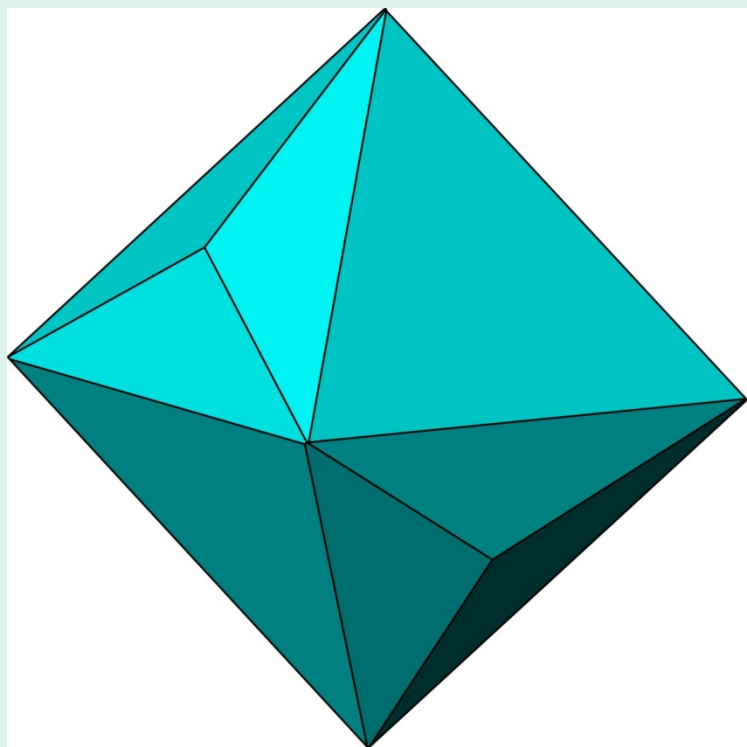
Посмотрите где она находится на проекции!

Это гексаэдр!!!



Изменение габитуса кристалла от ромбододекаэдрического (а), через гексаэдрически-ромбододекаэдрический (в) и через гексаэдрически-тетраэдрически-ромбододекаэдрический (е, ж) до тетраэдрического.





Задача по высшей математике



Мальчик написал на заборе габитус комбинационного многогранника класса O_h , представленного всеми простыми формами.

Рассчитайте длину забора, необходимого для надписи этого слова, если известно, что на каждую букву мальчик тратит 30 см длины забора.

Одно из самых длинных ругательств в мире

Ты –

Гексаэдрически

тетрагонтриоктаэдрически

октаэдрически

тригонтриоктаэдрически

ромбододекаэдрически

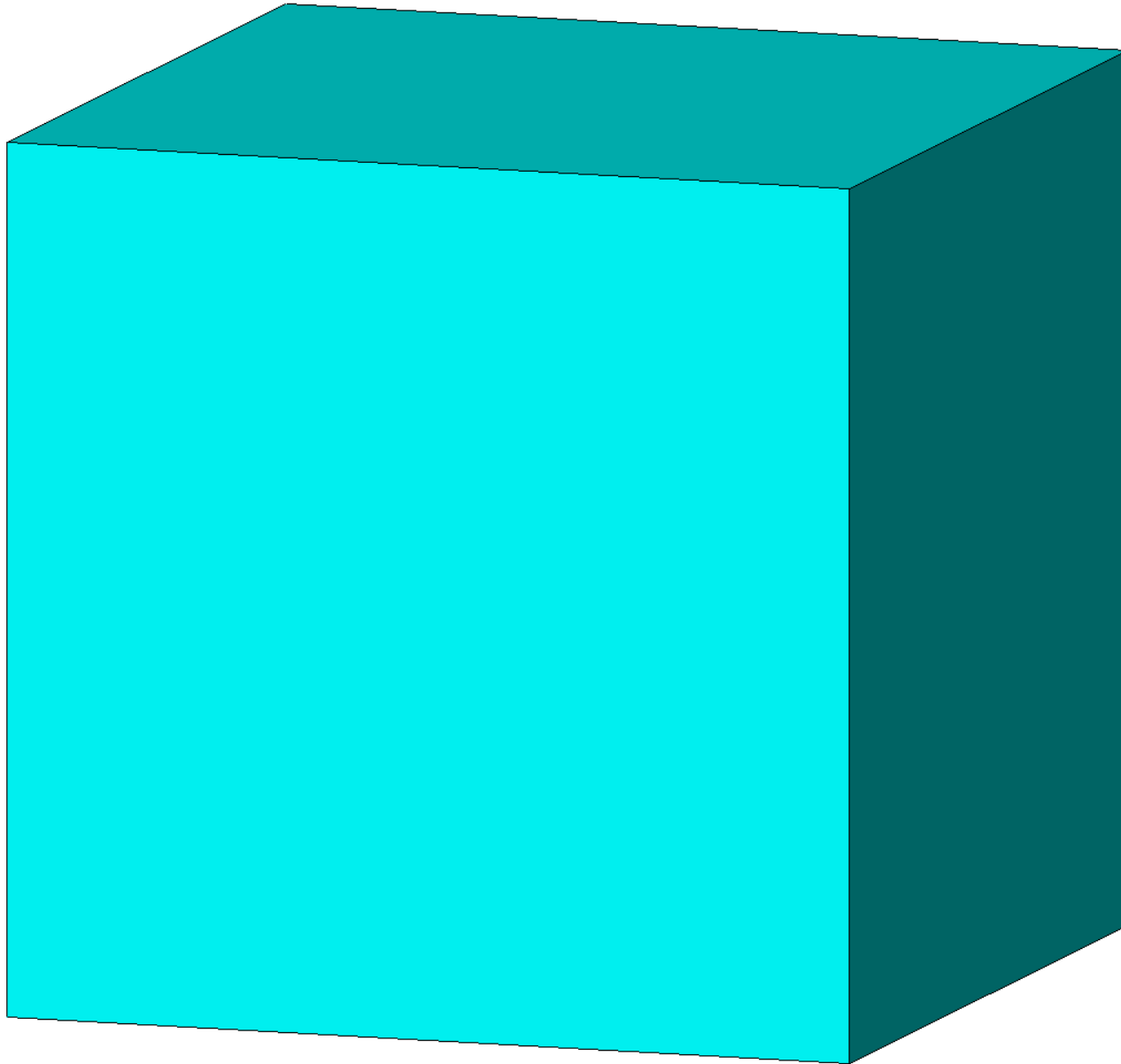
тетрагексаэдрически

гексоктаэдрический

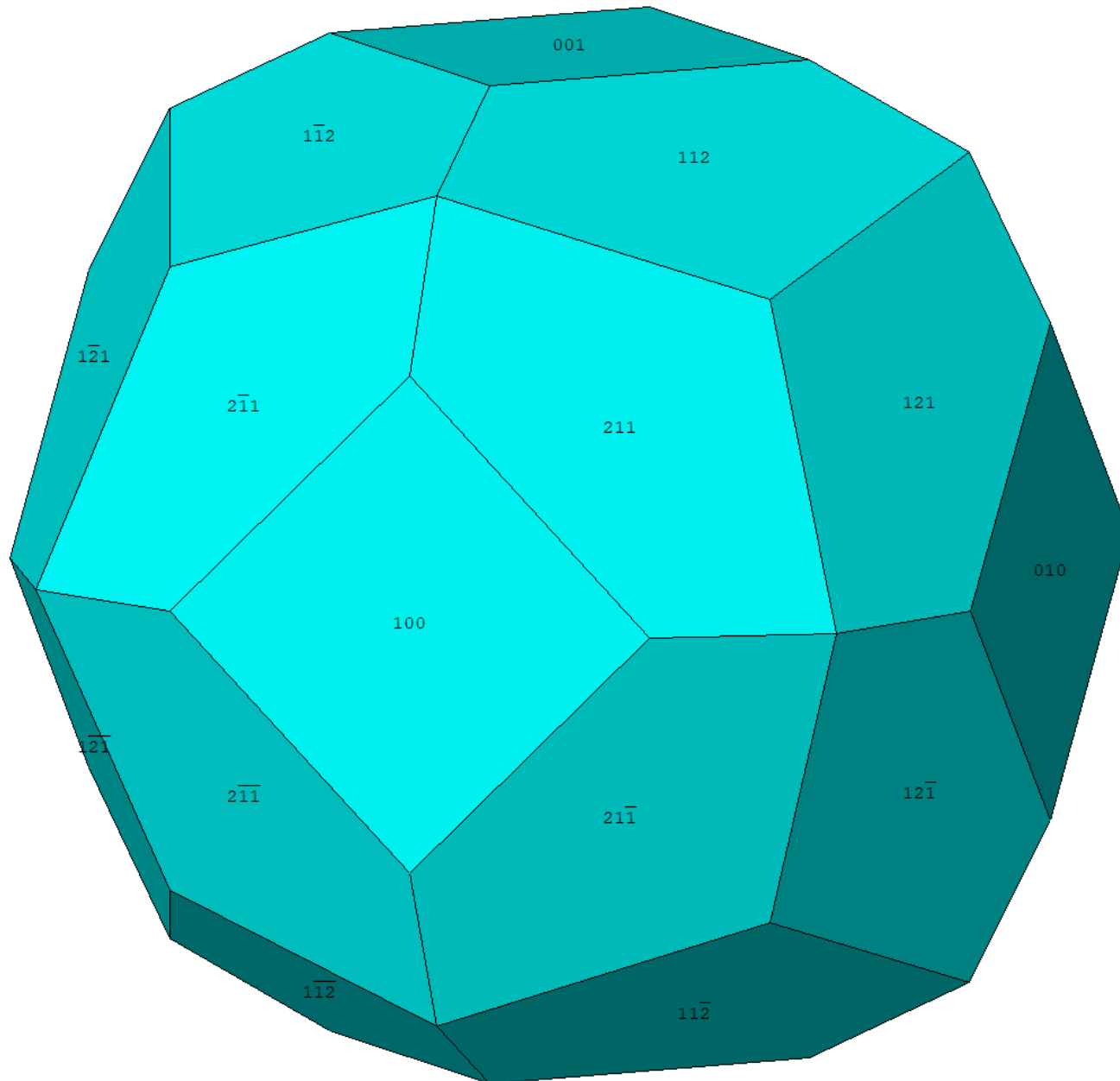
габитус!

Ответ : 39метров
30 см.

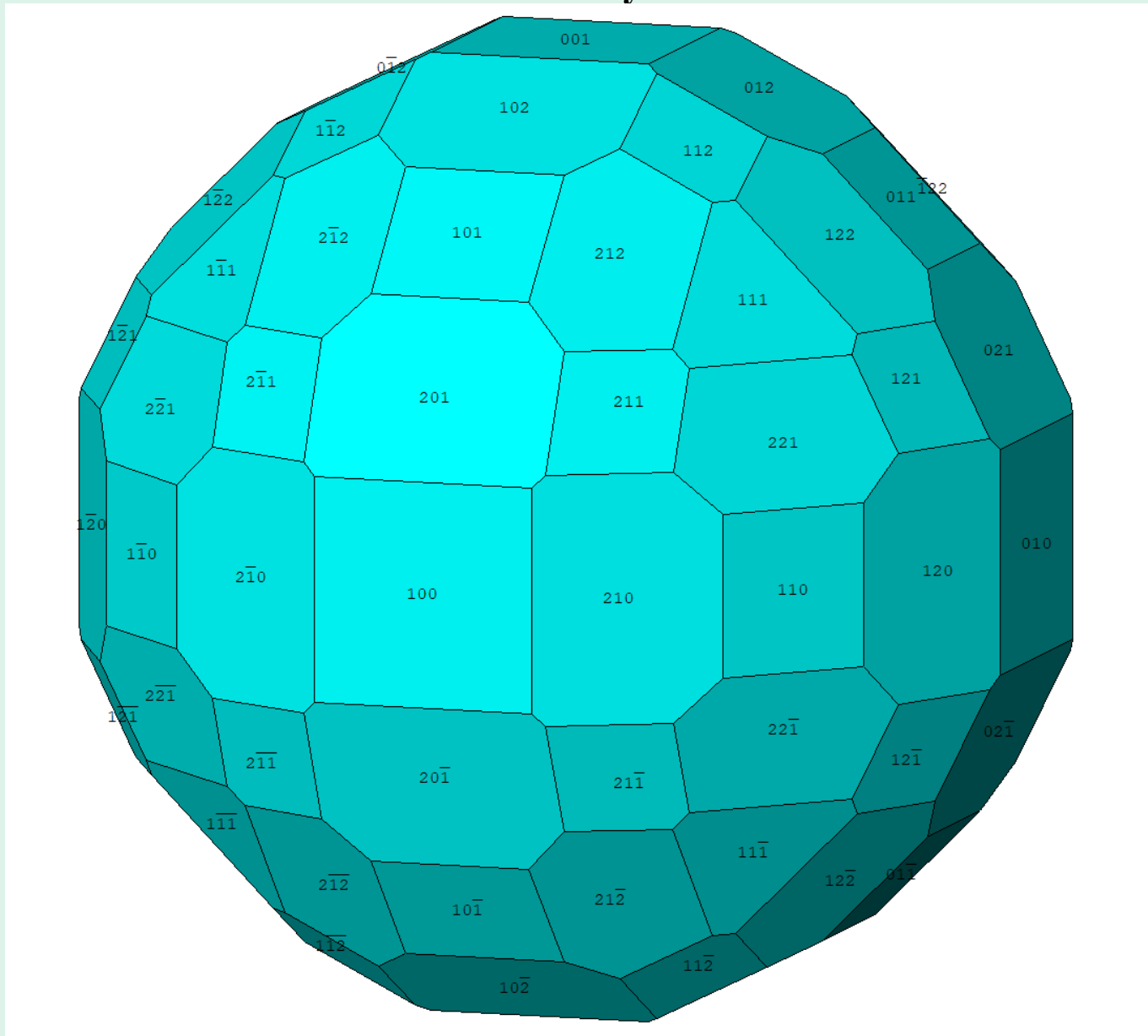
Гексаэдрический габитус

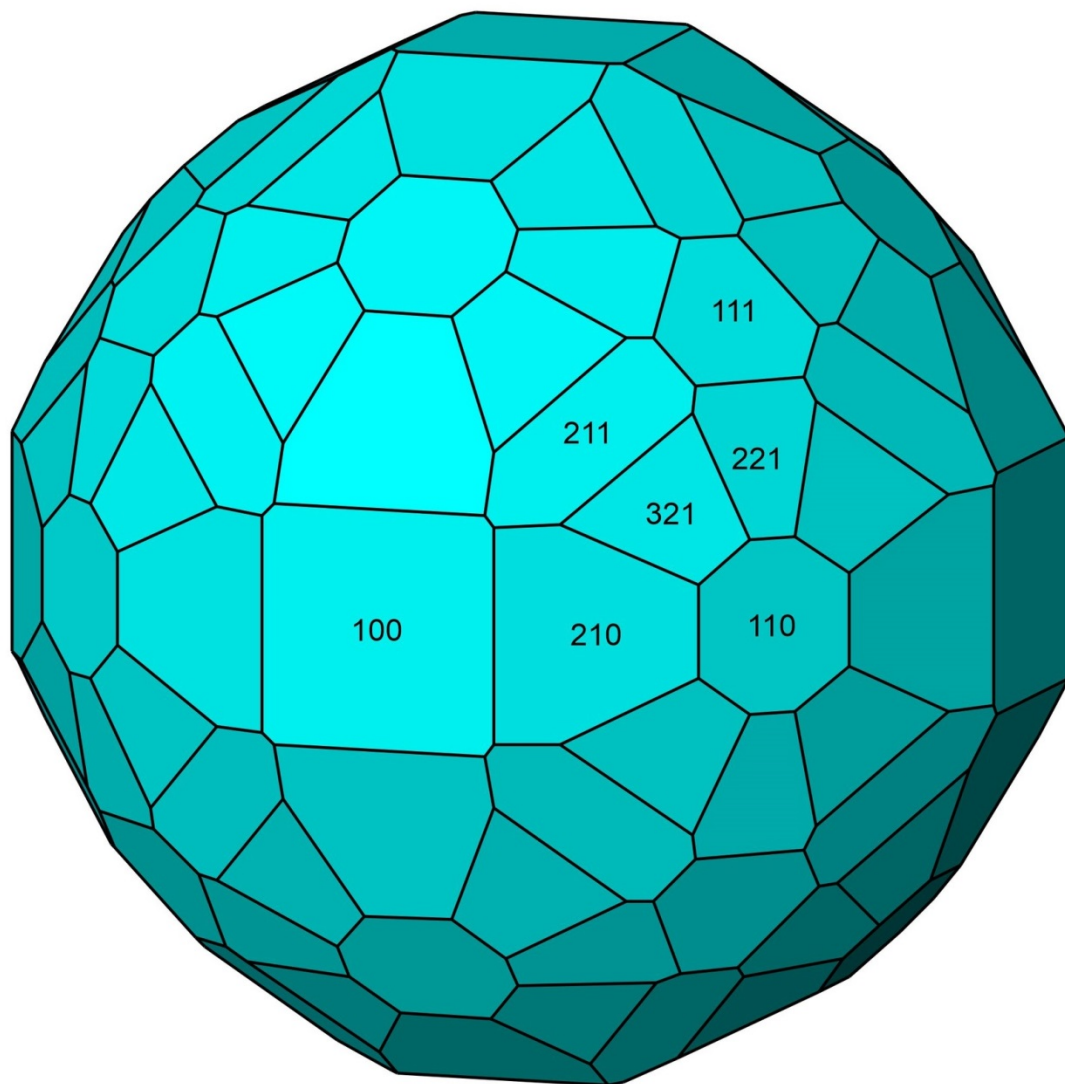


Гексаэдрически-тетрагонтриоктаэдрический габитус



Гексаэдрически-тетрагонтриоктаэдрически-октаэдрически-тригонтриоктаэдрически-ромбододекаэдрический-тетрагексаэдрический габитус





Комбинационный
многогранник
класса O_h ,
представленный
всеми
простыми
формами

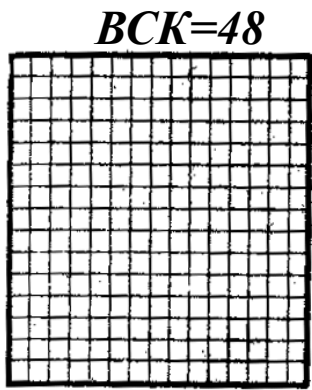
Кстати, сколько
всего на чертеже
граней?

$$6+8+12+24+24+24+48 = 146 \text{ граней}$$

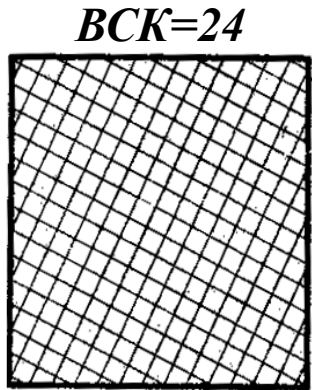
Гексаэдрически-тетрагонтриоктаэдрически-
октаэдрически-тригонтриоктаэдрически-
ромбододекаэдрически-тетрагексаэдрически-
гексаоктаэдрический габитус

ПОЧЕМУ ЖЕ ИХ НЕ 15???





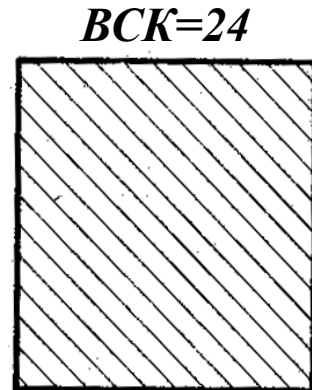
$m\bar{3}m$



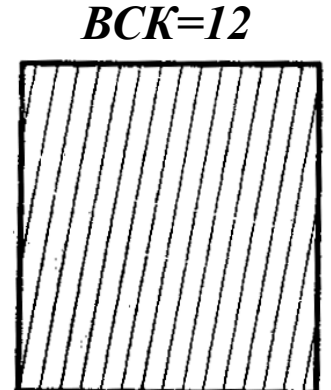
432



$m\bar{3}$



$\bar{4}3m$



23

4mm

BCC=8
 $48/8 = 6$

4

BCC=4
 $24/4 = 6$

mm2

BCC=4
 $24/4 = 6$

(mm2)

BCC=4
 $24/4 = 6$

2

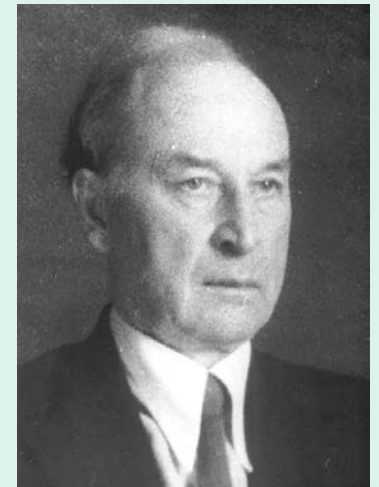
BCC=2
 $12/2 = 6$

Гексаэдров – ПЯТЬ РАЗНЫХ!

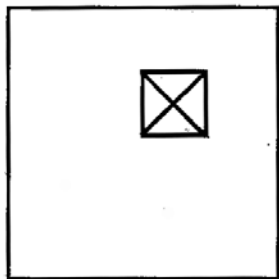
Собственная симметрия граней

пяти разновидностей гексаэдра,

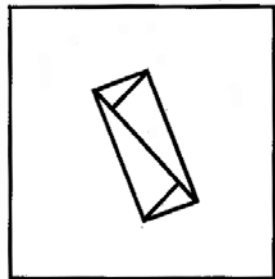
принадлежащих пяти классам кубической сингонии (по А. В. Шубникову)



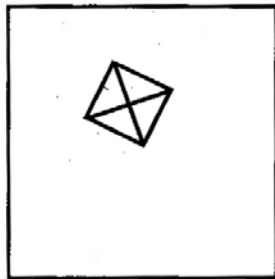
Реальную симметрию кристаллов можно выявить не только по фигурам роста, но и по **фигурам растворения**, образующимся под действием природных растворов. Кроме того, подобрав соответствующий растворитель и нанеся его капли на разные по симметрии грани кристалла, получим, как результат растворения поверхности кристалла, фигуры травления, отличающиеся по форме и указывающие на их истинную симметрию



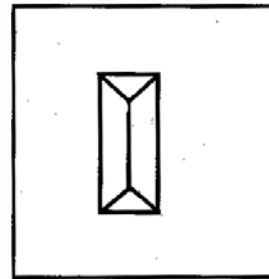
$m\bar{3}m$



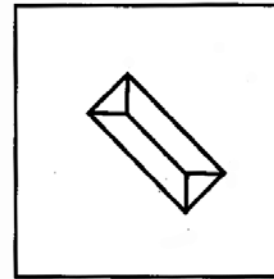
23



432



$m\bar{3}$



$\bar{4}3m$

Фигуры травления на гранях куба различной симметрии

Учет симметрии простых форм, а следовательно, и их физических свойств, позволило член-корреспонденту РАН, первому основателю кафедры кристаллографии и кристаллохимии **Г.Б. Бокию** (1909-2002 г.г.) увеличить общее число физически различных простых форм с **47** до **146**



при учете энантиоморфных пар –
получается

193

Если же учесть тот факт, что в классах с полярными направлениями параллельные друг другу грани в верхней и нижней полусфере не выводятся друг из друга операциями симметрии класса и образуют так называемые *положительные* и *отрицательные* формы (например, кристалл из двух разных тетраэдров в классе 23), то число простых форм будет



318

АНОНС



В следующий раз, уже точно!



Лекция 7

-о многомерных пространствах или как найти дом *флатландского шпиона*
- Предельные группы симметрии
- Принципы Неймана и Фойгта
- Разговор о физических свойствах кристаллов
- Энантиоморфизм Пастера применительно к Великой Отечественной Войне 1941-1945.

