

# Определение показателя преломления в покрытых шлифах

Группы минералов по показателям преломления

Группа	n	рельеф	Шагрень	примеры
1	<1,47	+	+	Флюорит
2	1,47-1,53	+/-	-	Ортоклаз, миклоктин
3	1,53-1,54	-	-	Нефелин, альбит
4	1,54-1,6	+ /-	-	Кварц, плагиоклаз
5	1,6-1,7	+	+	Апатит, андалузит
6	1,7-1,8	+	+	Пироксены
7	>1,8	+	+	Гранат, циркон

# Определение показателя преломления в покрытых шлифах Шагрень, рельеф и световая полоска Бекке

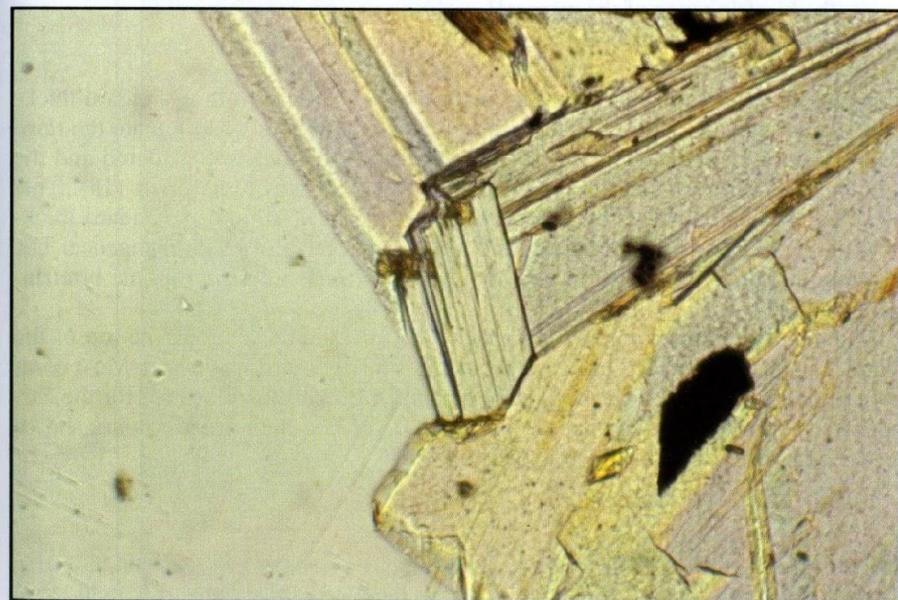
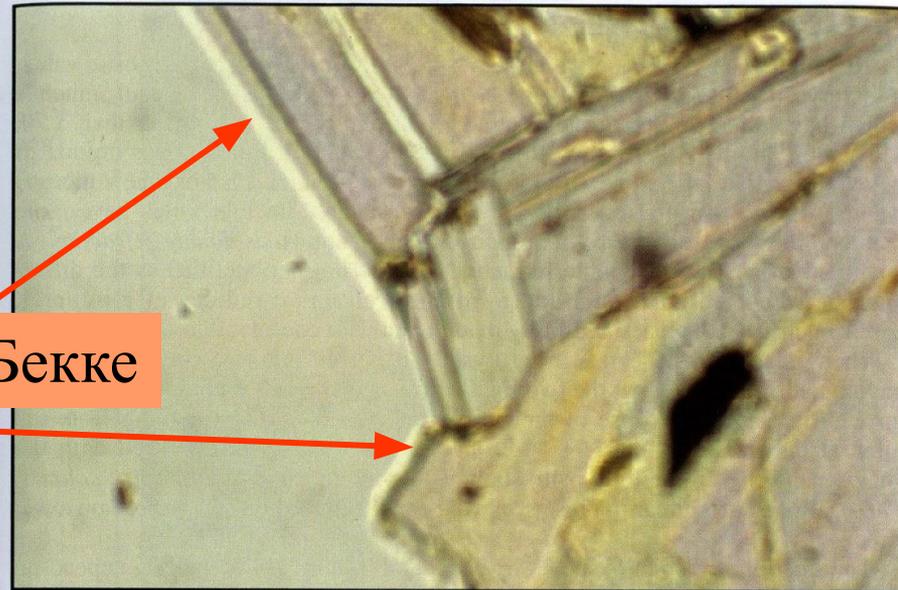


При увеличении расстояния между препаратом и объективом полоска Бекке появляется со стороны среды с большим показателем преломления.

При уменьшении этого расстояния – со стороны среды с меньшим показателем преломления.

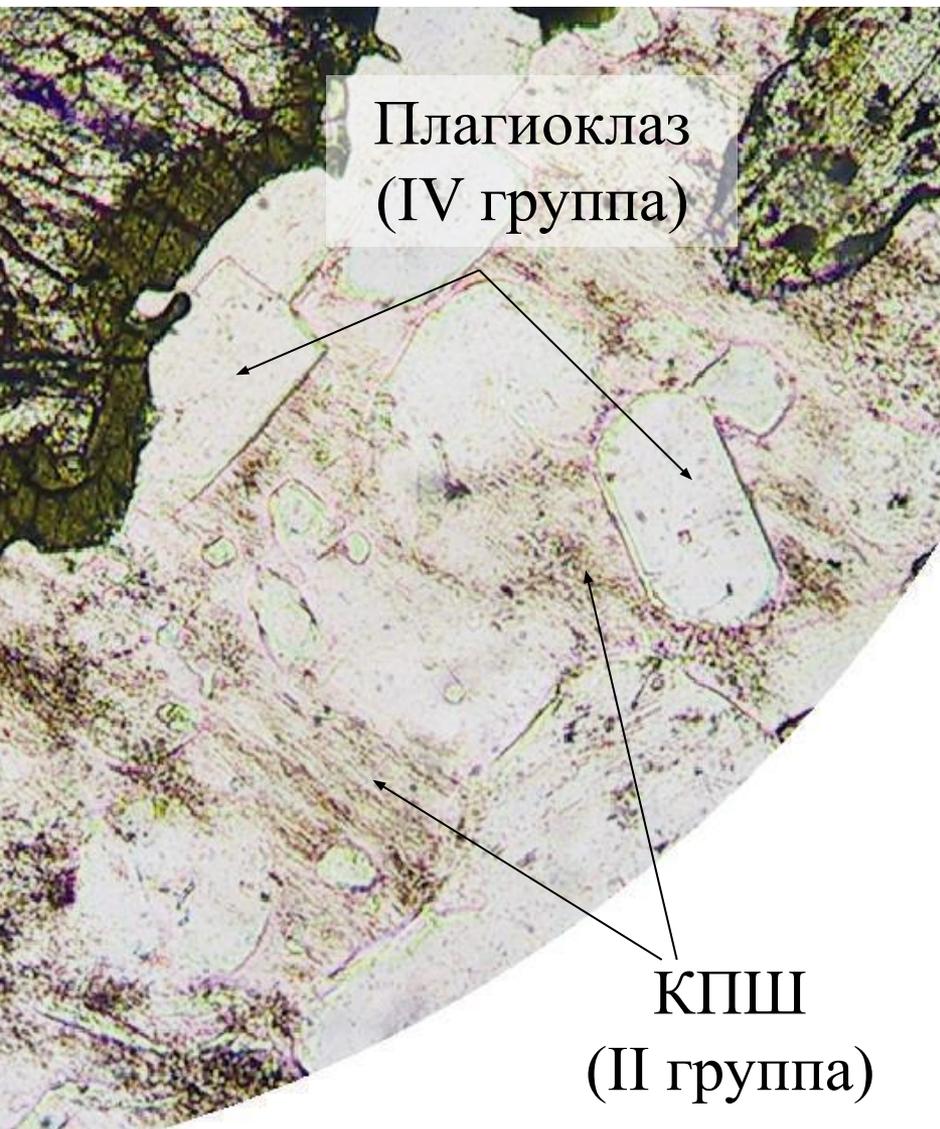
# Определение показателя преломления в покрытых шлифах Шагрень, рельеф и световая полоска Бекке

Полоска Бекке



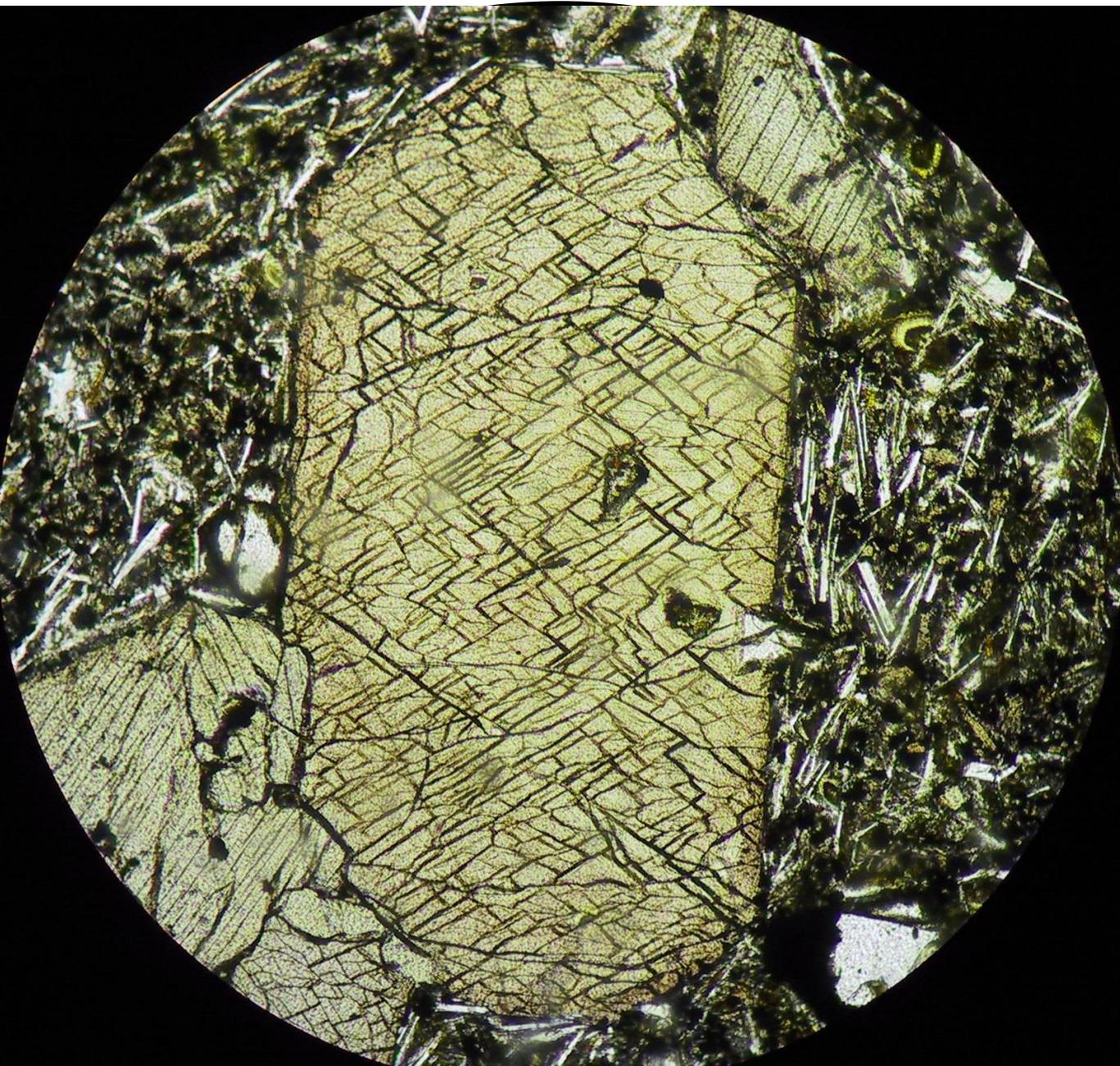
Появление световой полоски Бекке на границе мусковита и канадского бальзама при расфокусировке микроскопа

## Дисперсионный эффект Лодочникова



Менее преломляющие бесцветные минералы окрашиваются на стыке с более преломляющими в теплые тона (золотисто-желтые, розовые), тогда как вещества с более высокими показателями преломления окрашиваются в холодные тона (синевато-зеленоватые). Этот эффект наблюдается только в неокрашенных средах с небольшими показателями преломления (2-4 группы).

# Форма и размеры кристаллов, спайность, цвет, рельеф, шагрень



Моноклинный  
пироксен —  
призматический  
слабоокрашенный  
зональный кристалл с  
совершенной  
спайностью по двум  
направлениям, рельеф  
положительный,  
шагрень сильная (d  
поля зрения — 8 мм).

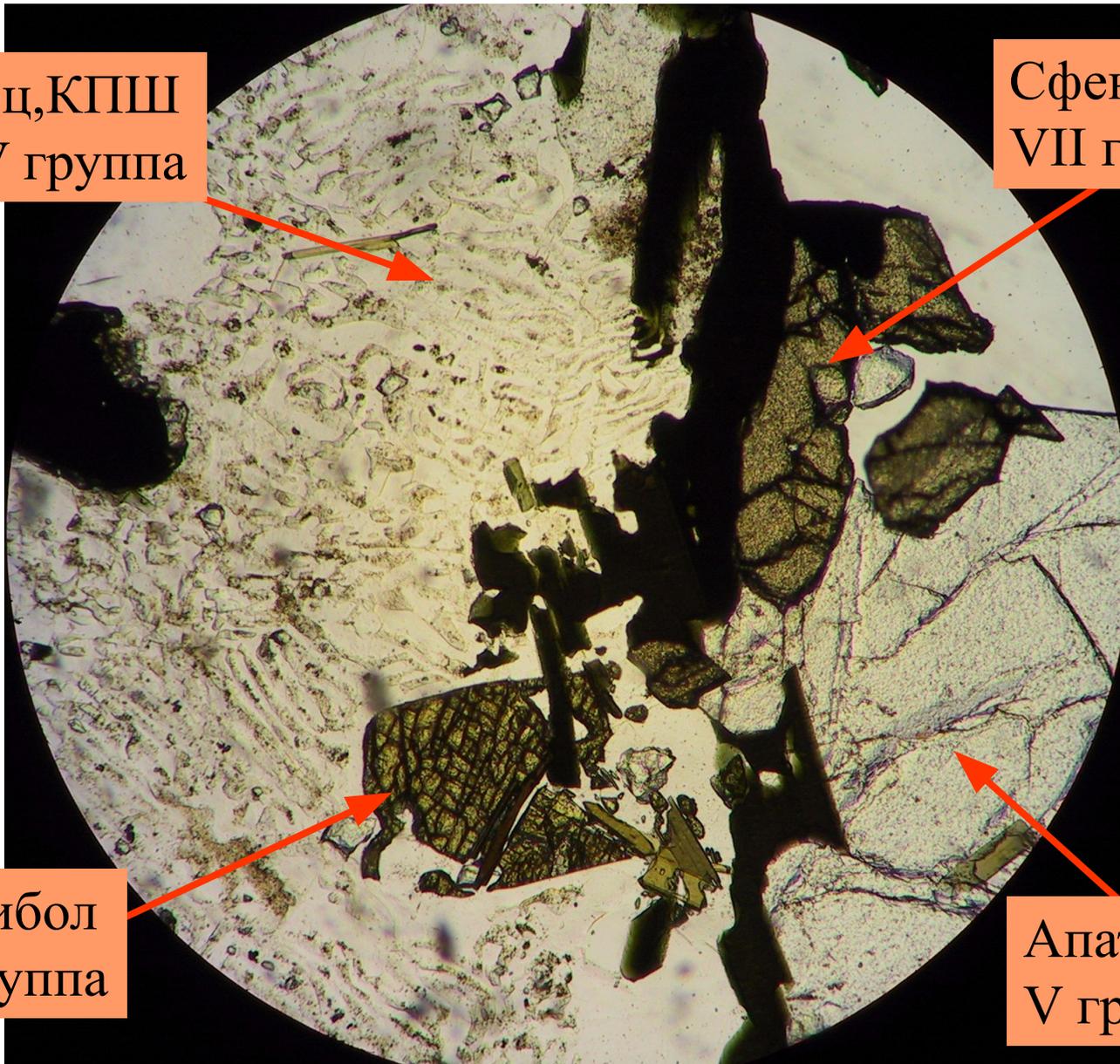
Форма, взаимоотношения, цвет, рельеф, шагреня

Кварц, КПШ  
II, IV группа

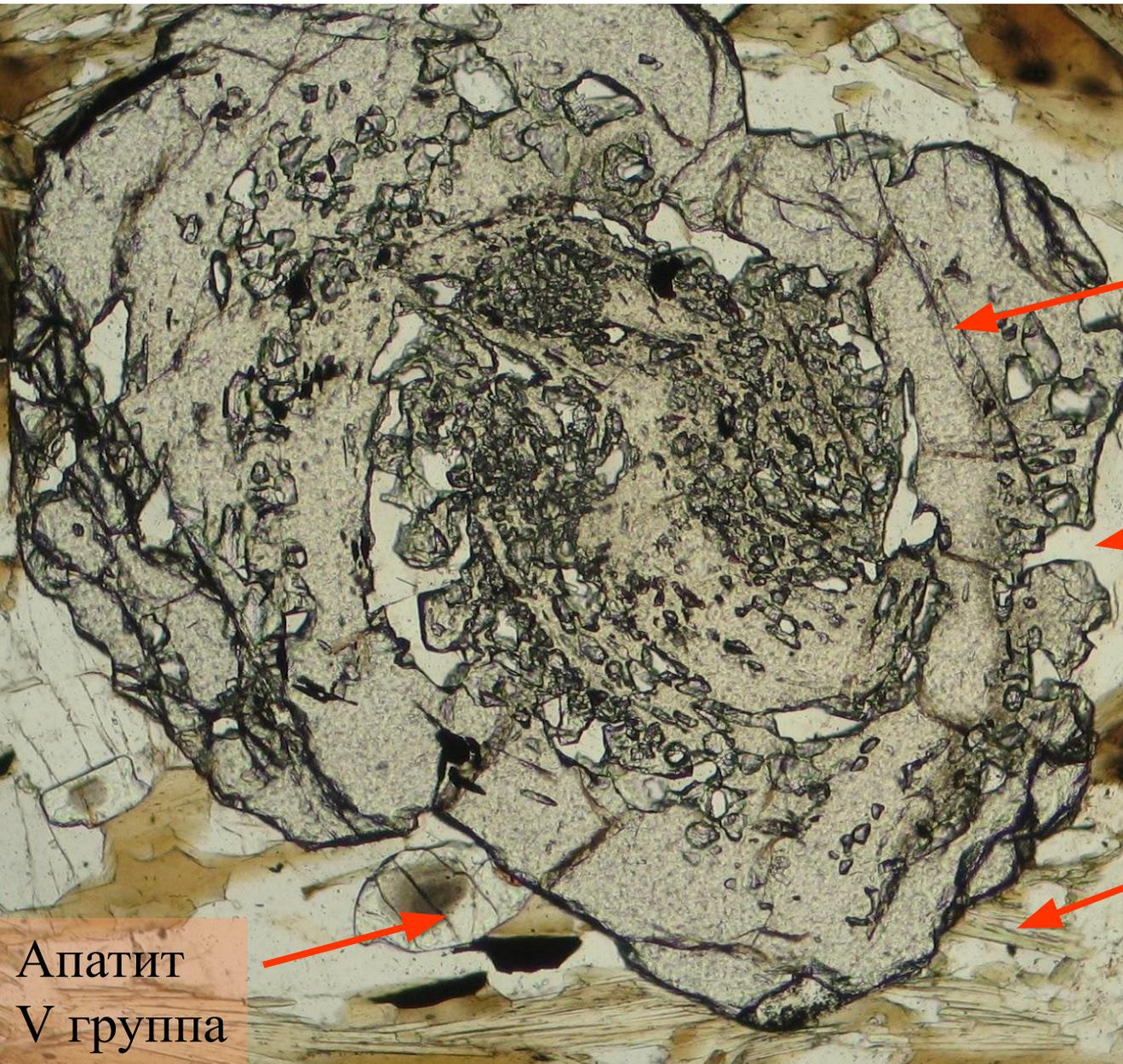
Сфен  
VII группа

Амфибол  
VI группа

Апатит  
V группа



Форма, взаимоотношения, цвет, рельеф, шагреня



Гранат  
VII группа

Кварц  
IV группа

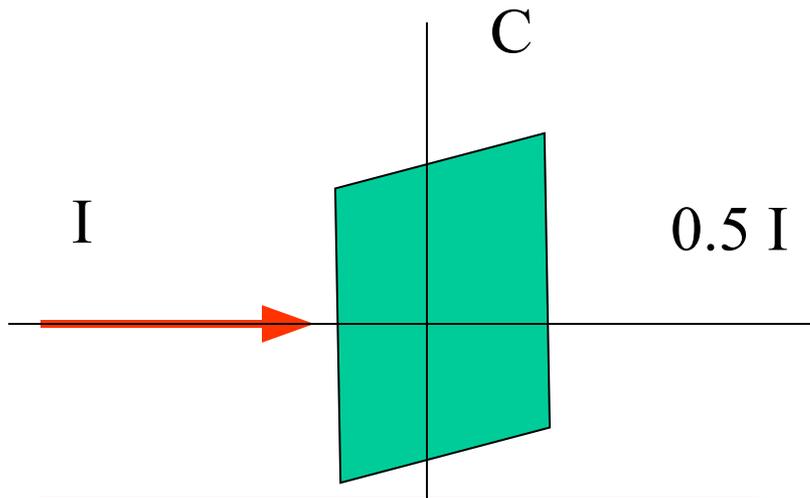
Биотит  
IV группа

Апатит  
V группа

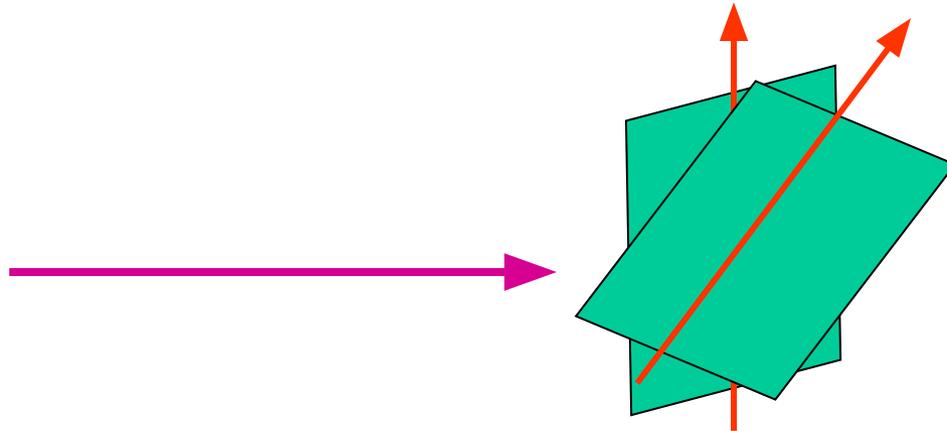
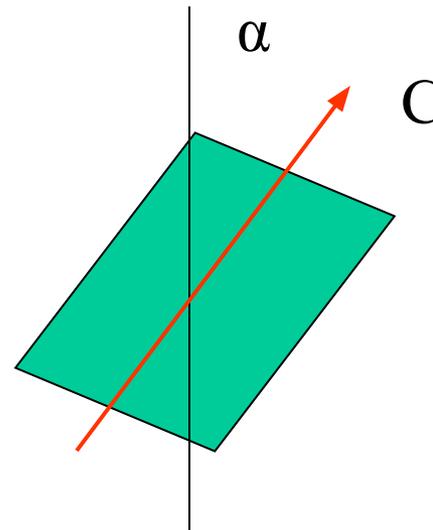
## Лекция 2

1. Оптические индикатрисы одноосных и двуосных кристаллов.
2. Ориентировка оптических индикатрис в различных сингониях.
3. Типы погасания

# Опыты с естественным и поляризованным светом



Пластинка из турмалина

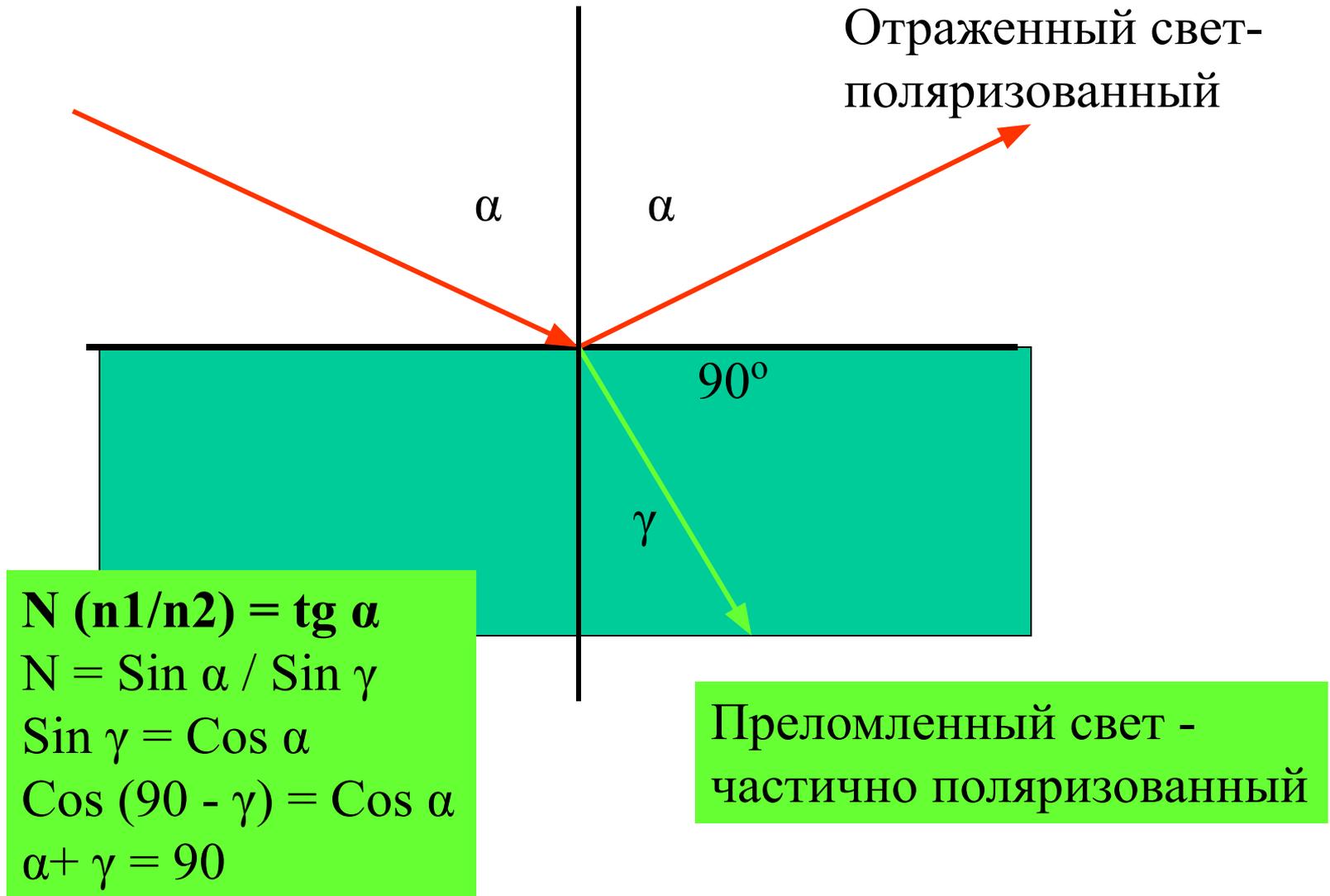


$$\alpha = 0, I_{\max} = 0.5 I$$

$$\alpha = 90, I = 0$$

$$I = I_0 \cos^2 \alpha \text{ (Закон Малю)}$$

## Закон Брюстера



# Прохождение света через кальцит. Устройство призмы Николя

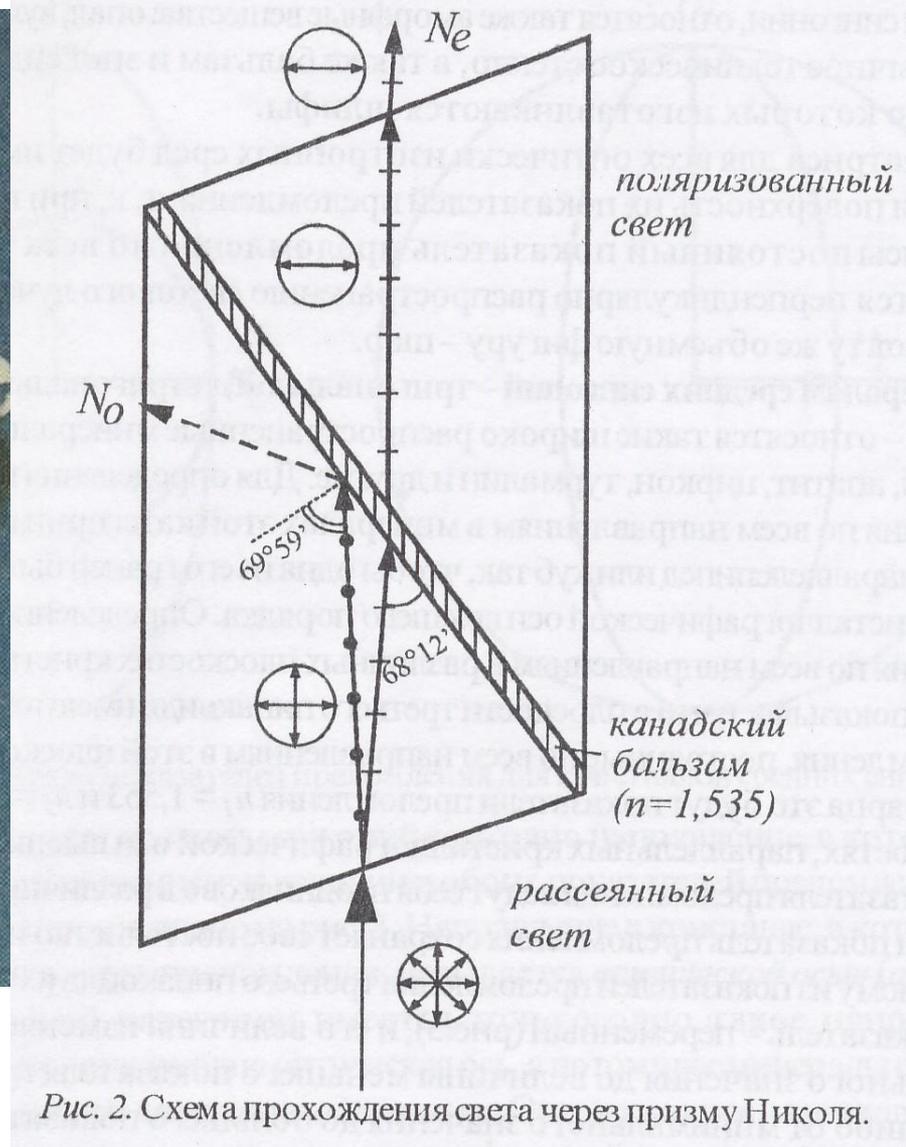


Рис. 2. Схема прохождения света через призму Николя.

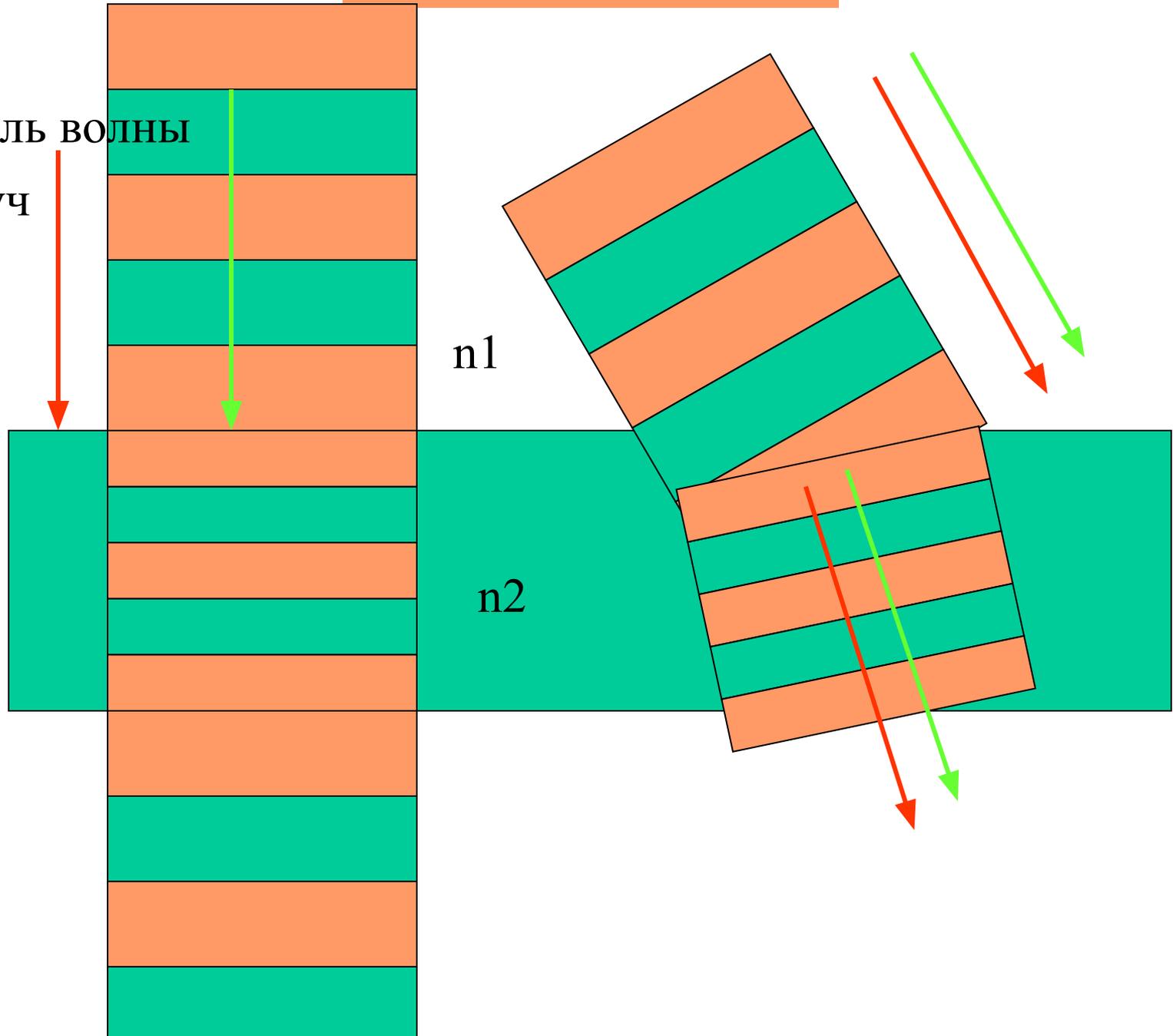
## Главное положение кристаллооптики

Свет, входящий под любым углом в оптически анизотропный кристалл, во всех направлениях, кроме одного или двух (совпадающих с оптическими осями), разлагается на две плоско поляризованные волны, колебания которых перпендикулярны друг другу. Эти волны имеют разную скорость и поэтому преломляются под разными углами.

Почему необыкновенный луч не подчиняется закону Снелиуса? Законы преломления относятся не к лучу, а к фронту волны (в изотропной среде они совпадают)

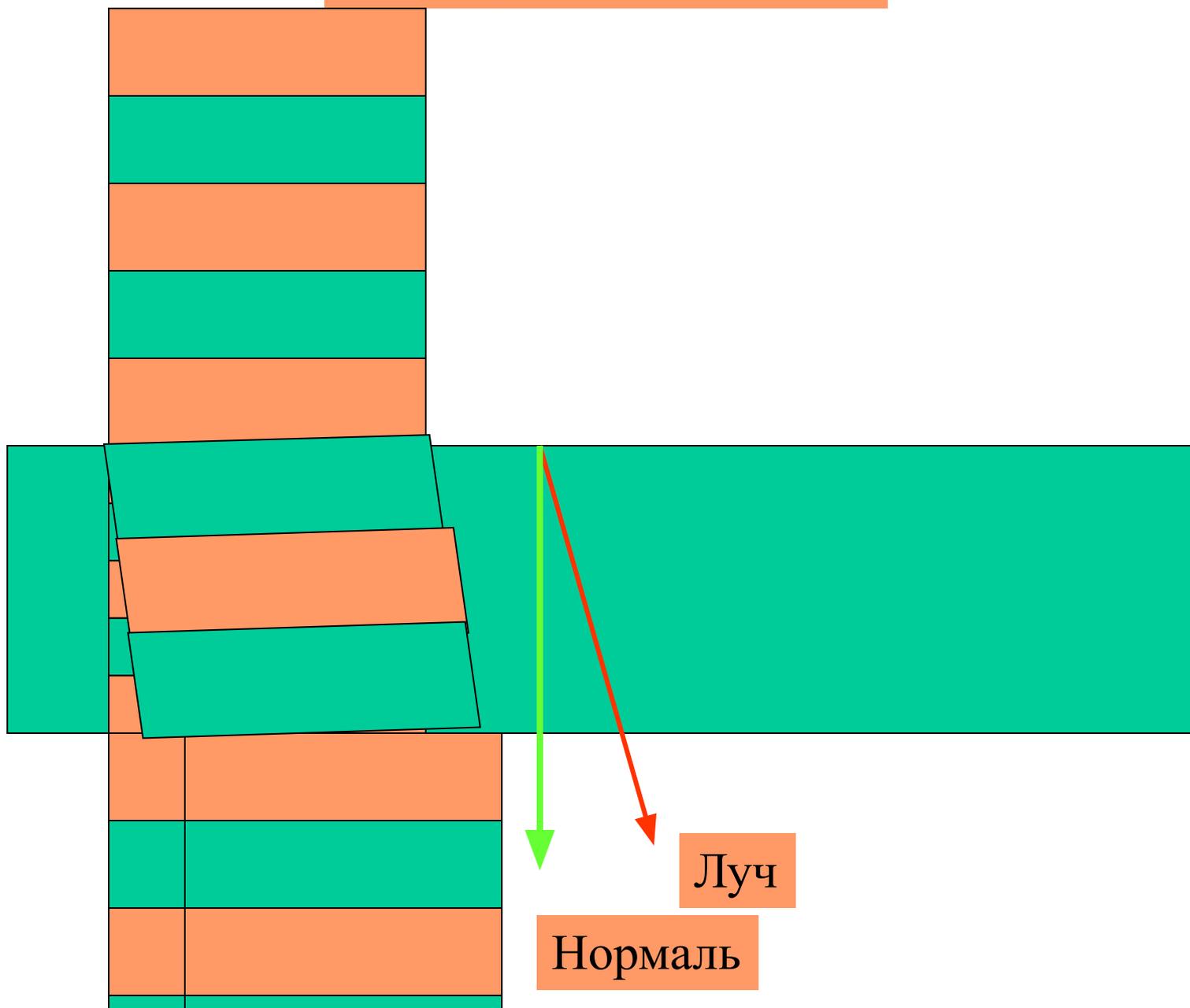
# Изоотропные вещества

Нормаль волны  
Луч

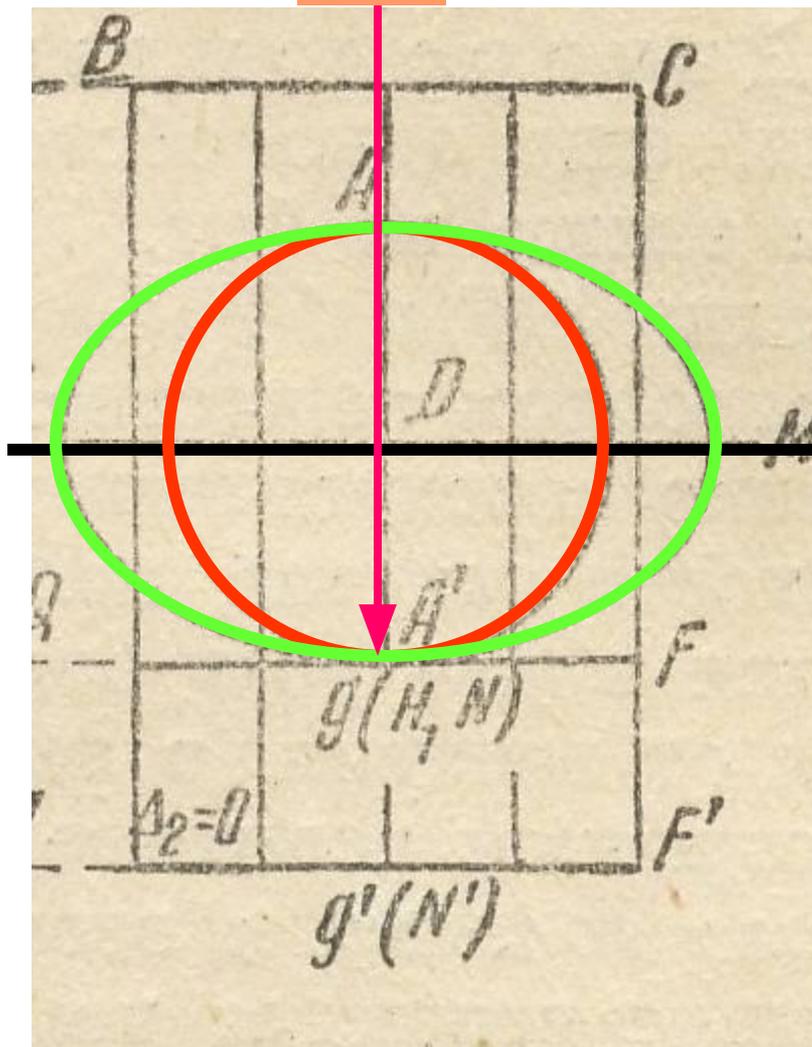




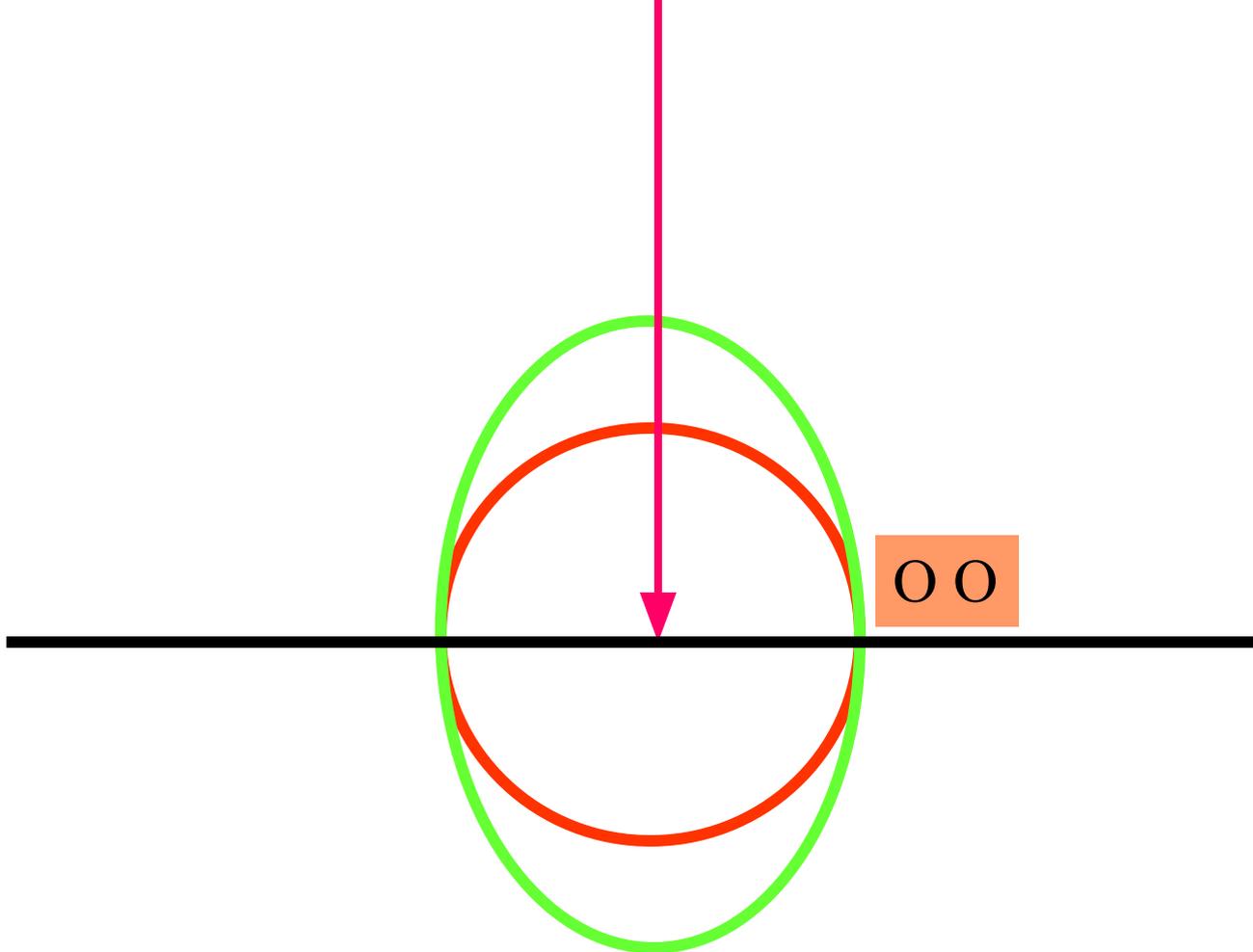
# Анизотропные вещества



00

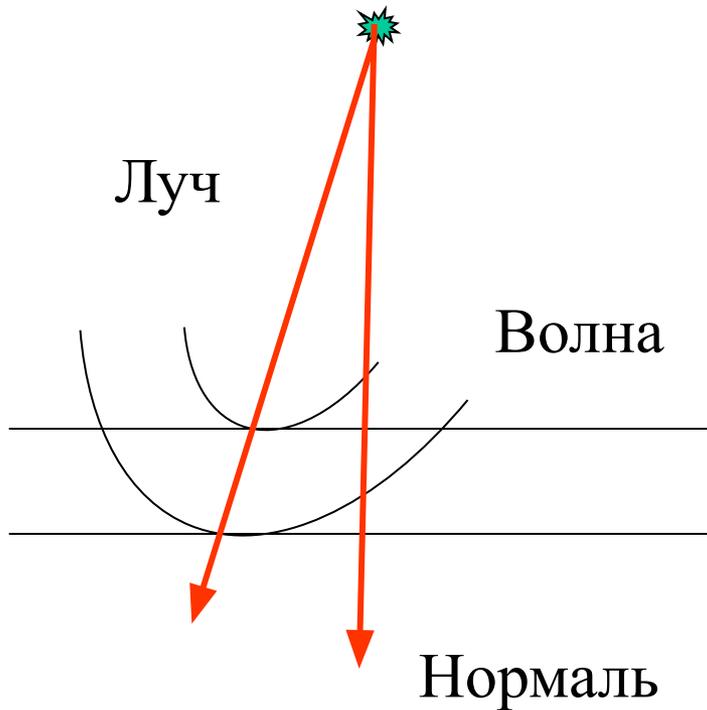


Поляризации нет



Поляризация максимальна

# Волна, луч, световая нормаль в анизотропных средах



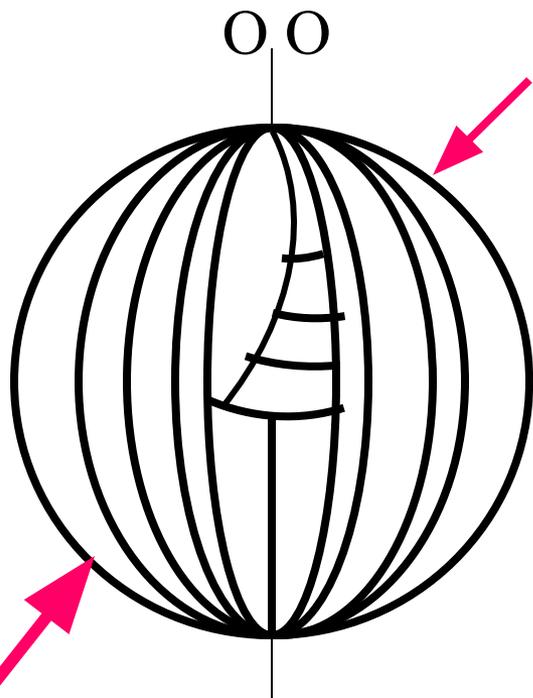
- Волна в анизотропных средах распространяется в разные стороны с различными скоростями (по эллипсоиду);
- Необыкновенные лучи не перпендикулярны к поверхности волны;
- Скорости необыкновенных волн и луча различны;
- Световая нормаль – перпендикуляр, опущенный из центра волновых поверхностей (источник света) на касательные к волновой поверхности;
- В дальнейшем скорости света в анизотропной среде относятся не к лучам, а к волнам или световым нормалям

**Волновая поверхность** - трехмерная поверхность, до которой лучи света доходят в тот или иной момент времени из воображаемого точечного источника света, помещенного внутри кристалла.

(в анизотропной среде их две, в изотропной одна)

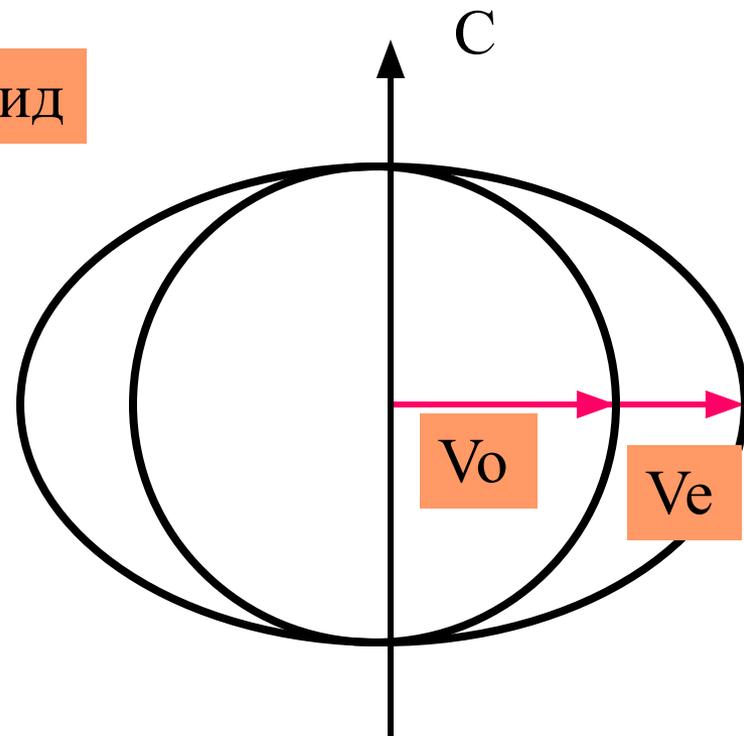
**Поверхность скоростей** - одна из волновых поверхностей, радиус-вектор которой является скорости  $V_e$  и  $V_o$   
(поверхность скоростей одна)

# Оптически отрицательные одноосные кристаллы



Эллипсоид

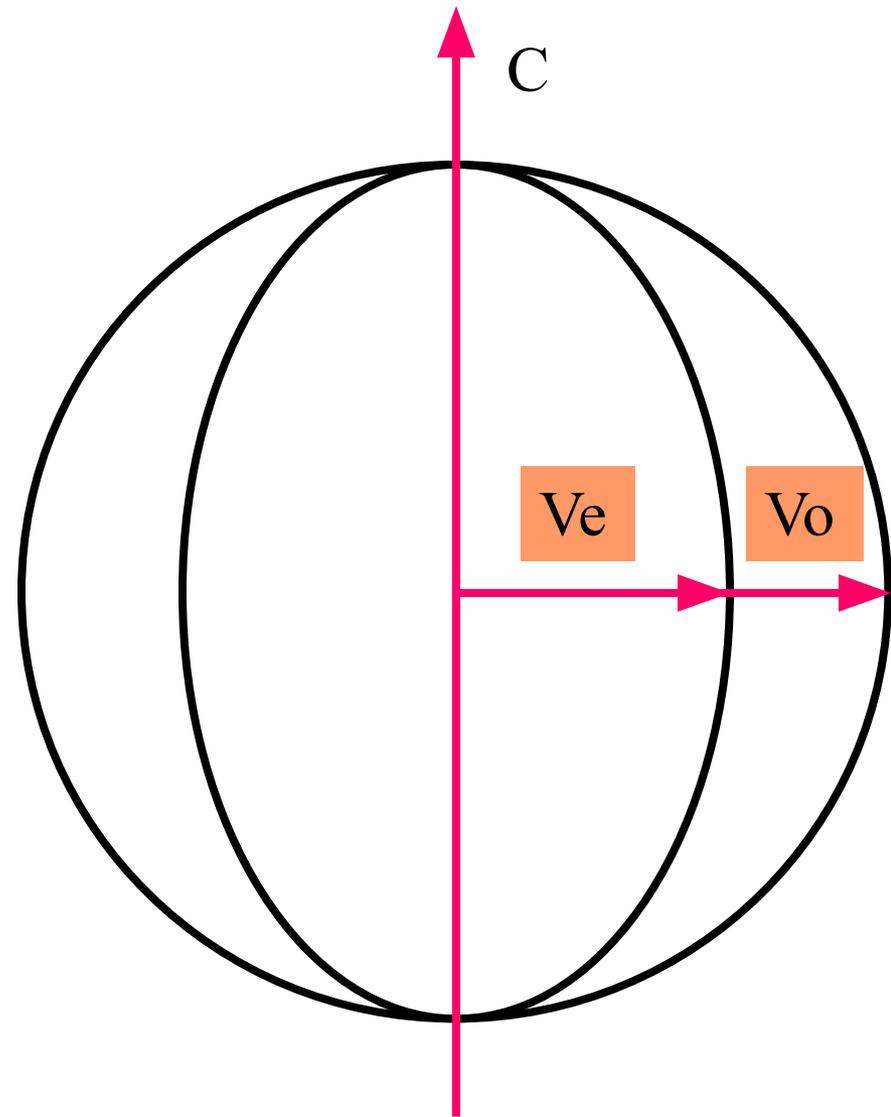
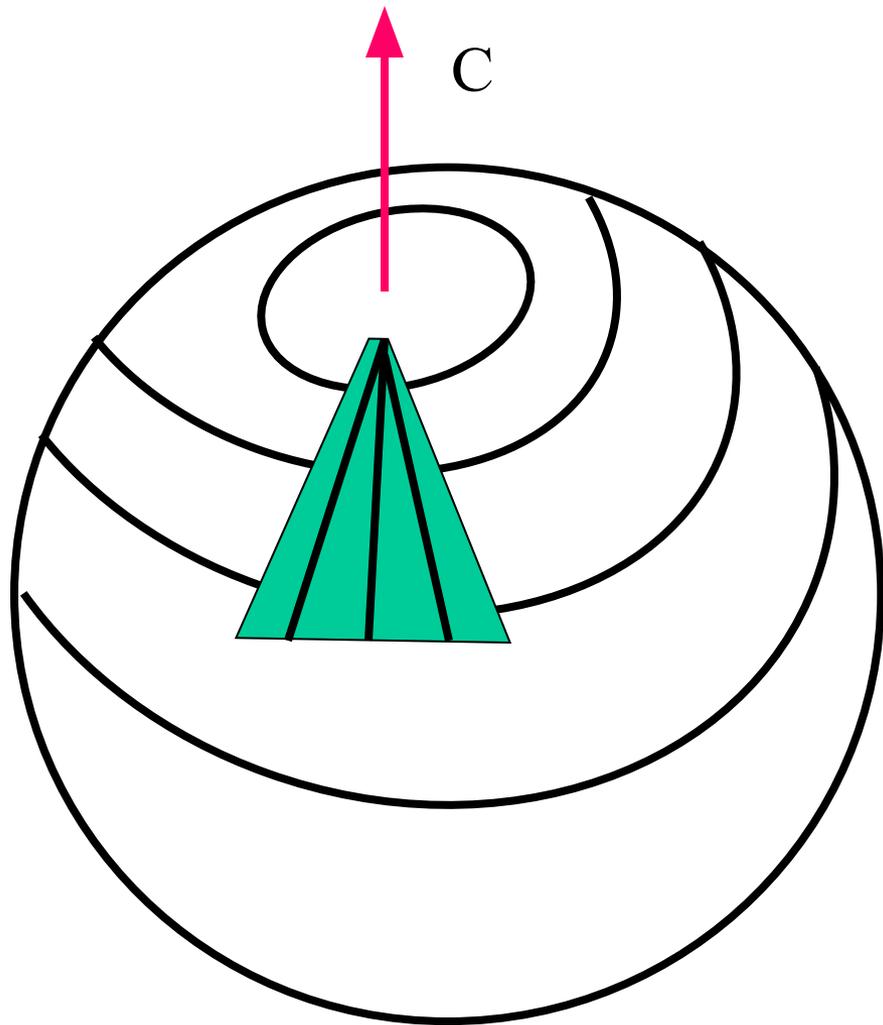
Линии, вдоль которых колеблется E



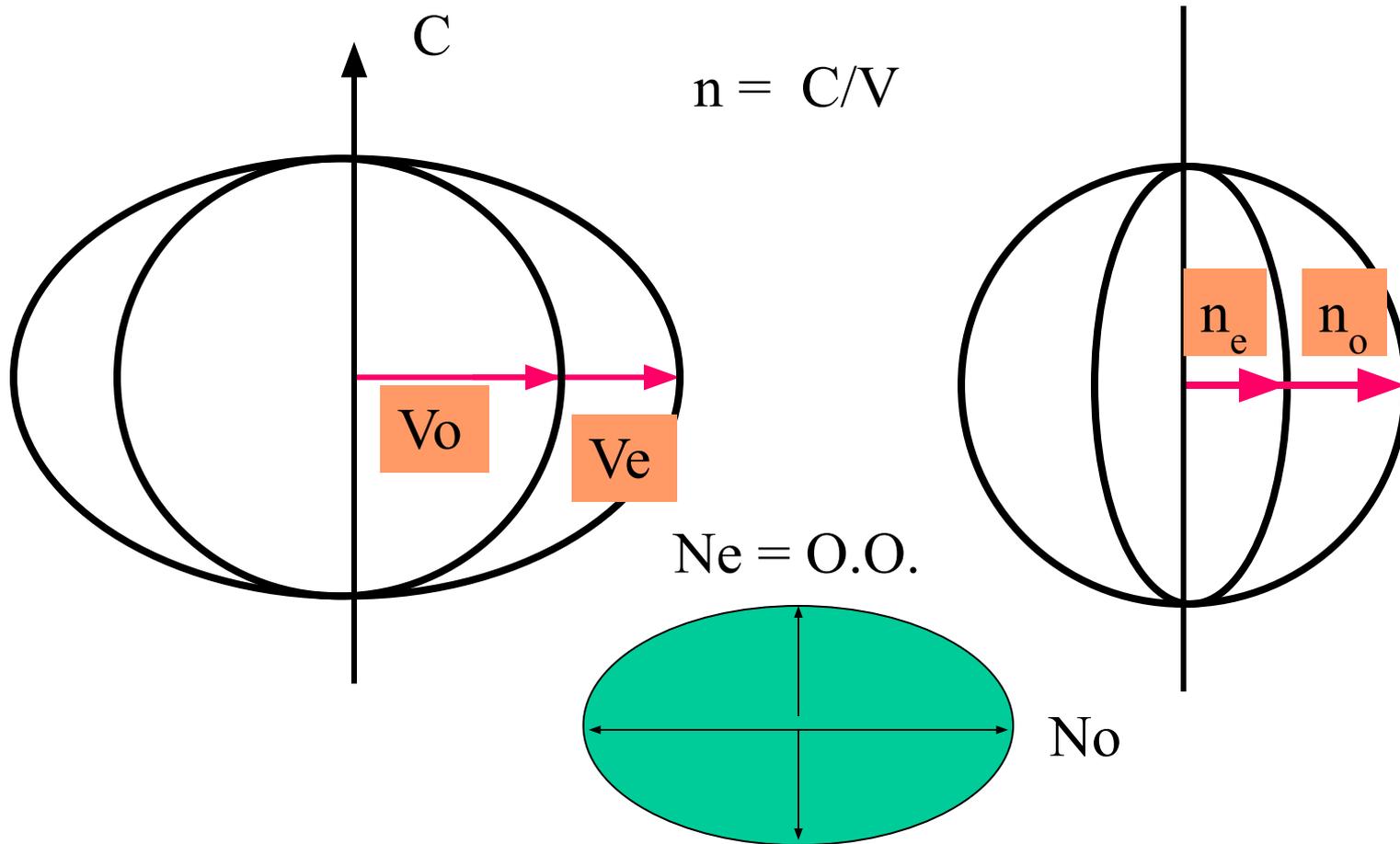
$V_o$

$V_e$

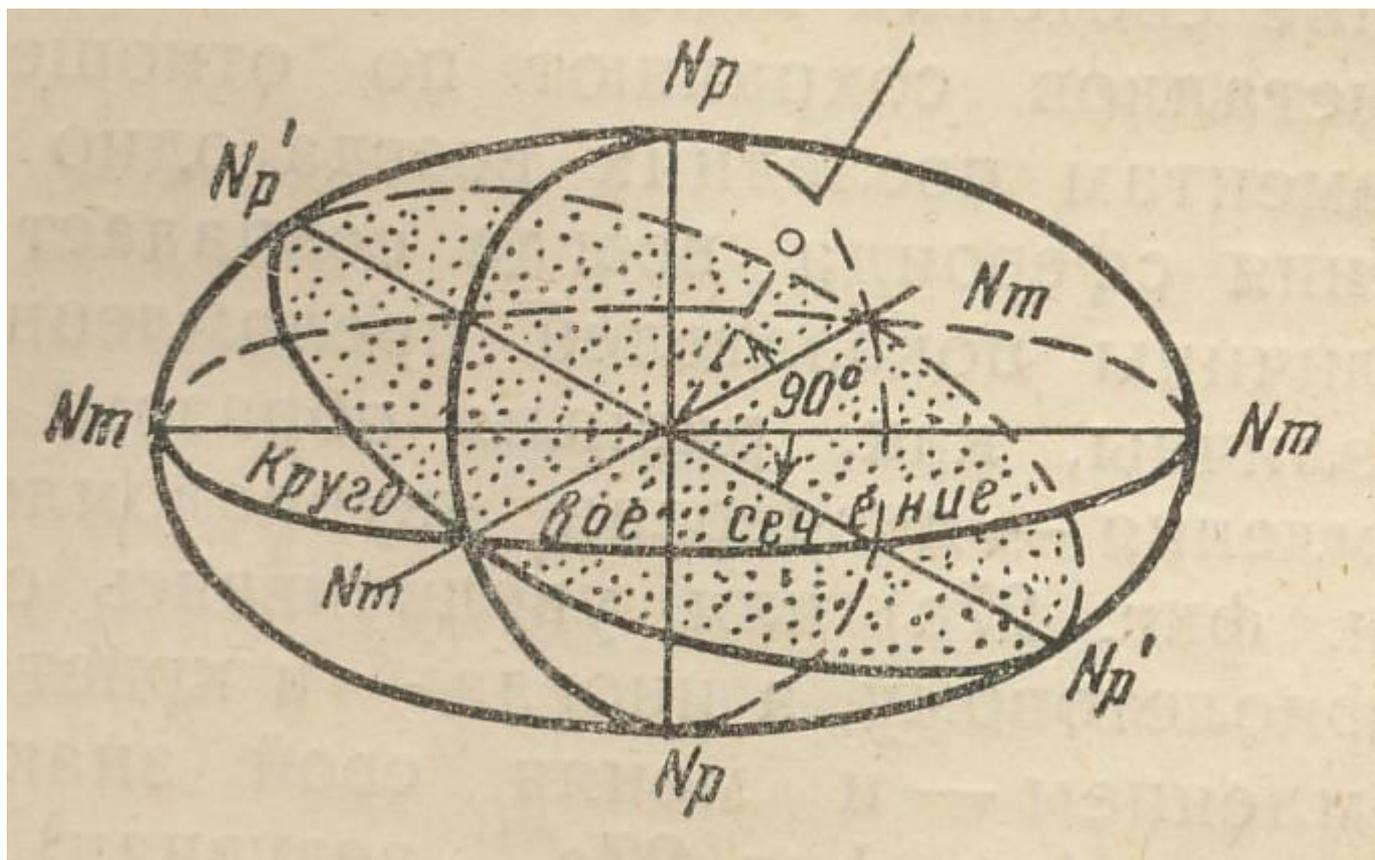
# Оптически положительные одноосные кристаллы



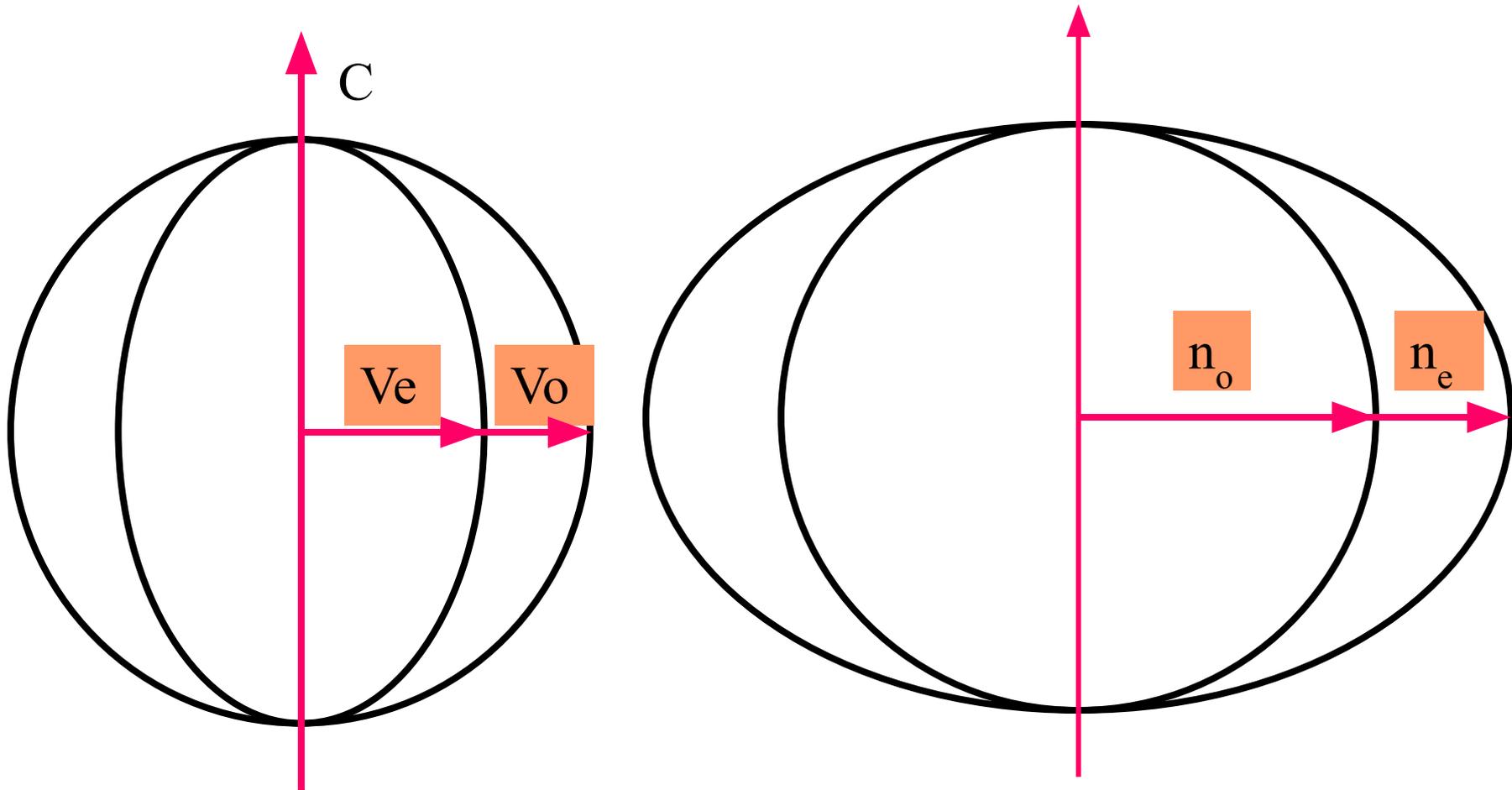
Одноосный оптически отрицательный кристалл



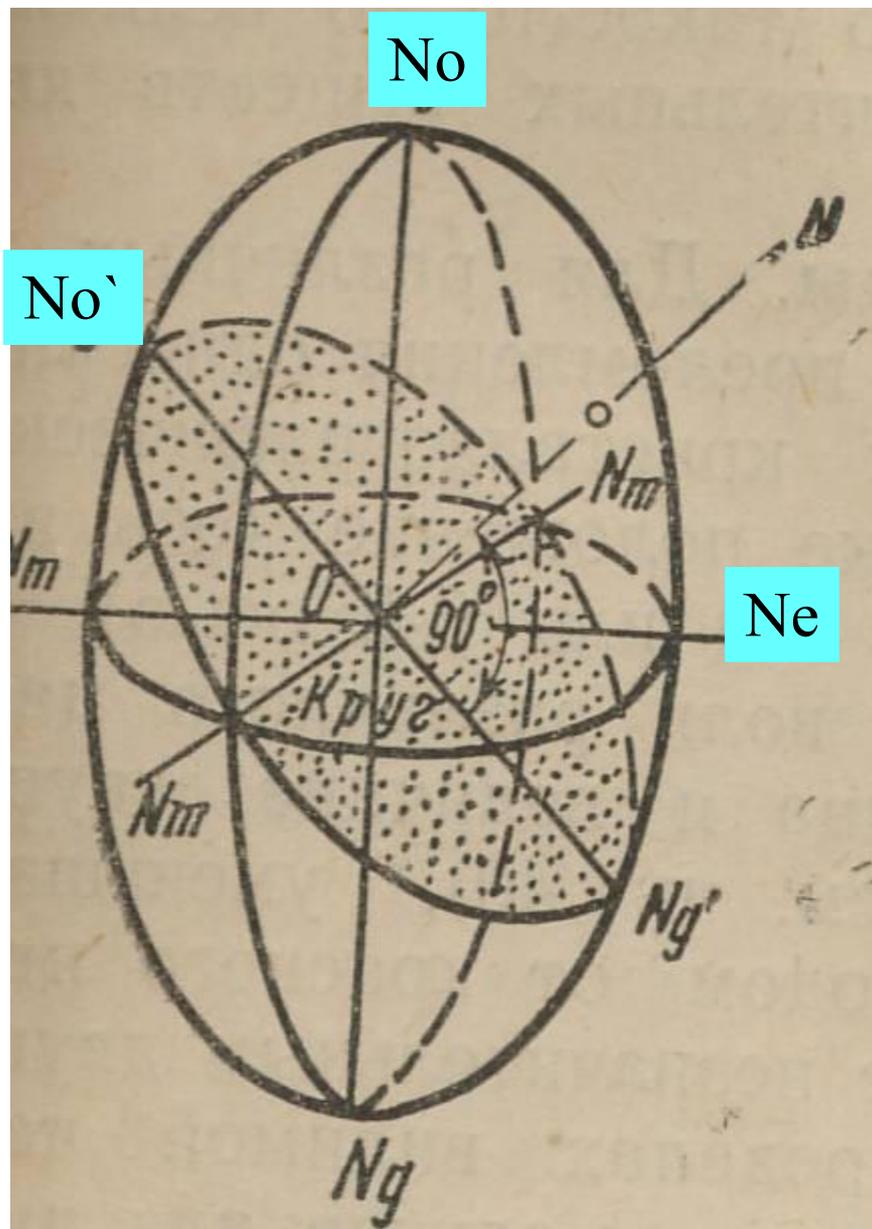
# Оптическая индикатриса одноосного отрицательного кристалла



# Одноосный оптически положительный кристалл



# Оптическая индикатриса одноосного положительного кристалла

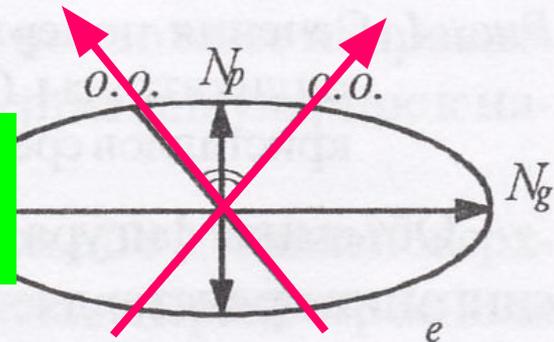
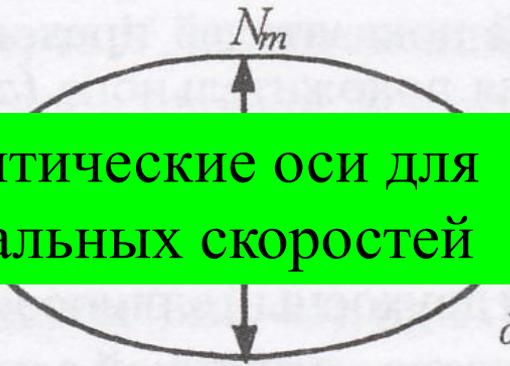
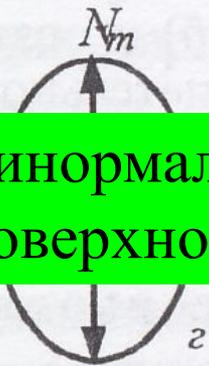
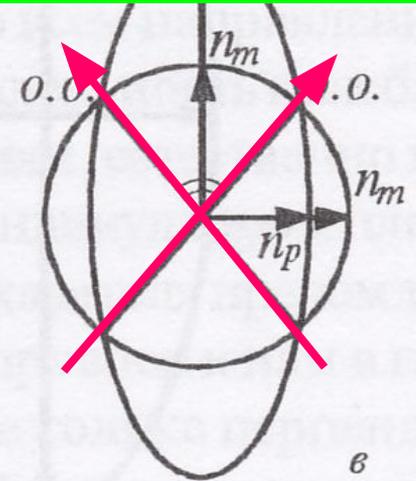
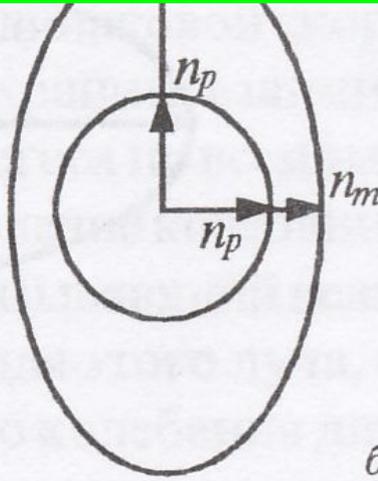
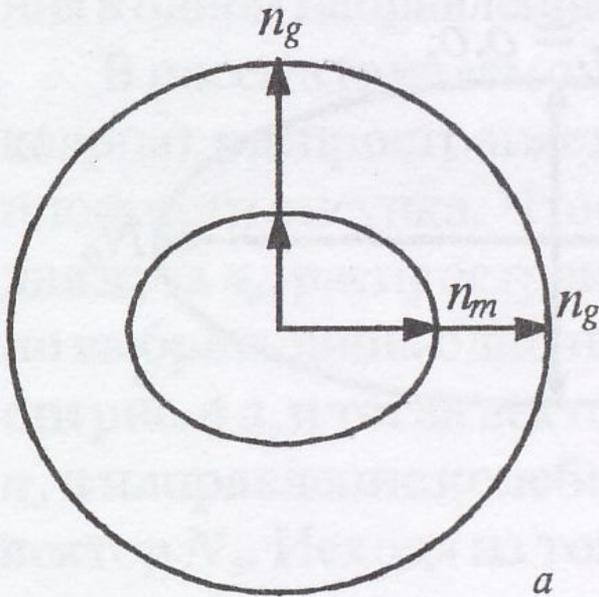


## Определение оптической индикатрисы

**Оптической индикатрисой** называется замкнутая поверхность второго порядка, каждый радиус-вектор которой равен по модулю коэффициенту преломления той волны, которая совершает свои колебания в направлении этого радиуса-вектора, и следовательно распространяется в перпендикулярном к нему направлении

Ориентировка трех главных сечений поверхности показателей преломления (а-в) и оптической индикатрисы (г-е) в кристаллах низшей сингонии

Бирадиали - это оптические оси для поверхности лучевых скоростей



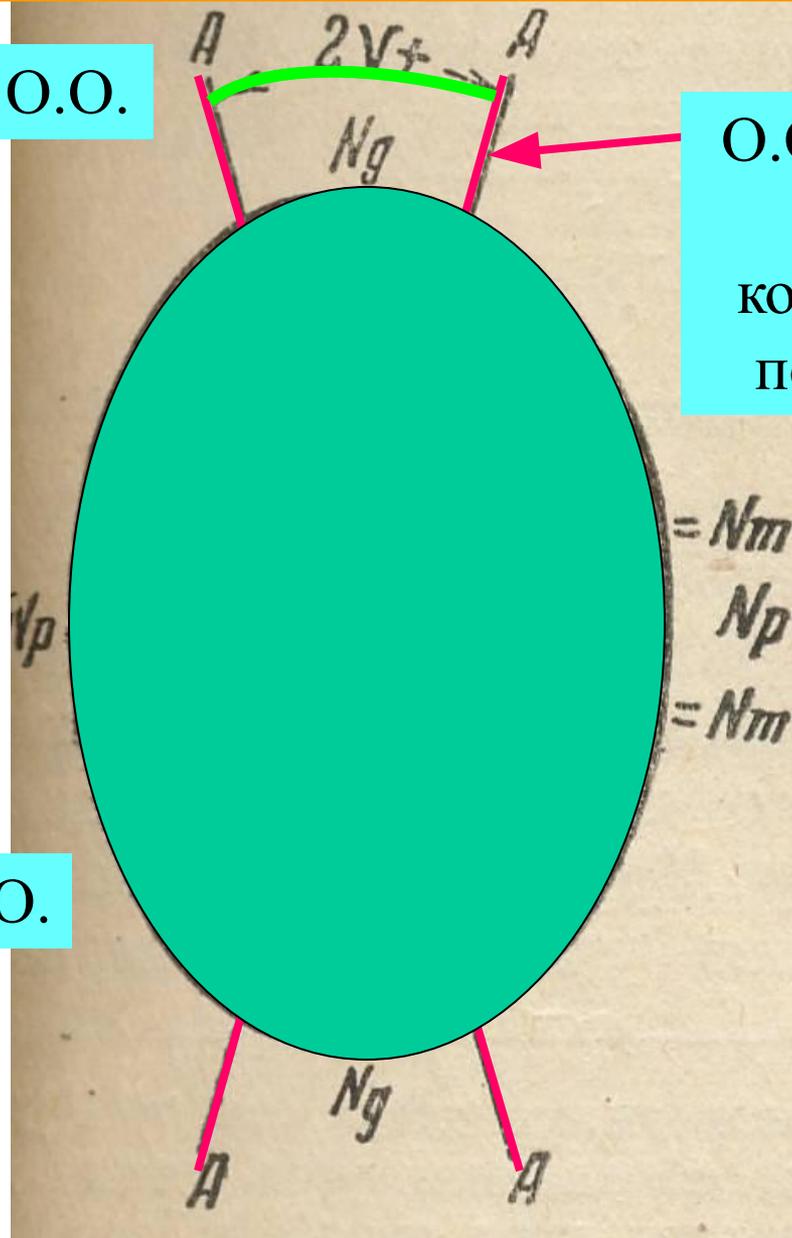
Бинормали - это оптические оси для поверхности нормальных скоростей

# Оптическая индикатриса двусосного оптически положительного кристалла

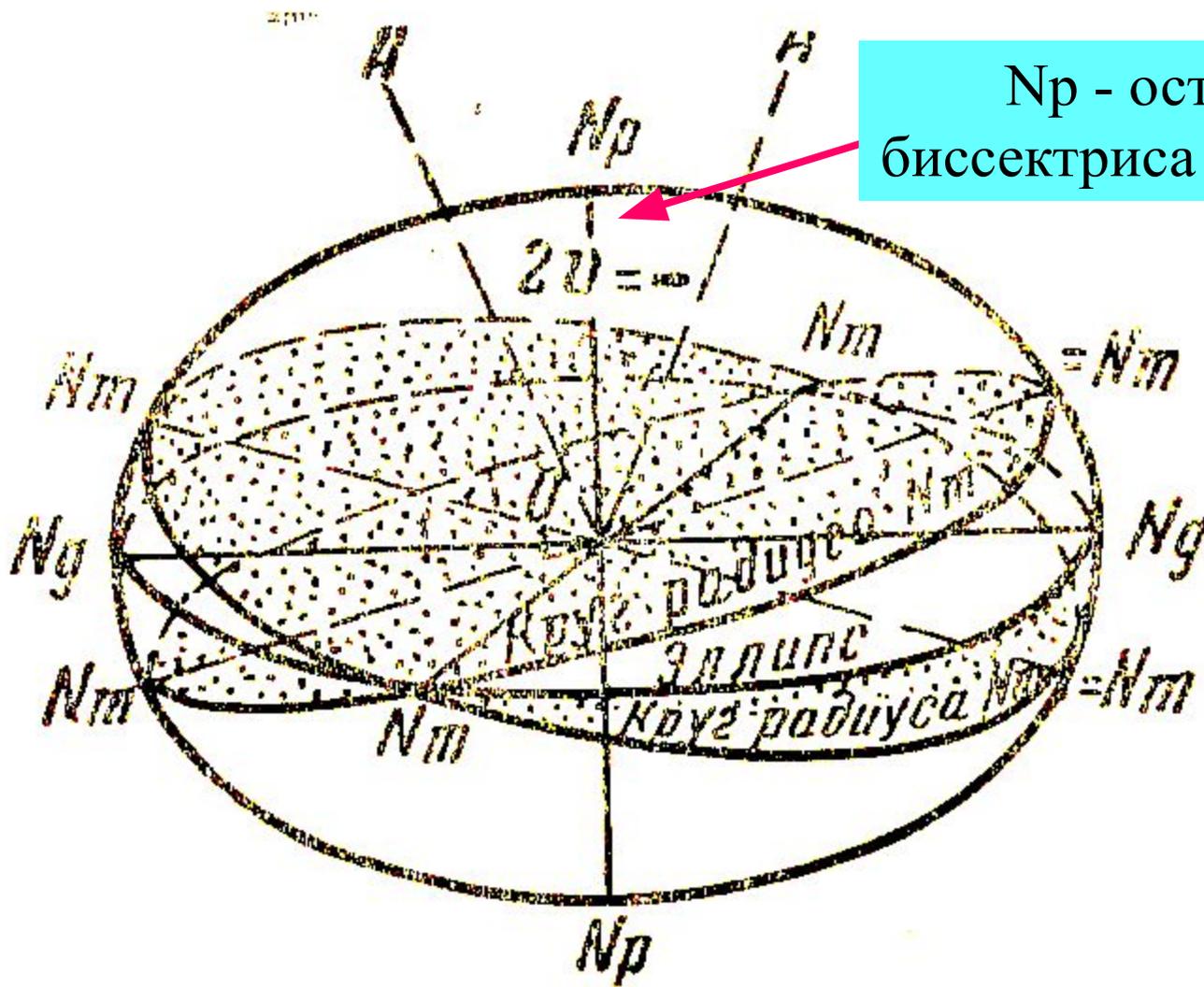
$2V$  - угол между О.О.

О.О. - оптическая ось  
(направление в которых отсутствует поляризация света)

Плоскость О.О.



# Оптическая индикатриса двуосного отрицательного кристалла



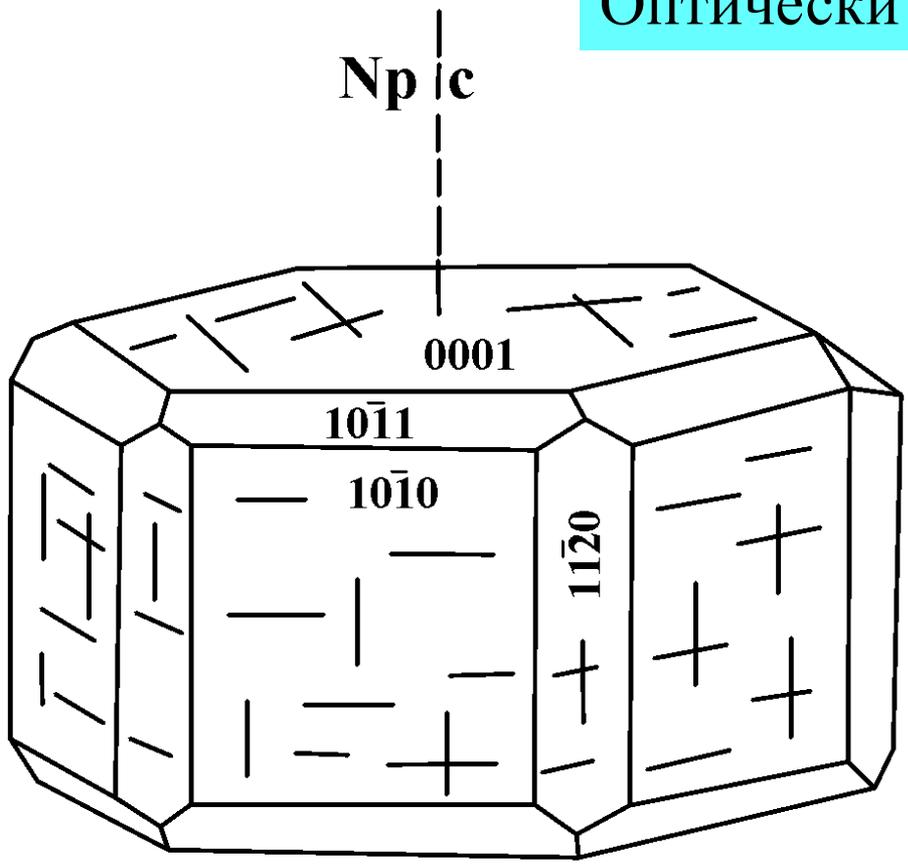
$N_p$  - острая биссектриса угла  $2V$

## Правило индикатрисы (по В.Н. Лодочникову)

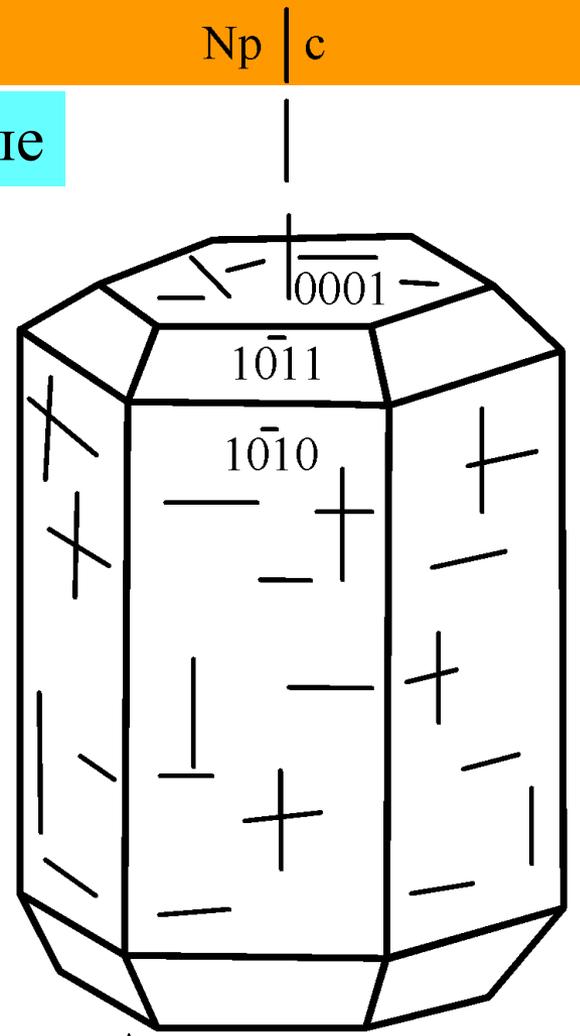
Если в кристалле распространяется свет в известном направлении по отношению к оптической индикатрисе ( это направление есть направление световой нормали = направление распространения фронта волны) то получающийся при этом **оптический эффект обусловлен исключительно центральным сечением оптической индикатрисы**, перпендикулярным направлению световой нормали. При этом оси симметрии перпендикулярного к световой нормали сечения являются единственными возможными направлениями световых колебаний, а численная величина этих полуосей равна коэффициентам преломления одной или двух волн, распространяющихся в направлении нормали.

# Ориентировка оптической индикатрисы в кристаллах средние сингонии: Гексагональная

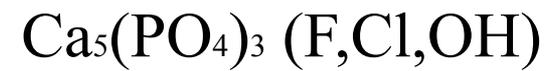
Оптически отрицательные



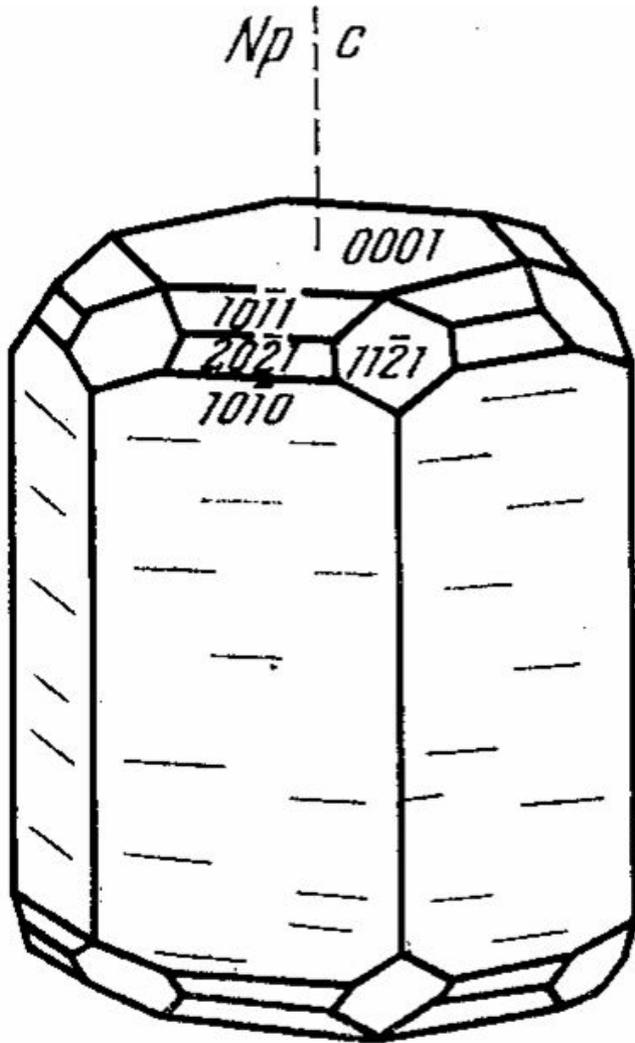
И  $\hat{a} \hat{o} \hat{a} \hat{e} \hat{e} \hat{i}$



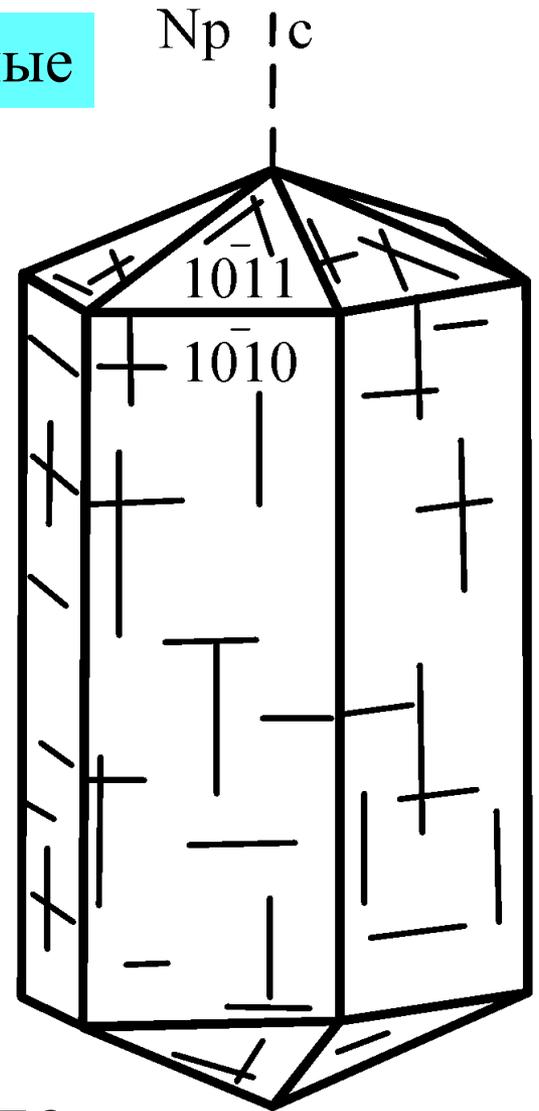
Апатит



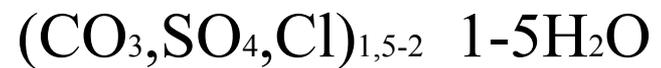
Оптически отрицательные



94. Берилл

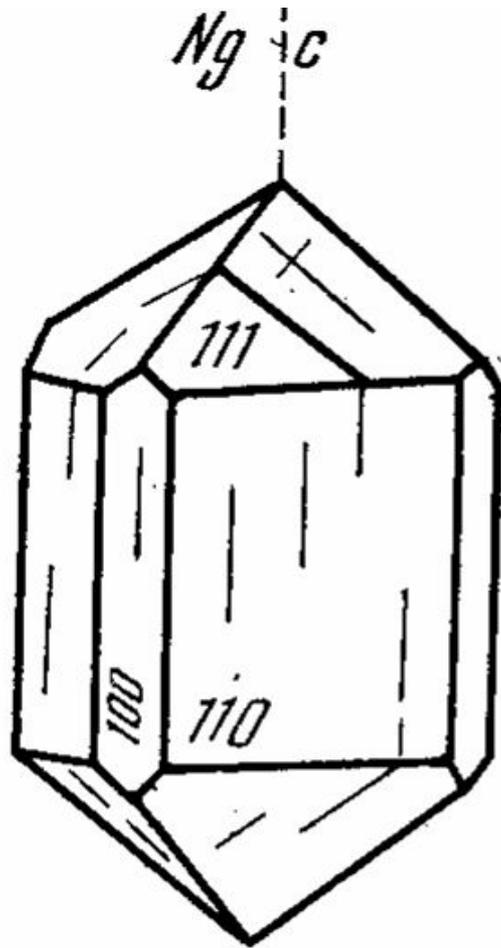


Канкринит

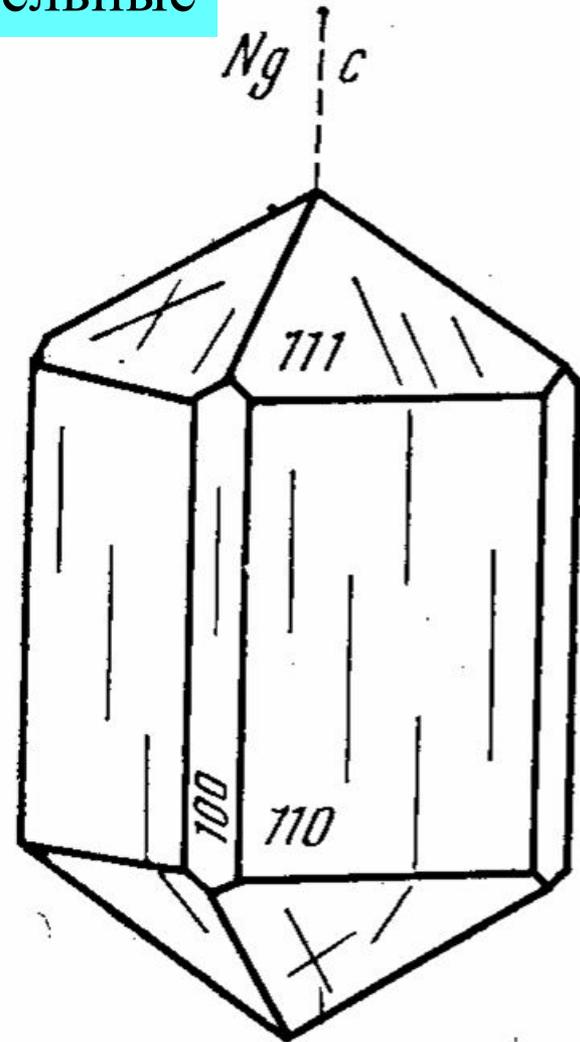


# Тетрагональные

Оптически положительные

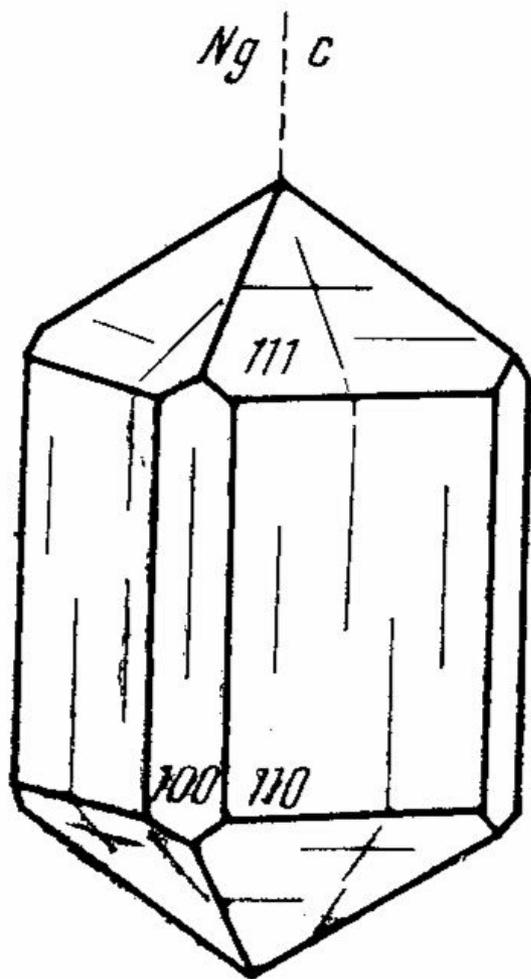


65. Касситерит

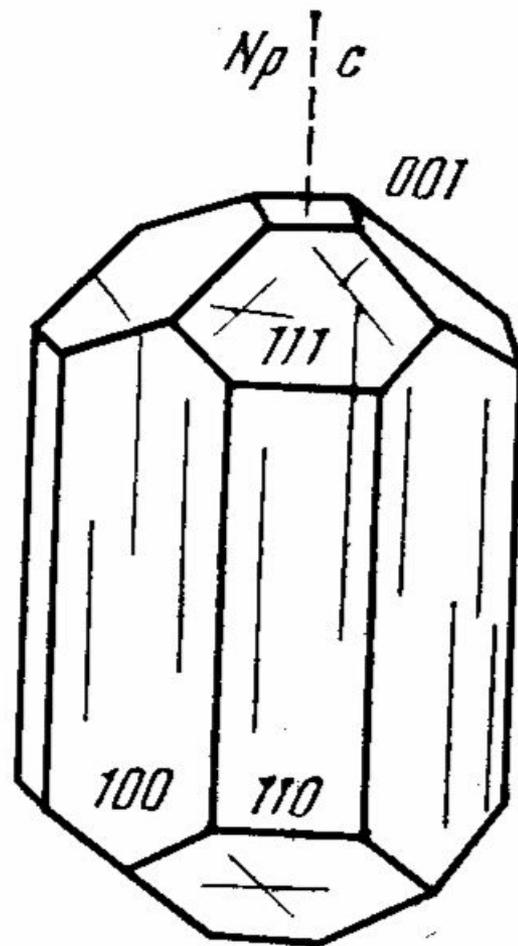


66а. Рутил

Оптически положительные

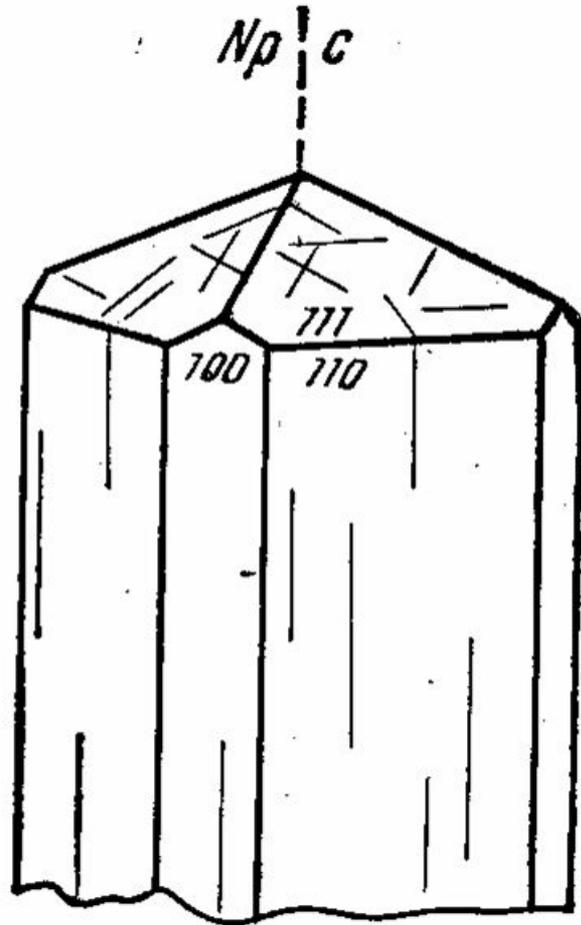


69а. Циркон



70. Везувиян

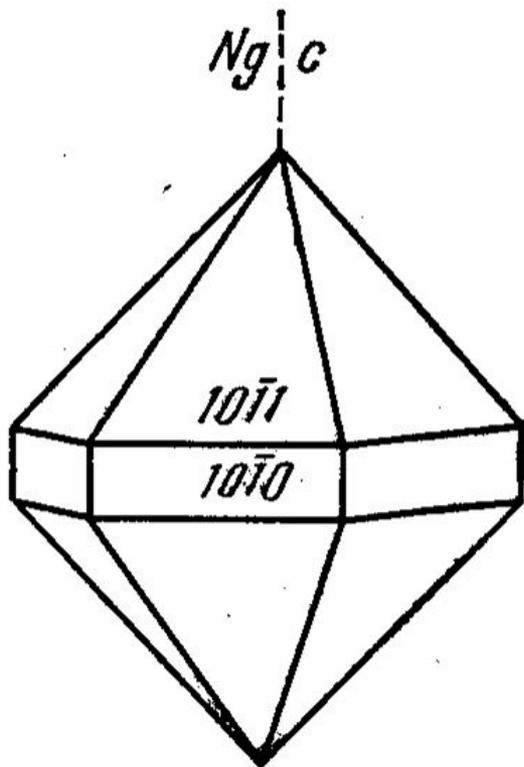
# Оптически отрицательный



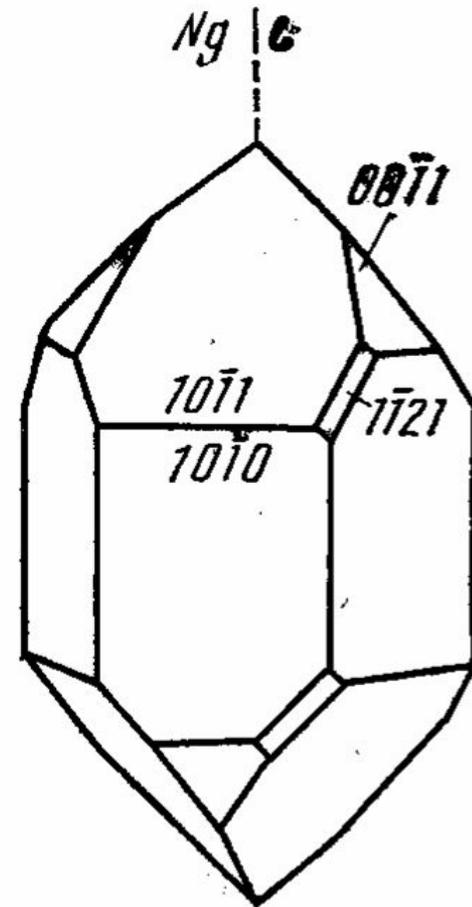
74. Скалолит.

# Тригональные

Оптически положительные

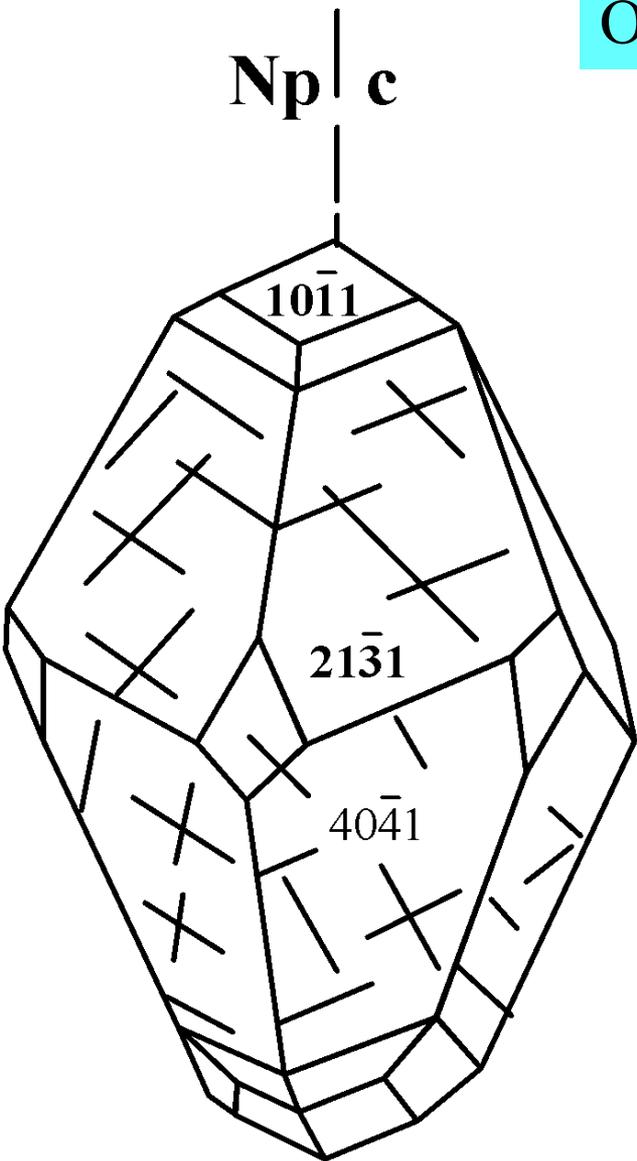


81a.  $\alpha$ -Кварц

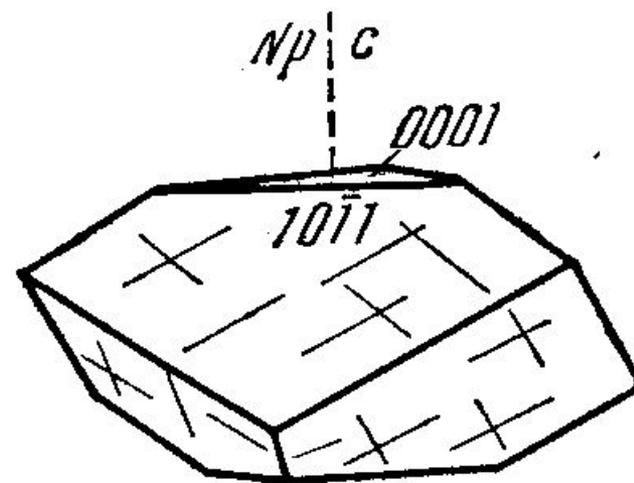


81b.  $\beta$ -Кварц

Оптически отрицательные

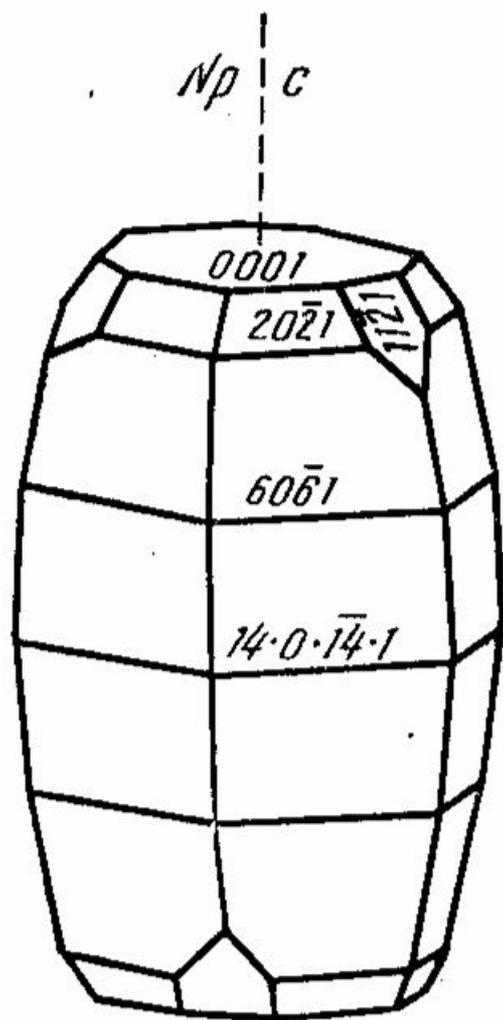


Êàëüöèò

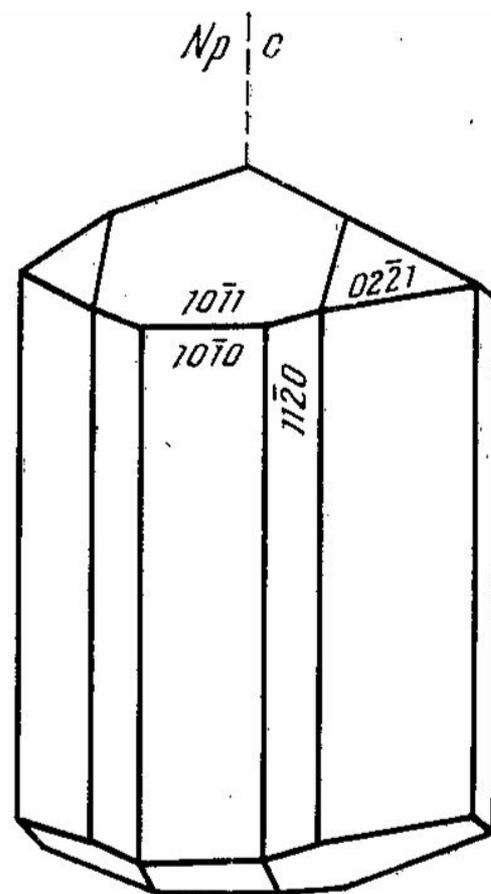


86-88. Магnezит, сидерит,  
доломит

# Оптически отрицательные



76. Корунд

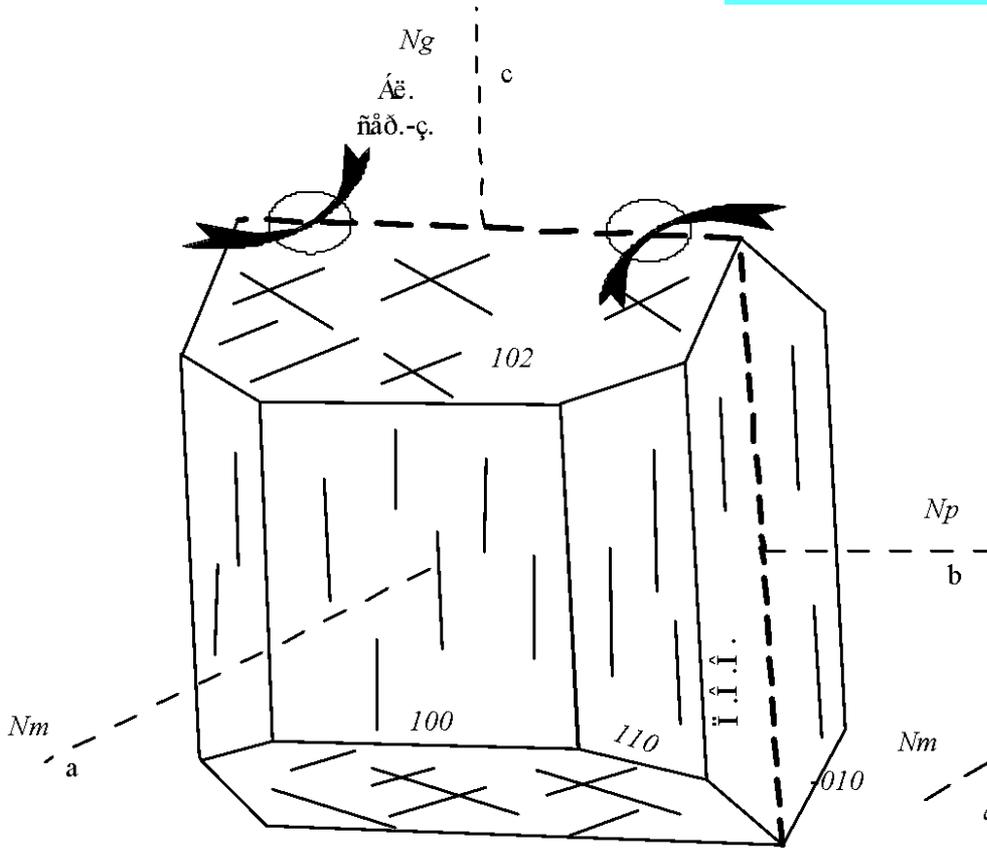


91. Турмалин

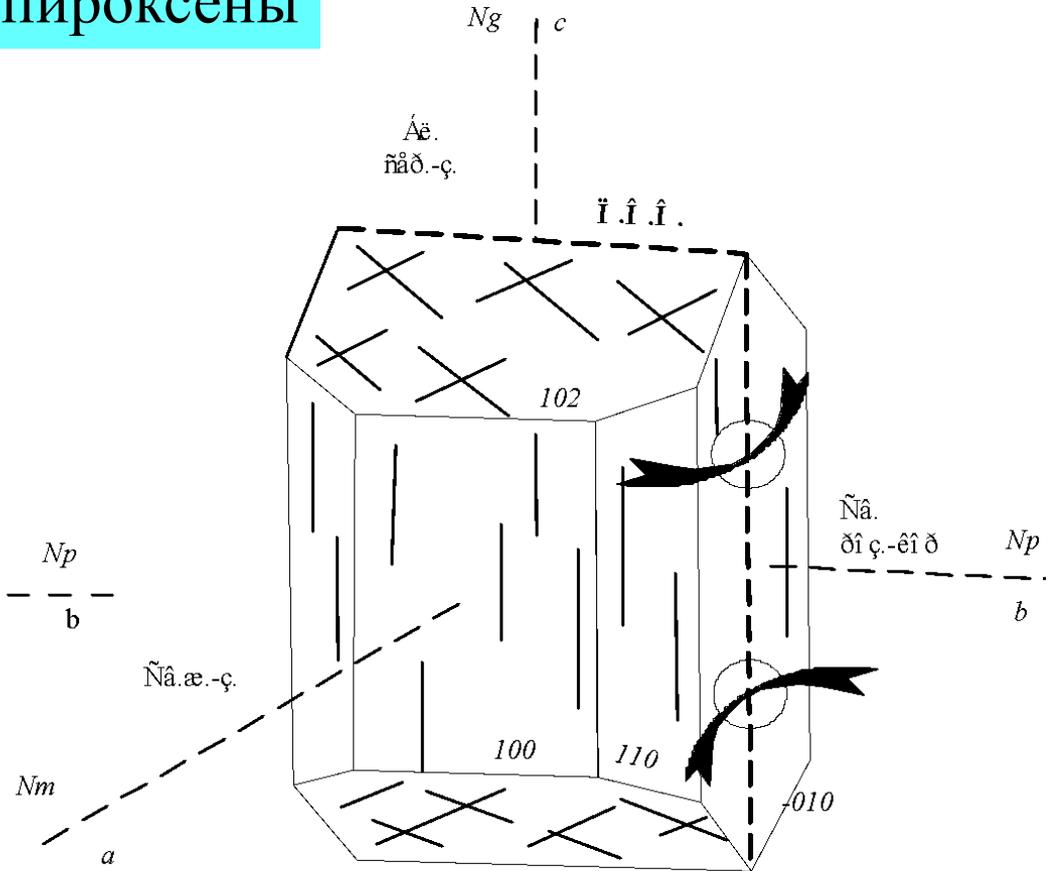
# Низшие сингонии

## Ромбическая

## Ортопироксены

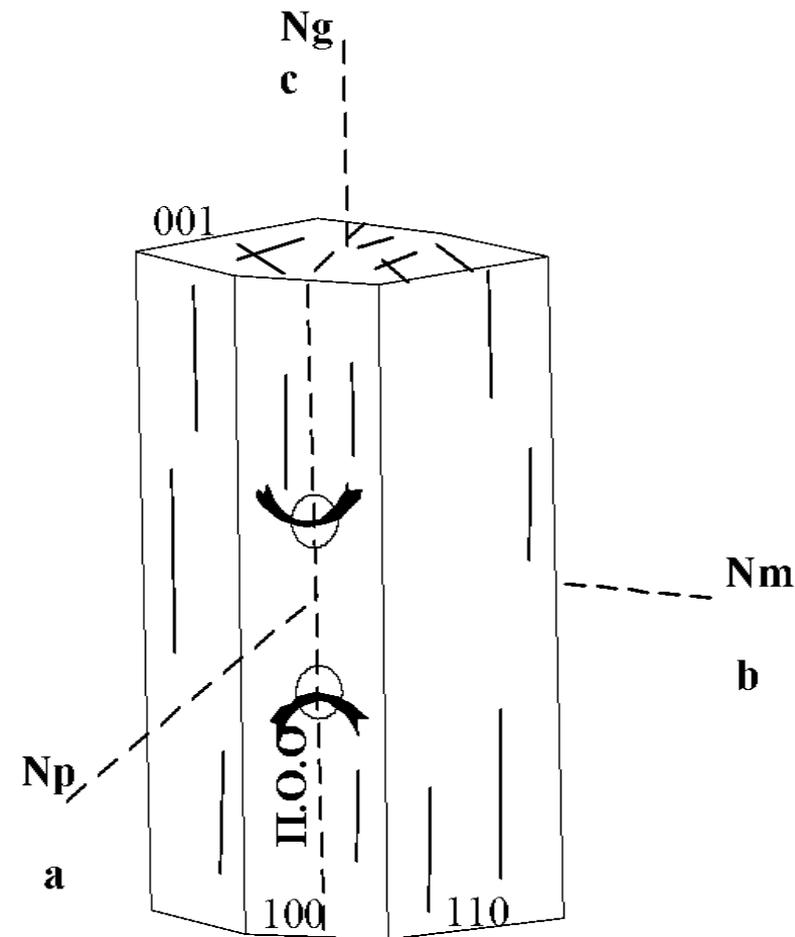


$\tilde{Y}\tilde{i}\tilde{n}\tilde{o}\tilde{a}\tilde{o}\tilde{e}\tilde{o}$

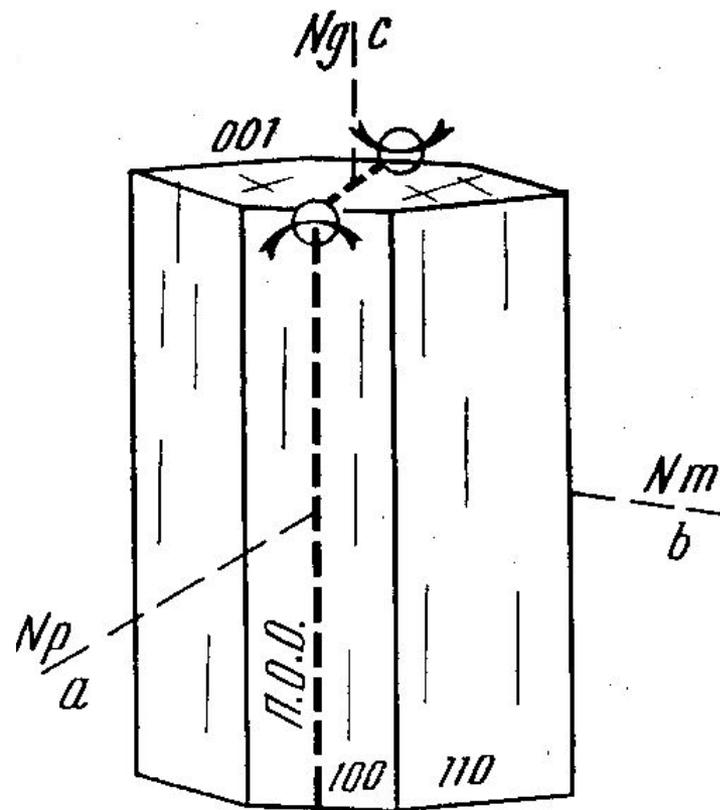


$\tilde{A}\tilde{e}\tilde{i}\tilde{a}\tilde{o}\tilde{n}\tilde{o}\tilde{a}\tilde{i}$

# Ромбические амфиболы

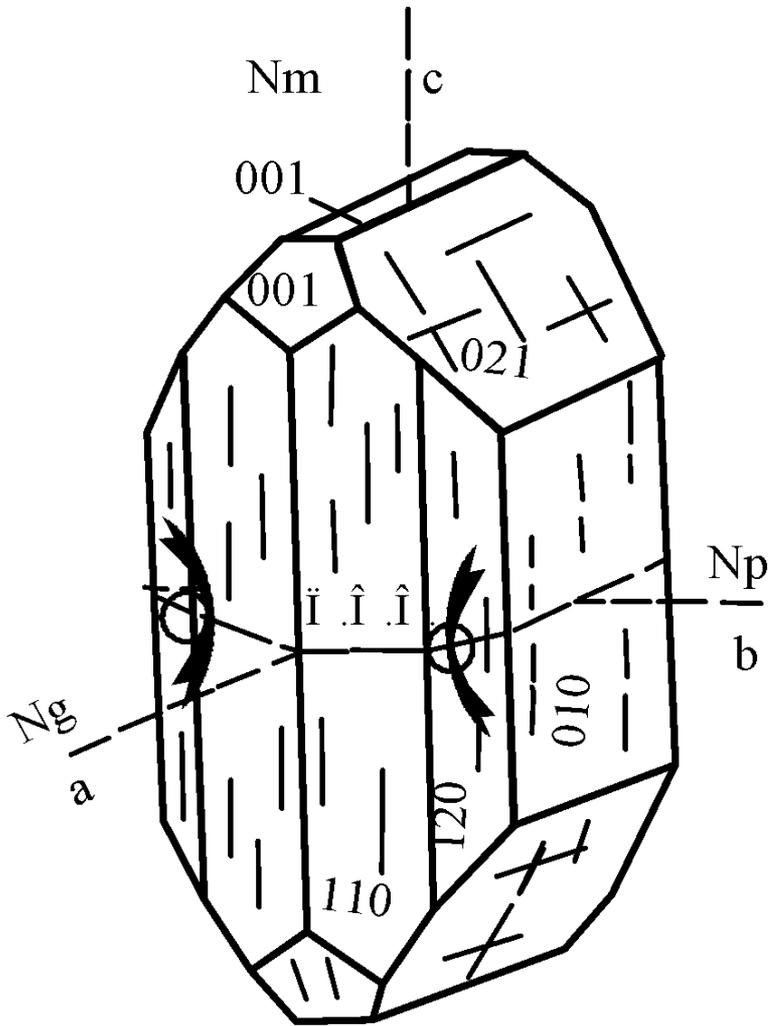


**Антофиллит**

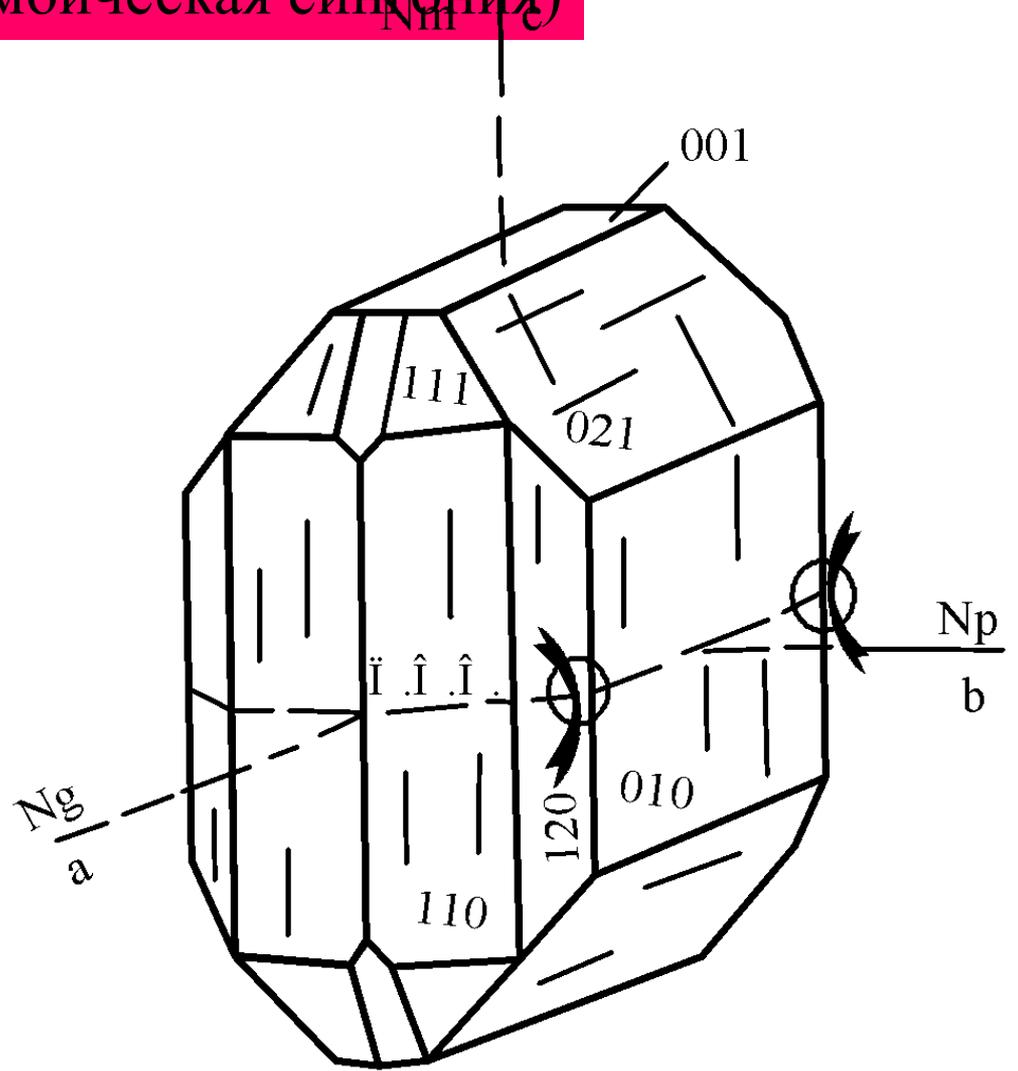


*176/7б. Антофиллит-гедрит богатый Fe*

# Оливины (ромбическая сингония)

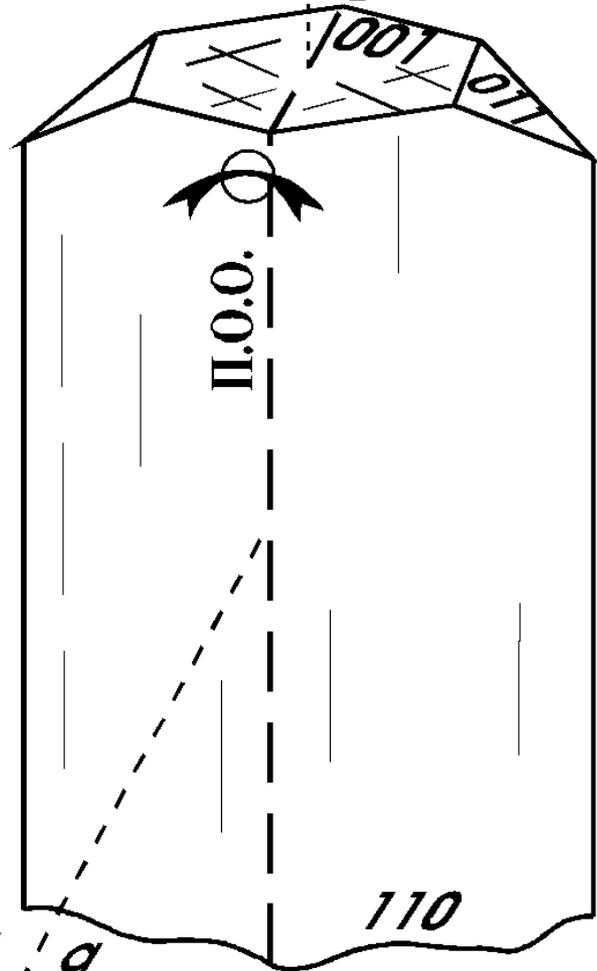


**Форстерит**



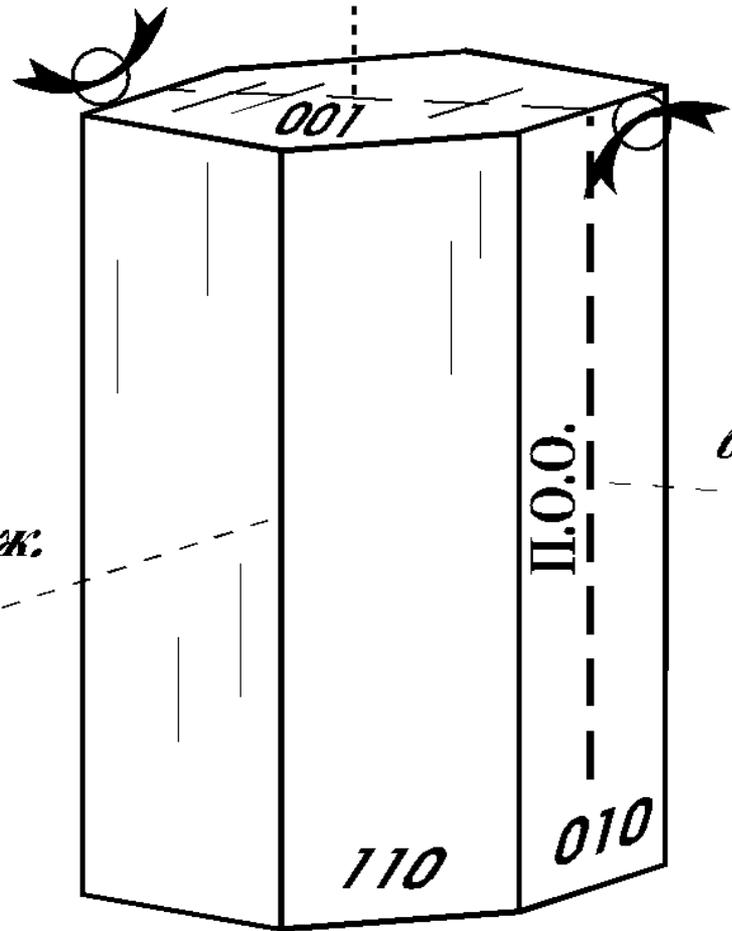
**Фаялит**

*Np c*  
*роз.*

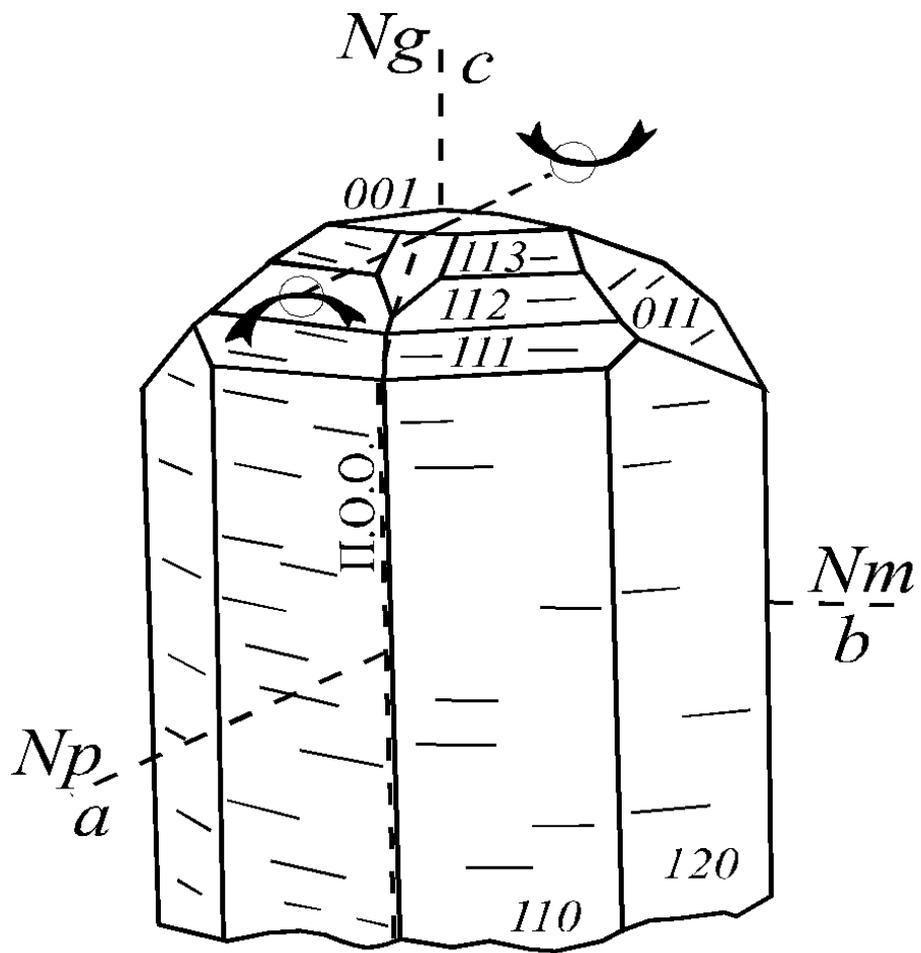


*Андалузит*

*Ng c*  
*кр. -ж.*



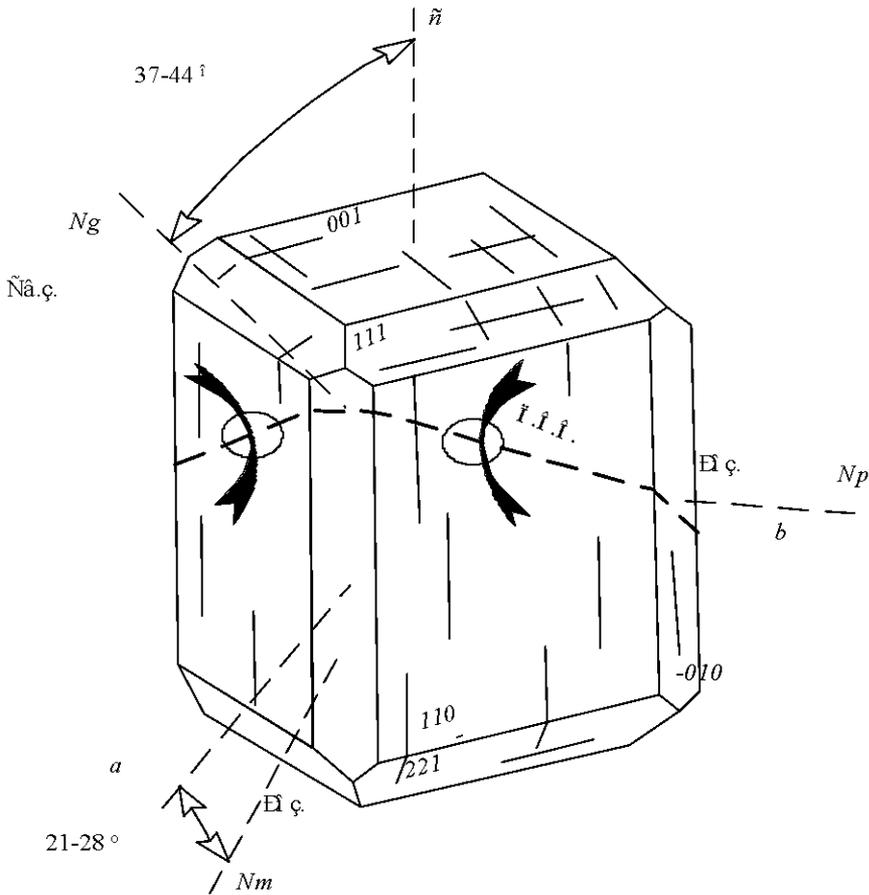
*Ставролит*



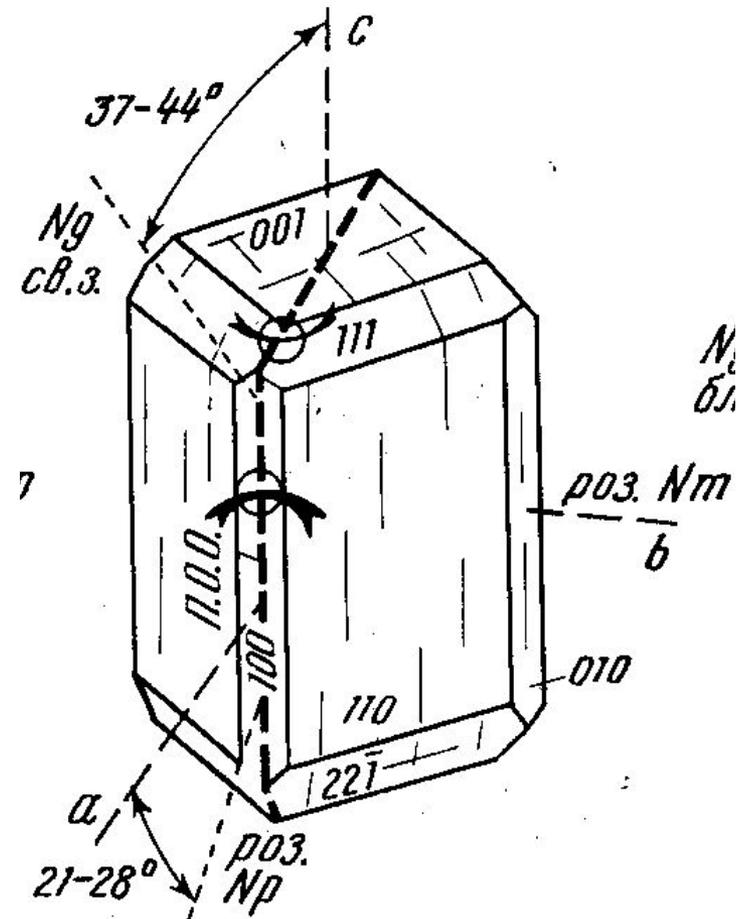
*Тоназ*

# Моноклинная

## Клинопироксены

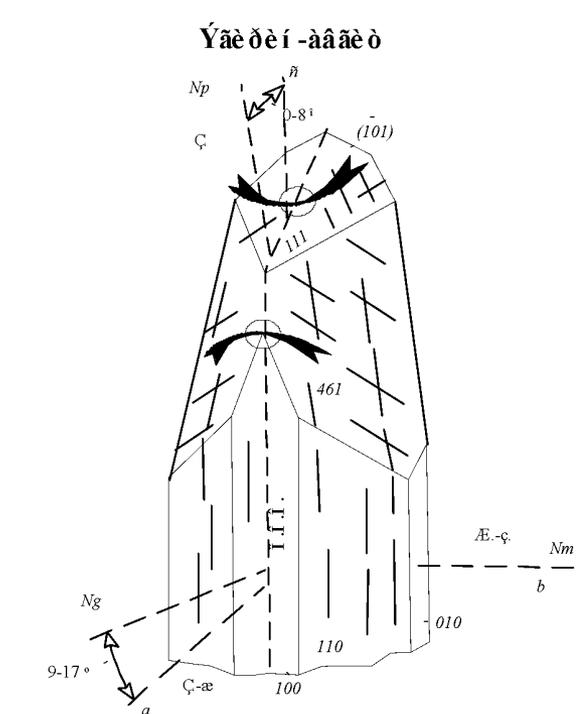
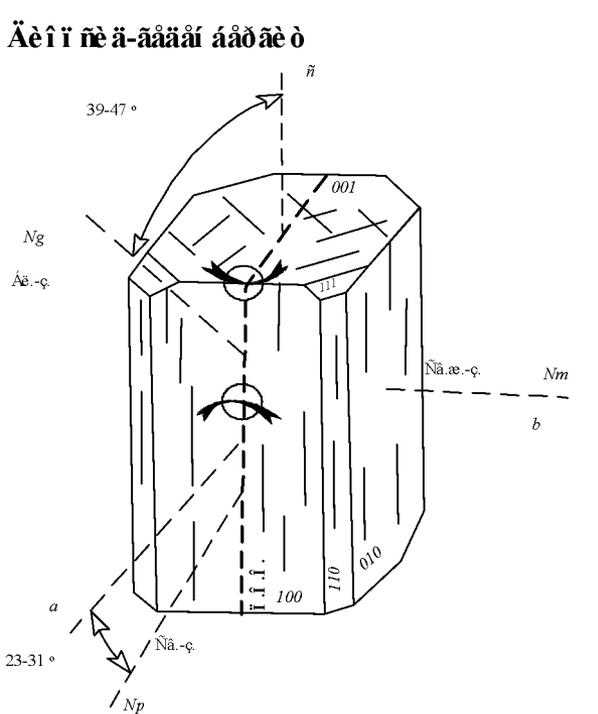
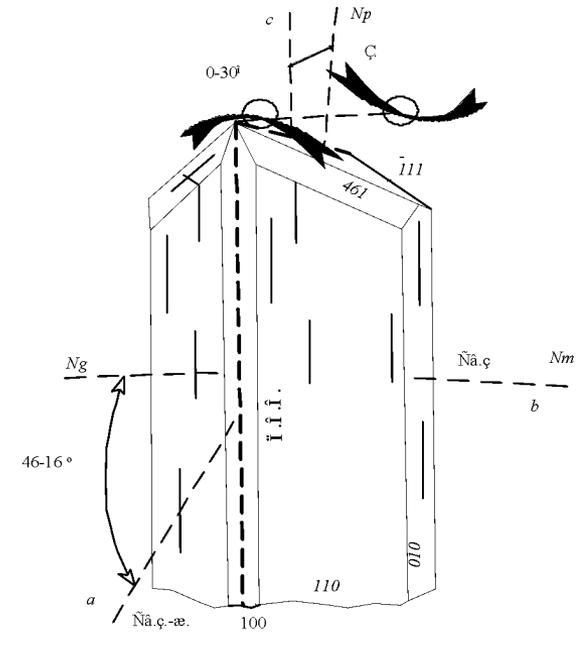
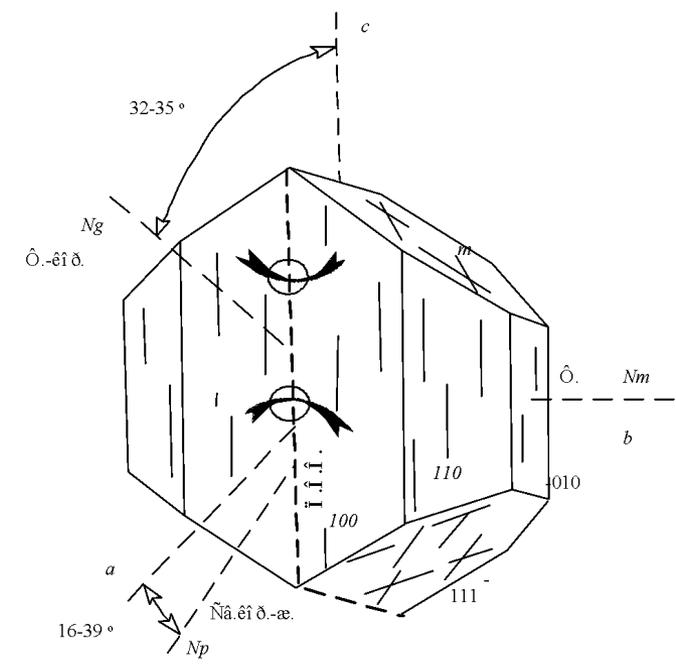
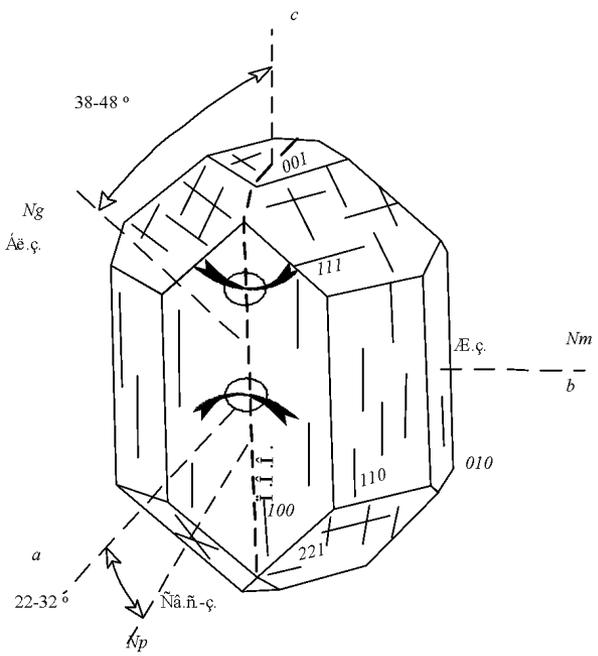


Клинопироксен  
(Ca-Cpx)



Клинопироксен  
(Mg-Cpx)

# Клинопироксены

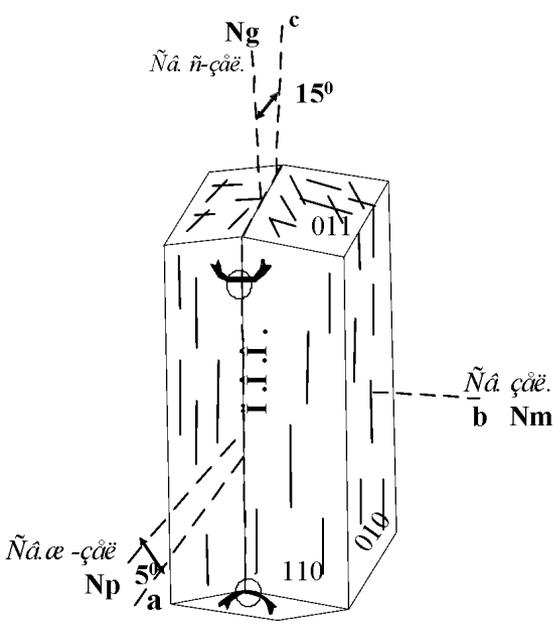


Аааеò

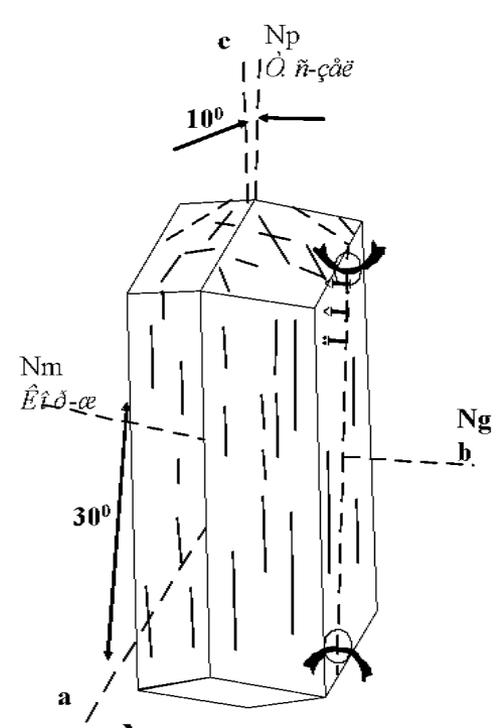
Òèòàí аааеò

Ýаеòèí

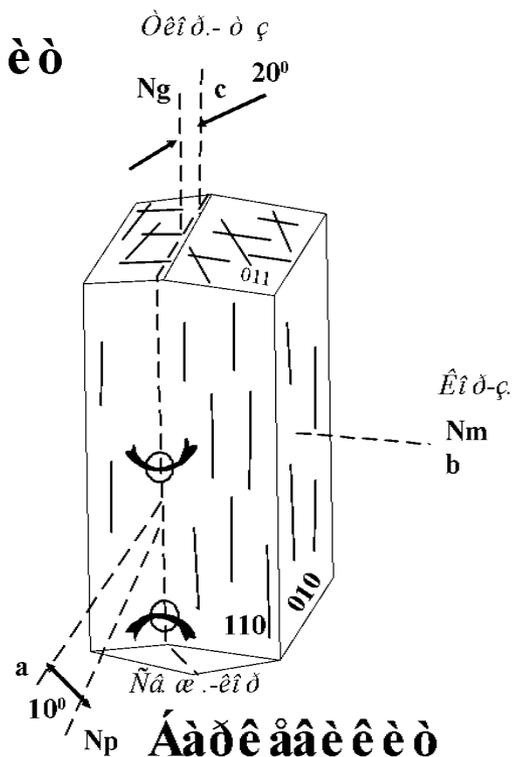
# Амфиболы



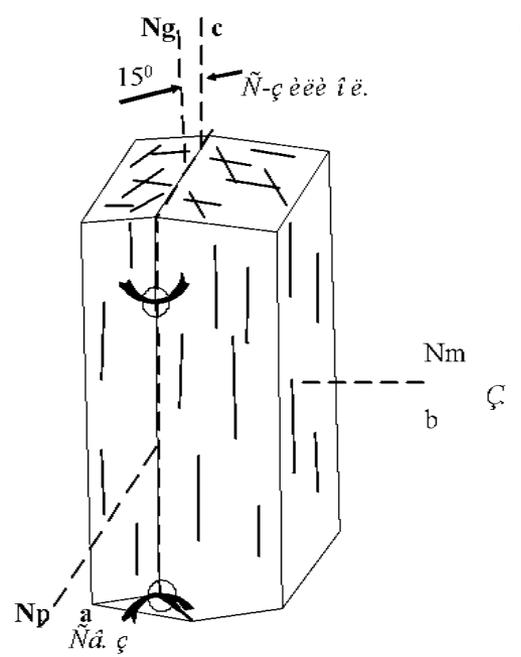
**Àèòèí î è è ò**



**Àõ ô â ä ä ñ î í è ò**

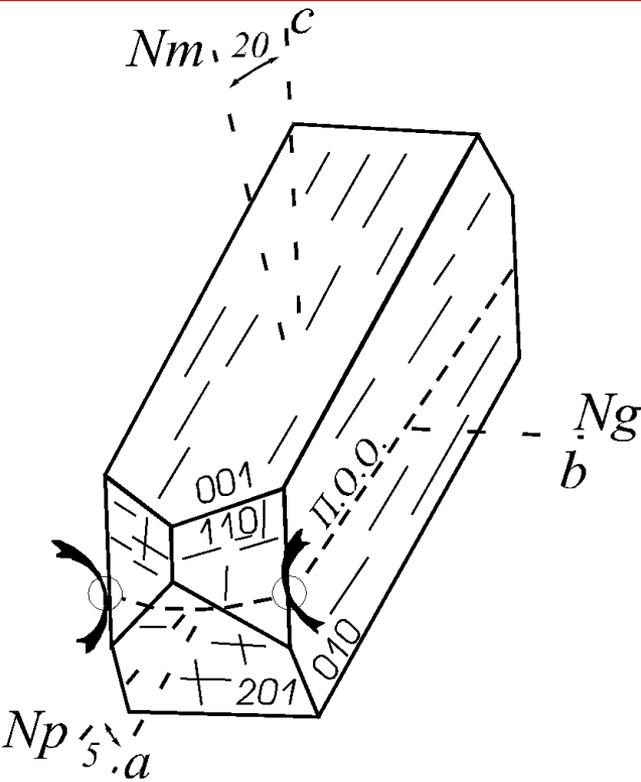


**Àà ð ê â â è è è ò**

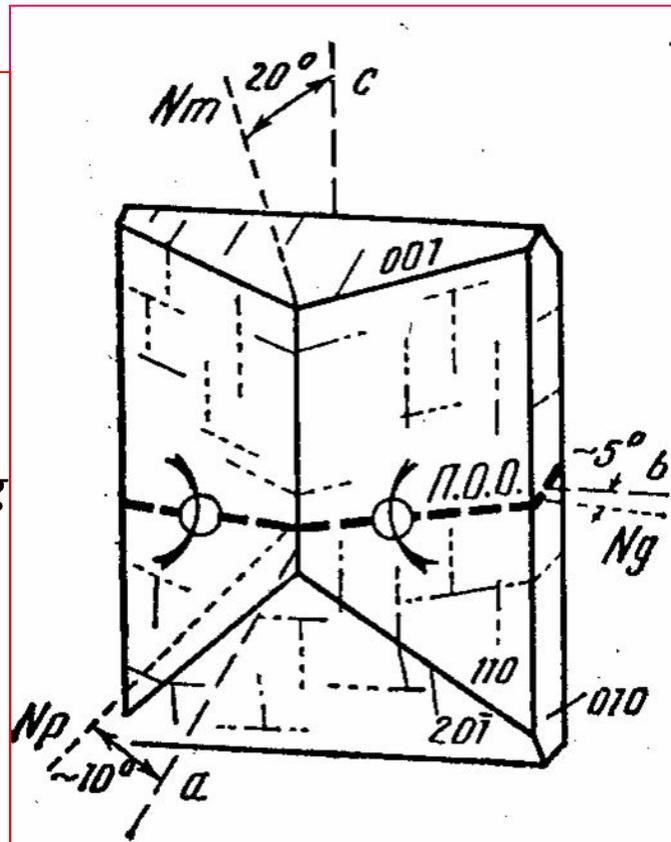


**Ðî â î â ä ÿ î â î à í è à**

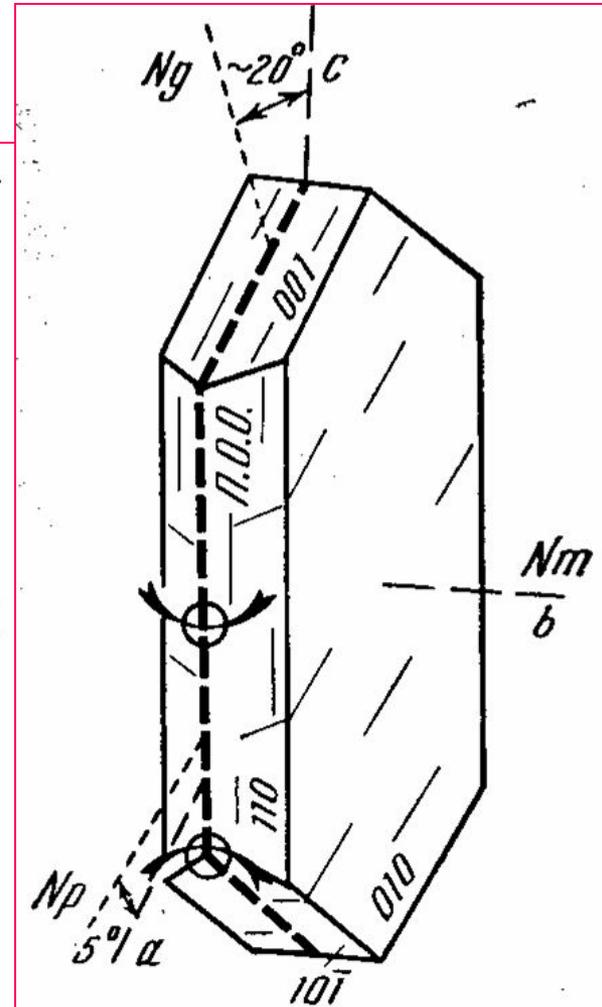
# Калиевые полевые шпаты



Ортоклаз

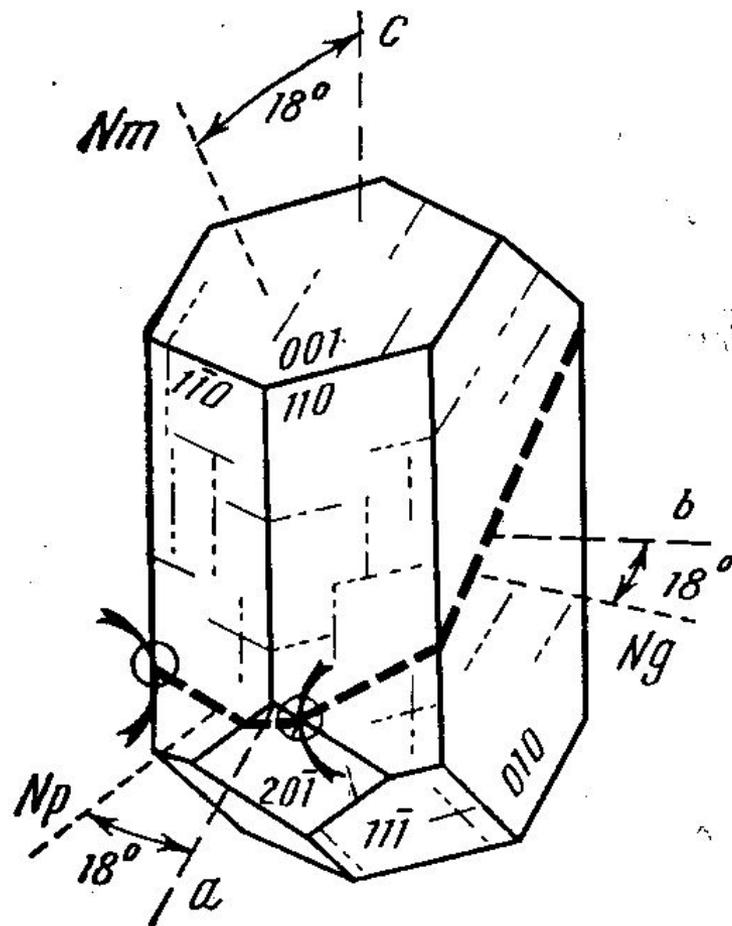


230. Анортоклаз

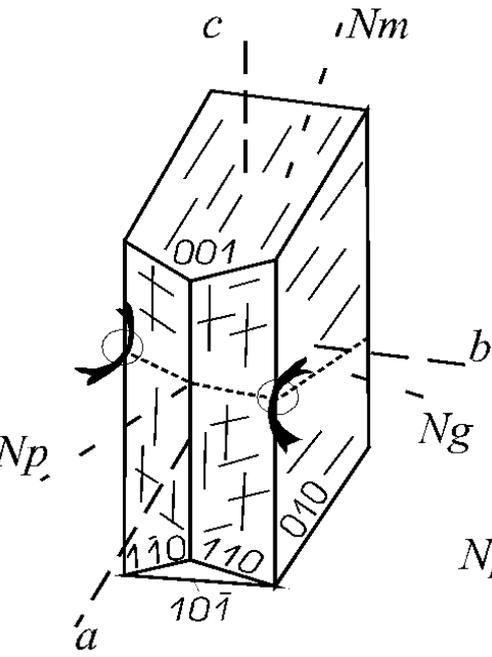


229. Санидин

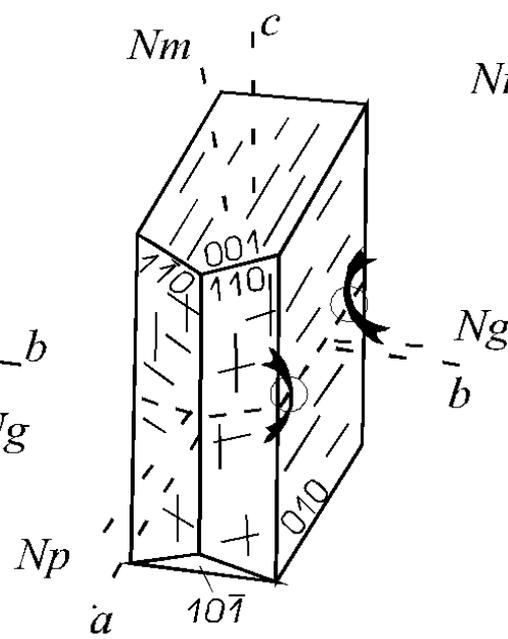
# Триклинная



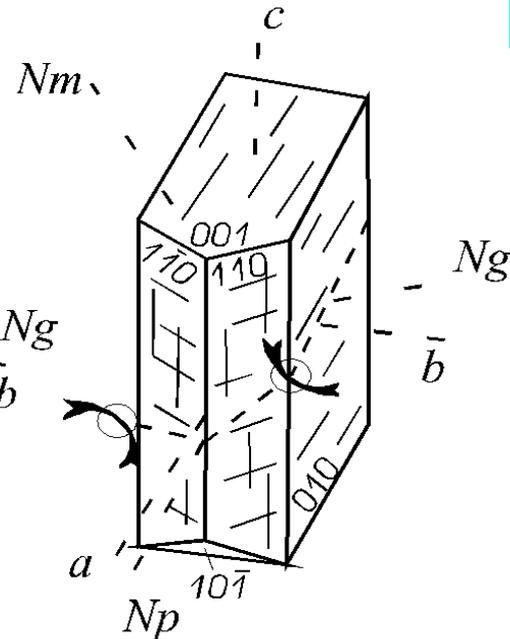
233. Микроклин



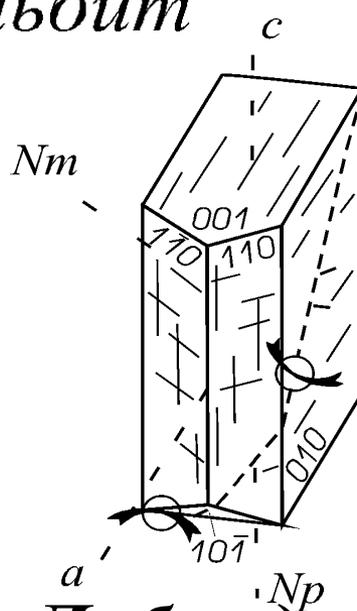
Альбит



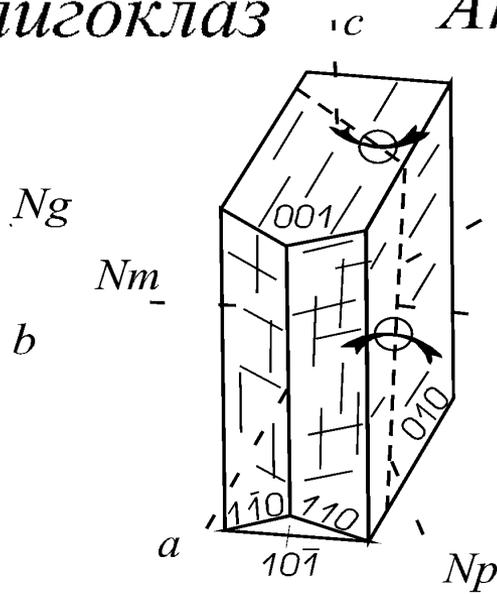
Олигоклаз



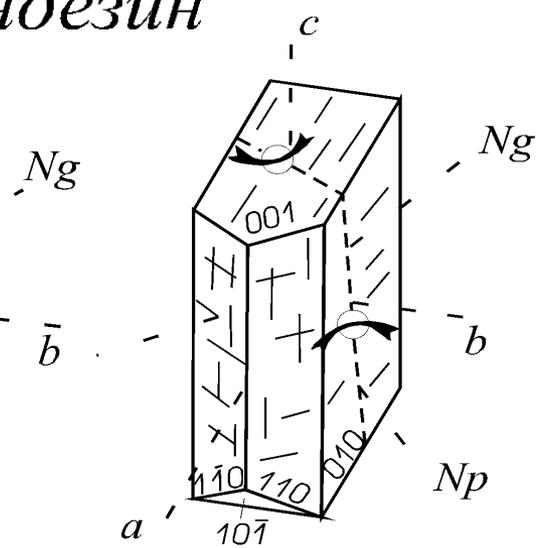
Андезин



Лабрадор



Битовнит



Анортит

# Прохождение света в системе Поляризатор – кристалл – анализатор

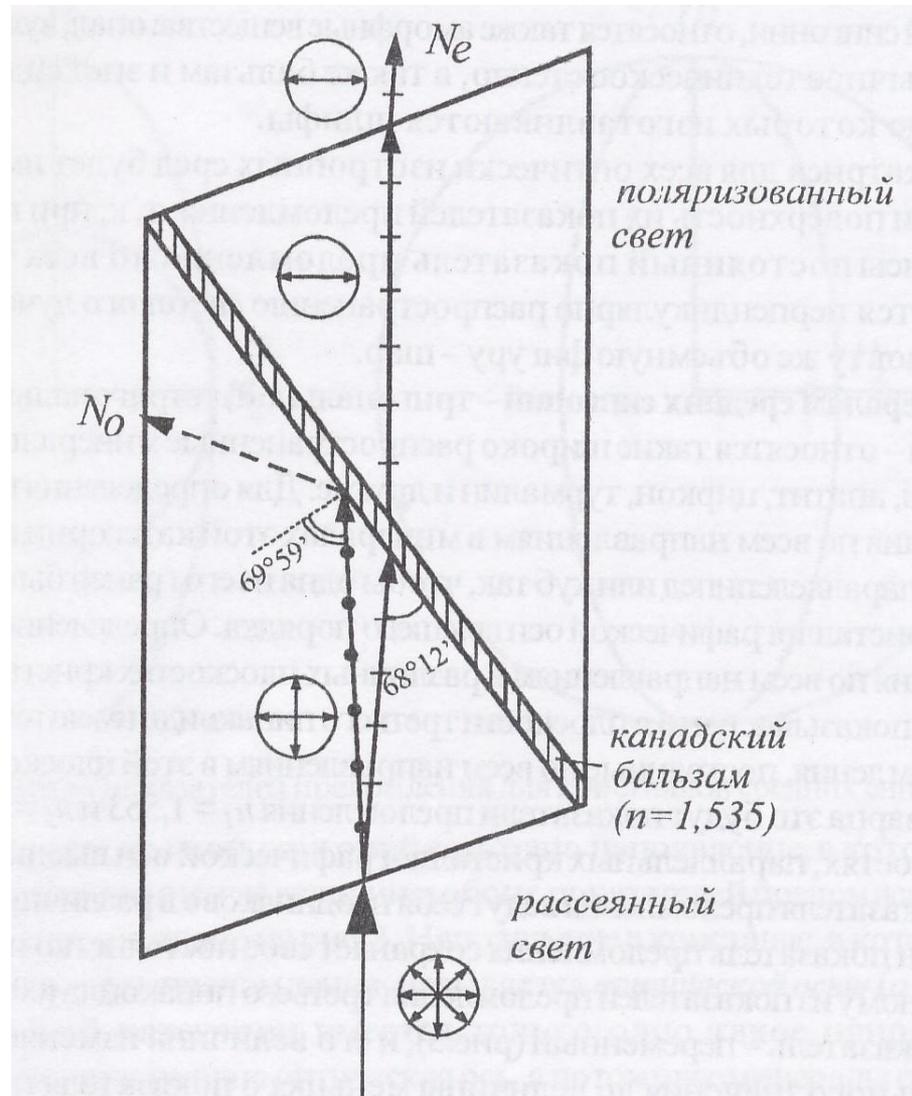
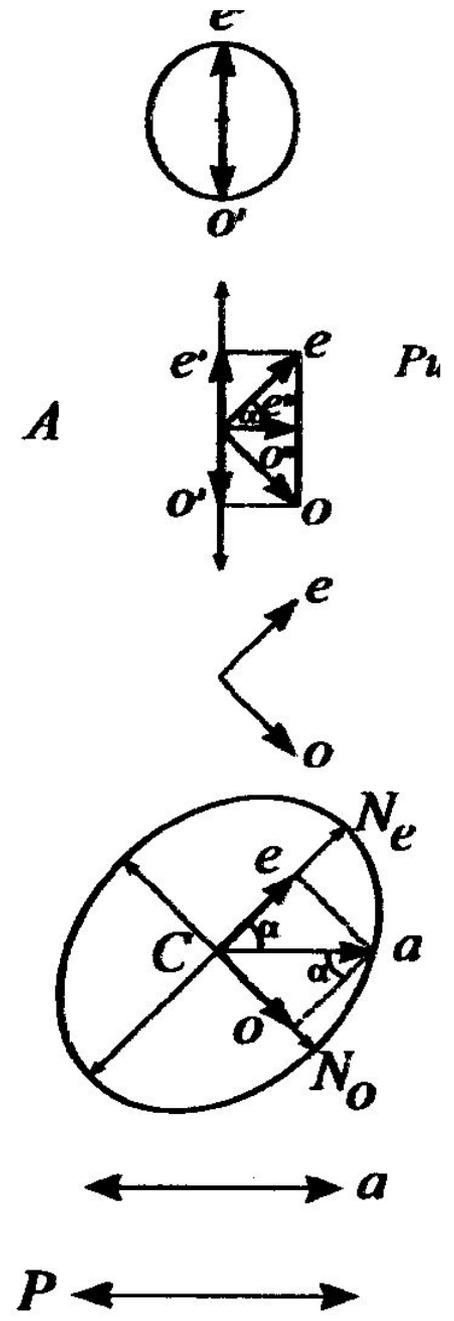
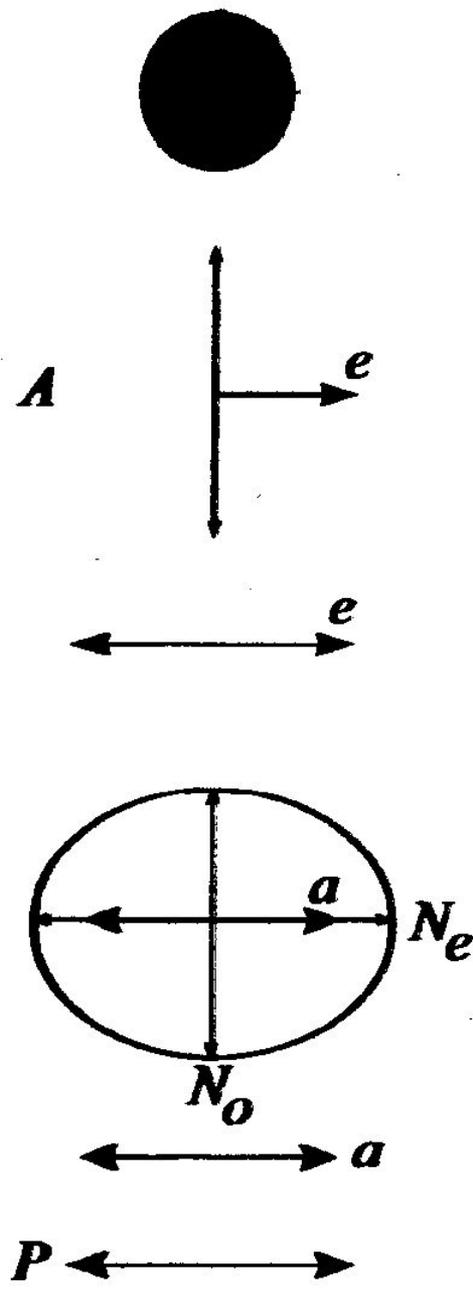


Рис. 2. Схема прохождения света через призму Николя.



# Типы погасания минералов



## Типы погасания минералов

**Угол погасания** – угол между кристаллографическими элементами (трещинами спайности и отдельности, гранями кристаллов) и осями индикатрисы ( $N_g$ ,  $N_m$ ,  $N_p$ ). Этот параметр характеризует ориентировку оптического эллипсоида в кристаллах. Различают три типа углов погасания: прямой, косой и симметричный.

**Прямое погасание.** Когда оси индикатрисы кристалла совпадают с кристаллографическими элементами, угол погасания равен 0. Этот тип погасания характерен для кристаллов средних сингоний, ромбической сингонии и моноклинной сингонии, где одно из кристаллографических направлений совпадает с одной из осей эллипсоида.

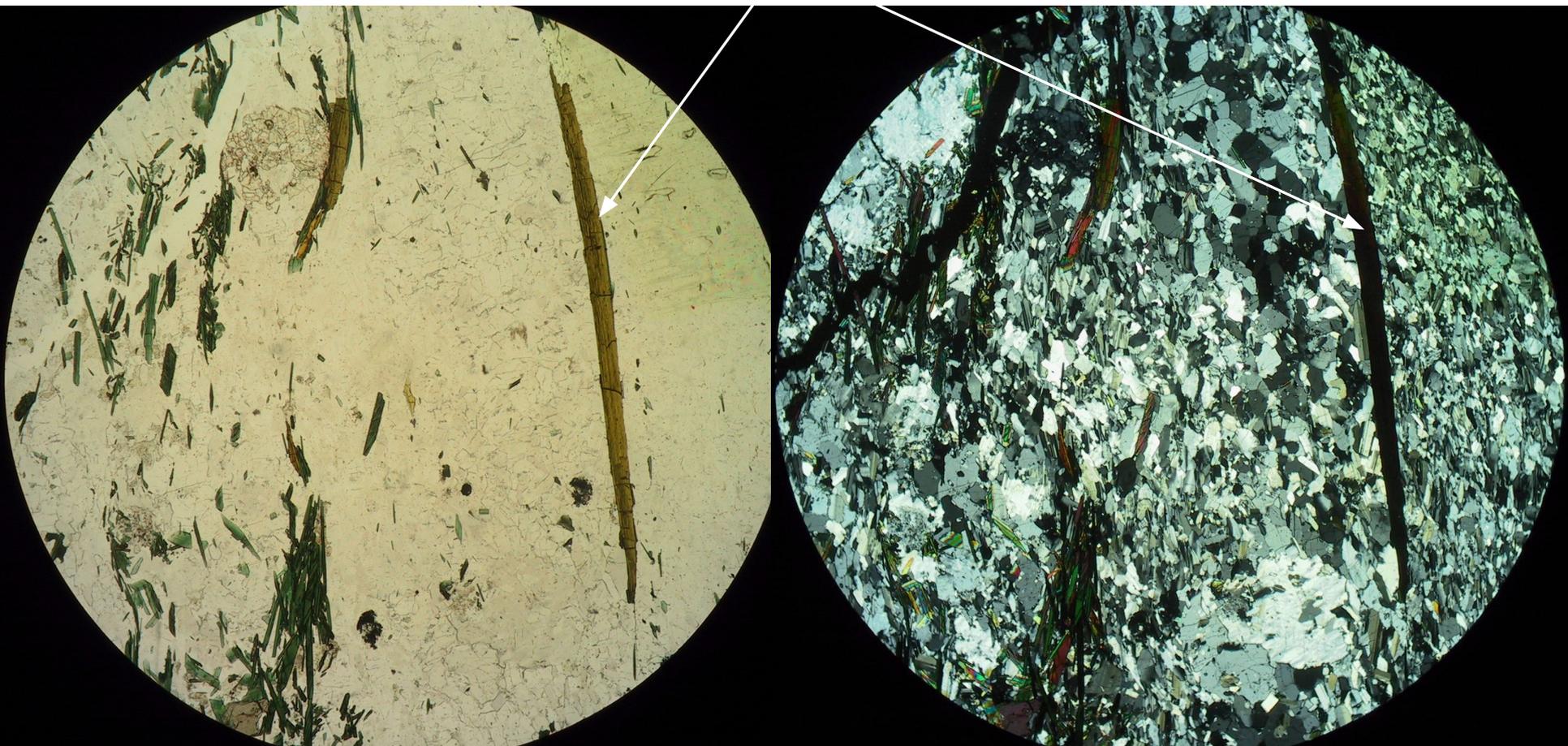
**Косое погасание.** Оси индикатрисы не совпадают с кристаллографическими направлениями. Косое погасание наблюдается у кристаллов триклинной и моноклинной сингоний.

**Симметричный погасание.** Ось индикатрисы делит угол между трещинами спайности пополам. Симметричное погасание может наблюдаться для индивидов двойников, относительно плоскости срастания.

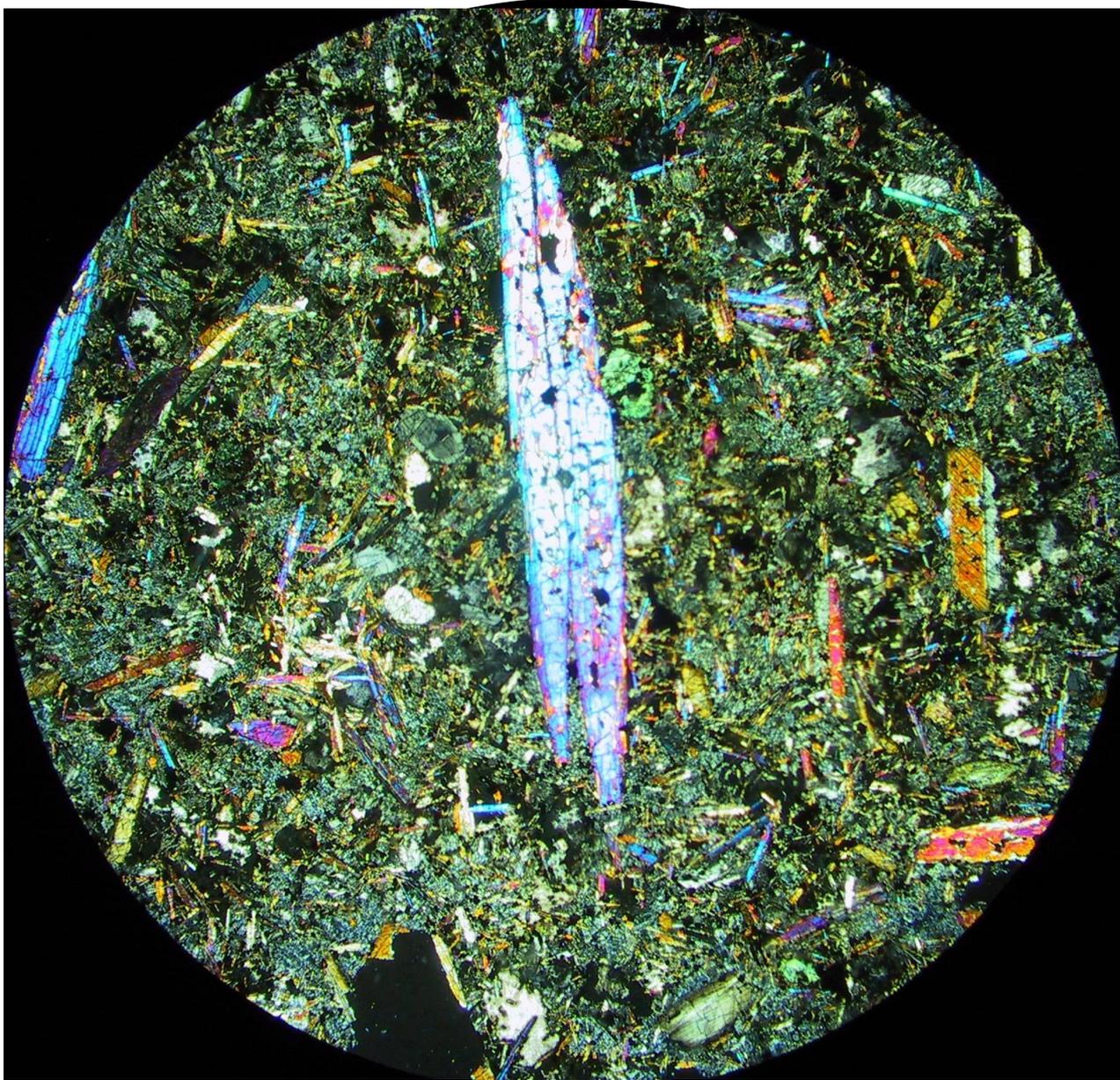
# Типы погасания минералов

## Равномерные

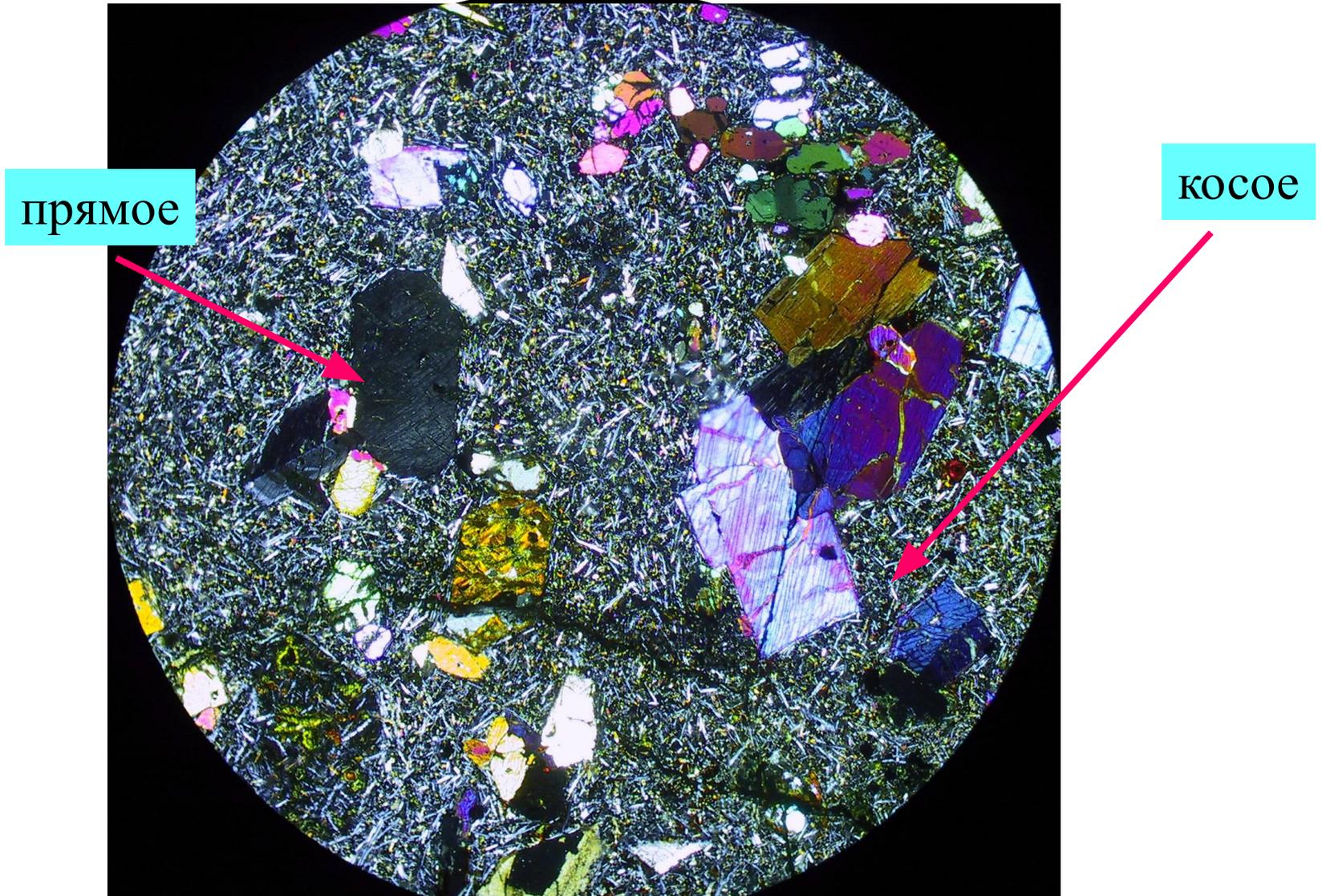
Прямое погасание у кристаллов астрофиллита.



# Косое погасание у кристалла авгита

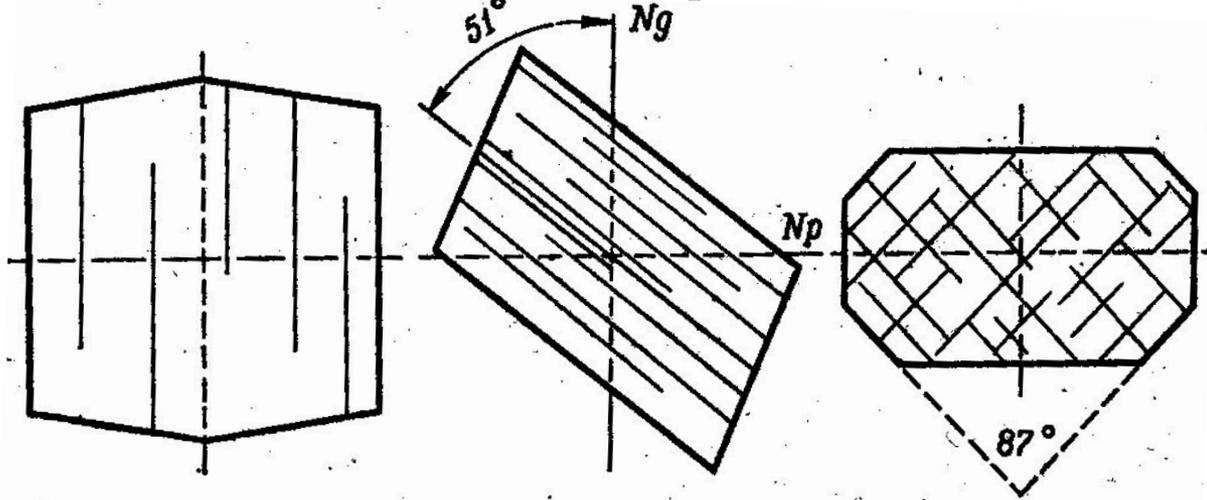


У кристаллов моноклинной сингонии, в частности у моноклинных пироксенов, может наблюдаться как косое (в большинстве сечений), так и прямое (сечения с одной спайностью, содержащие ось  $Nm$ ) погасания.



У кристаллов моноклинной сингонии, в частности у моноклинных пироксенов и амфиболов, может наблюдаться как косое (в большинстве сечений), так и прямое (сечения с одной спайностью, содержащие ось Nm) погасания.

**клинопироксены**



*Разрез по (100)*

*Разрез по (010)*

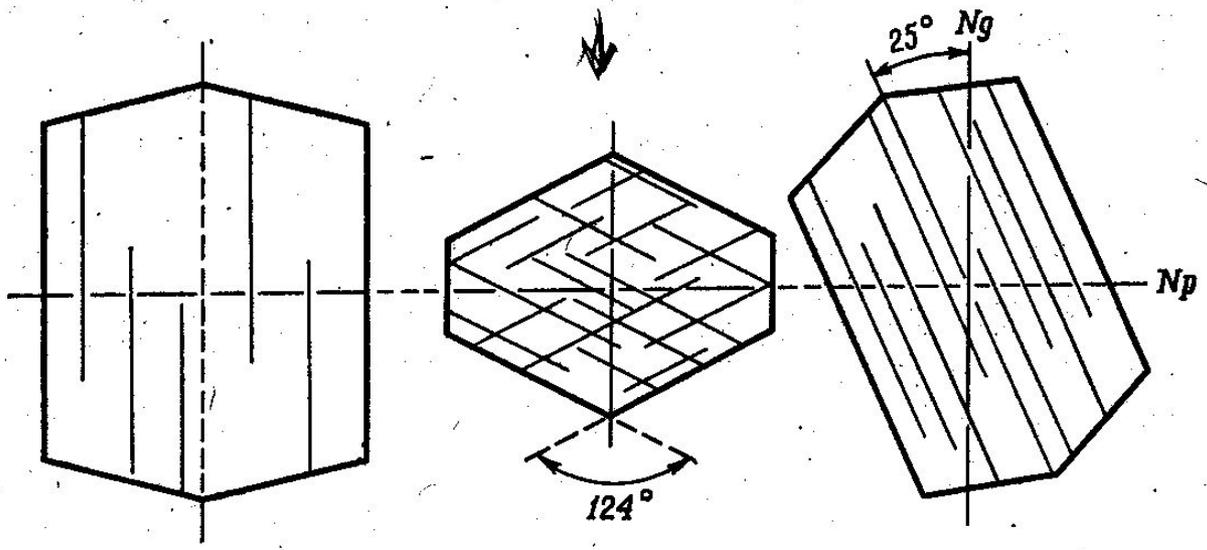
*Базальный разрез*

Прямое погасание

Косое погасание

Симметричное погасание

**клиноамфиболы**

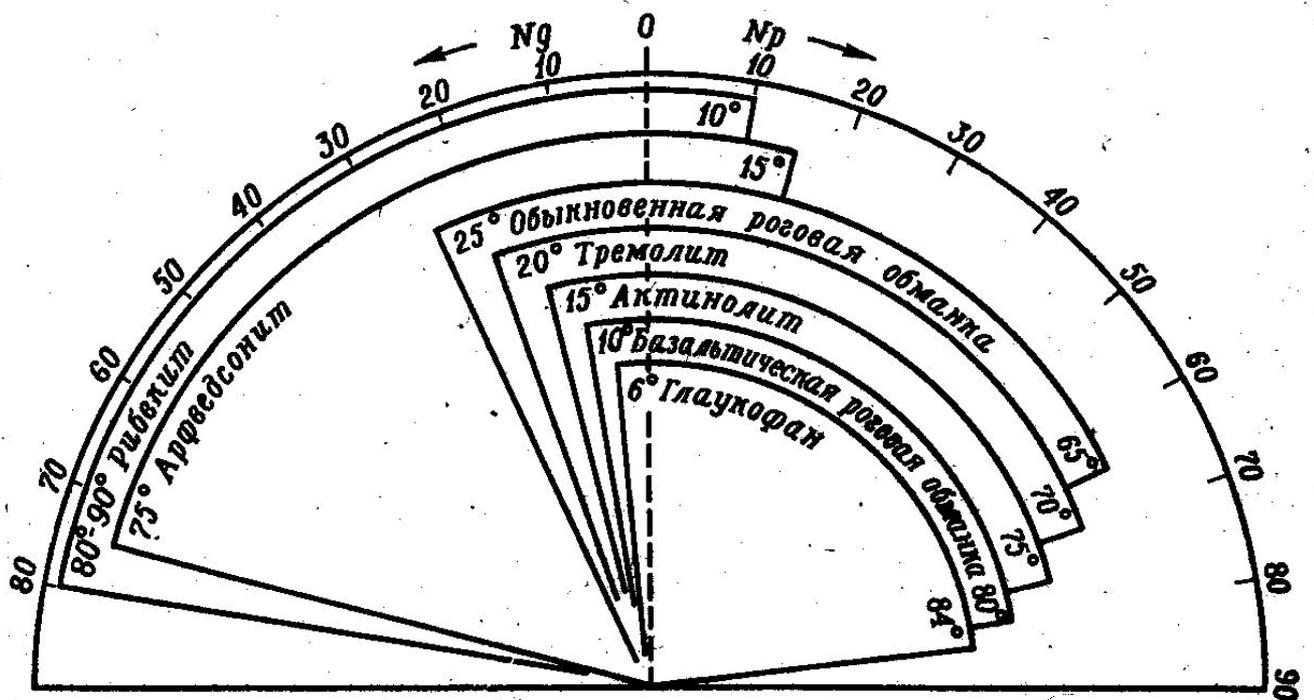
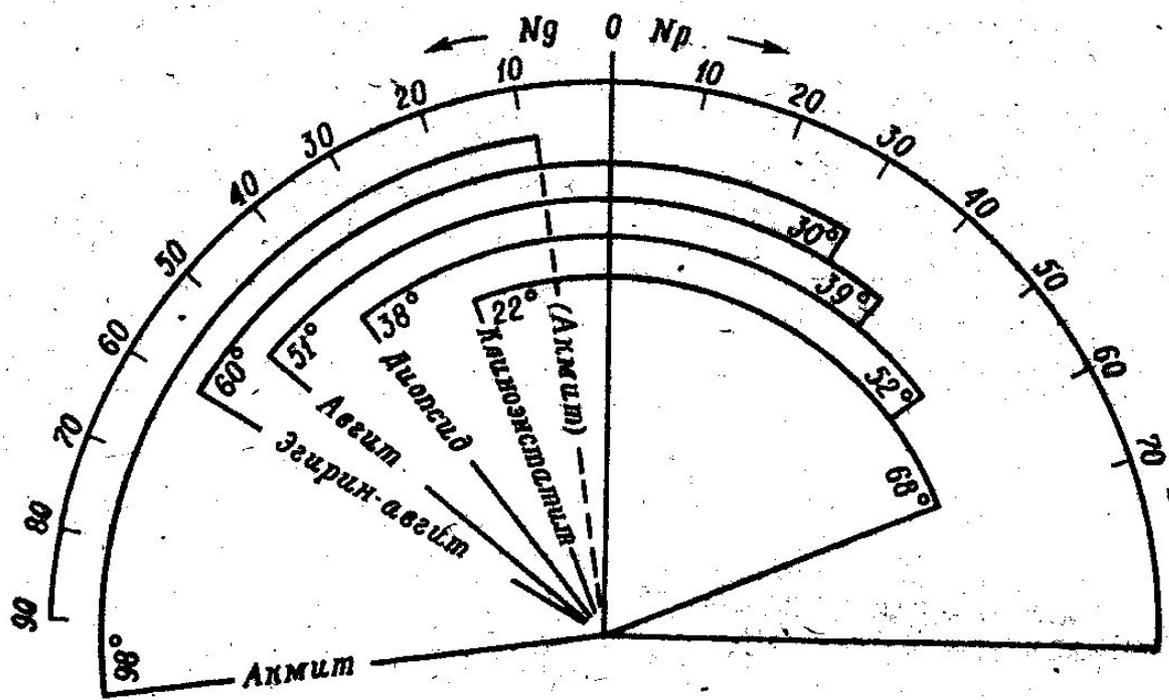


*Разрез по (100)*  
*Погасание прямое*

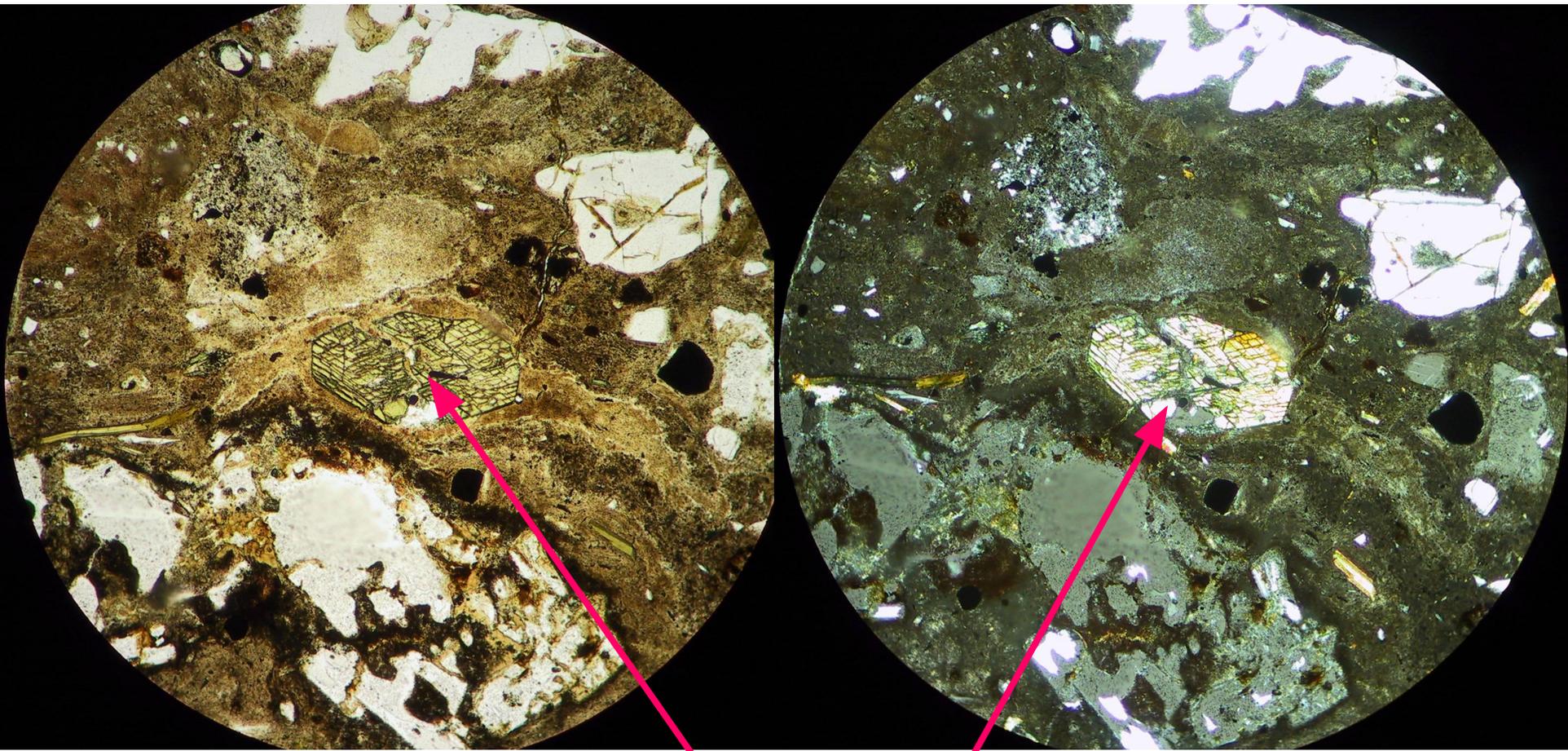
*Базальный разрез*  
*Погасание симметричное*

*Разрез по (010)*  
*Погасание косое*

клинных пироксенов и  
 олов, угол погасания  
 функция их состава

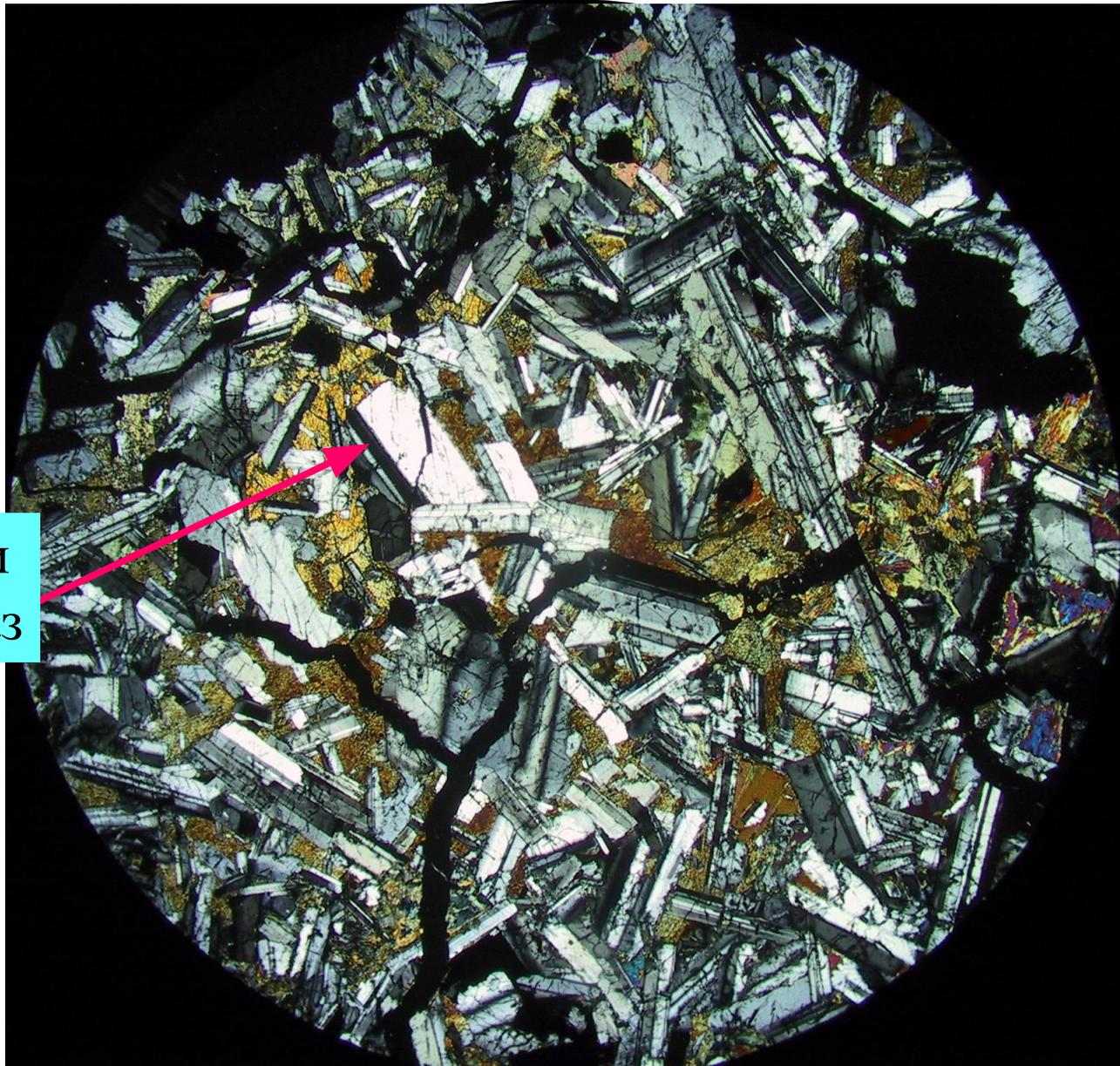


Симметричное погасание.



Роговая обманка

Неравномерные типы погасания.  
Закономерные – двойниковые.

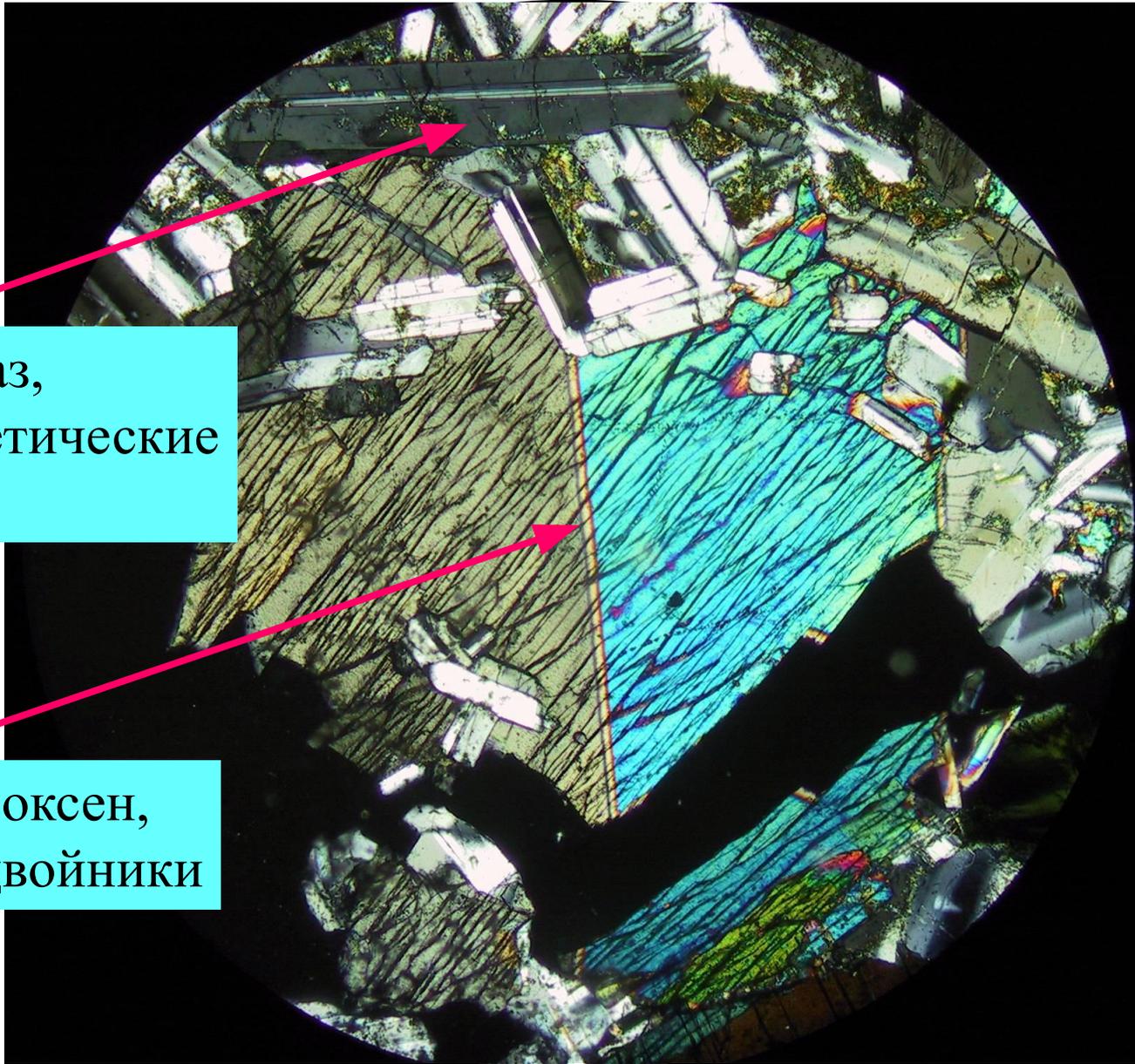


Двойники  
плаггиоклаз

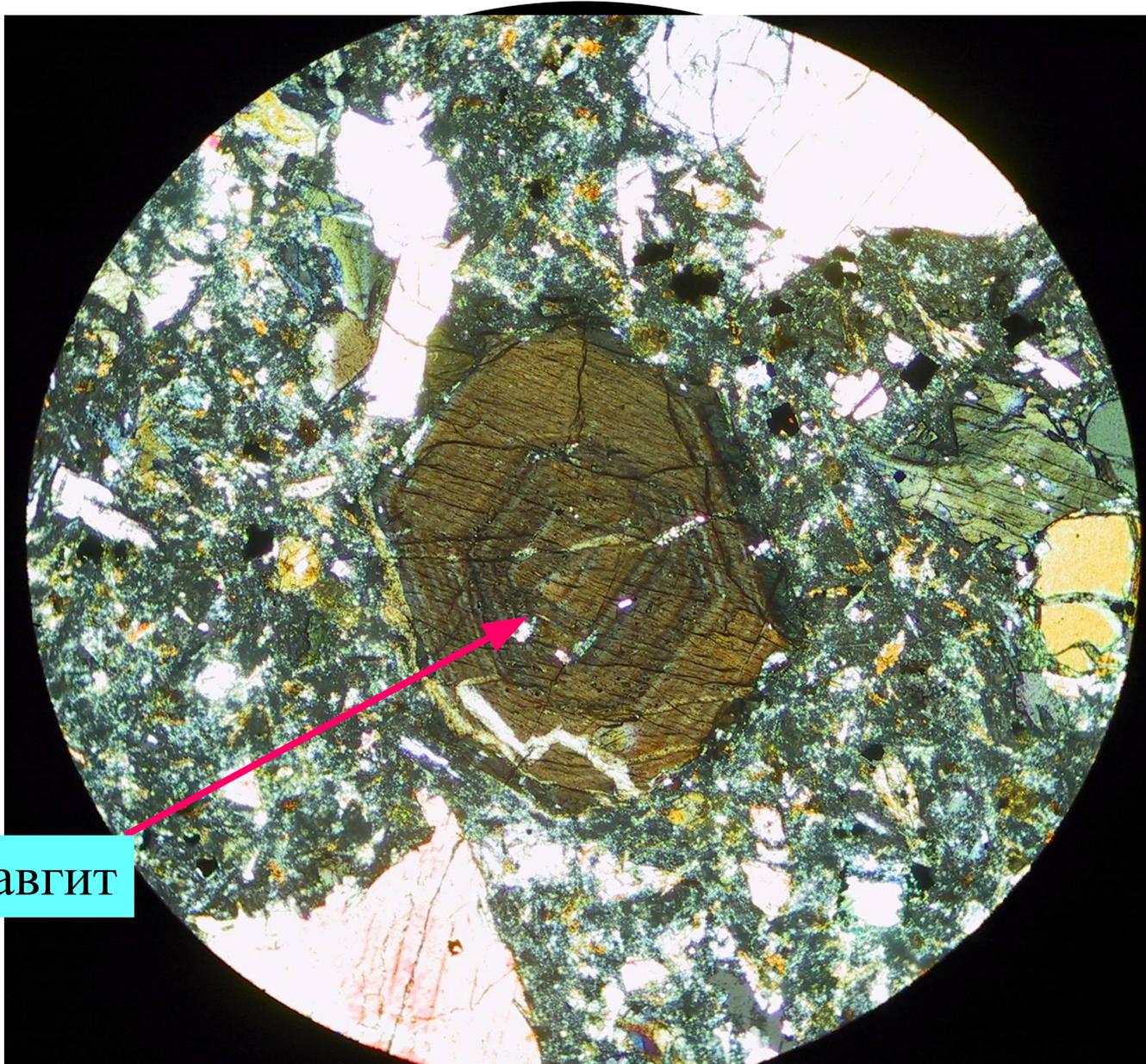
Косое, двойниковое

Плагиоклаз,  
полисинтетические  
двойники

Клинопироксен,  
простые двойники

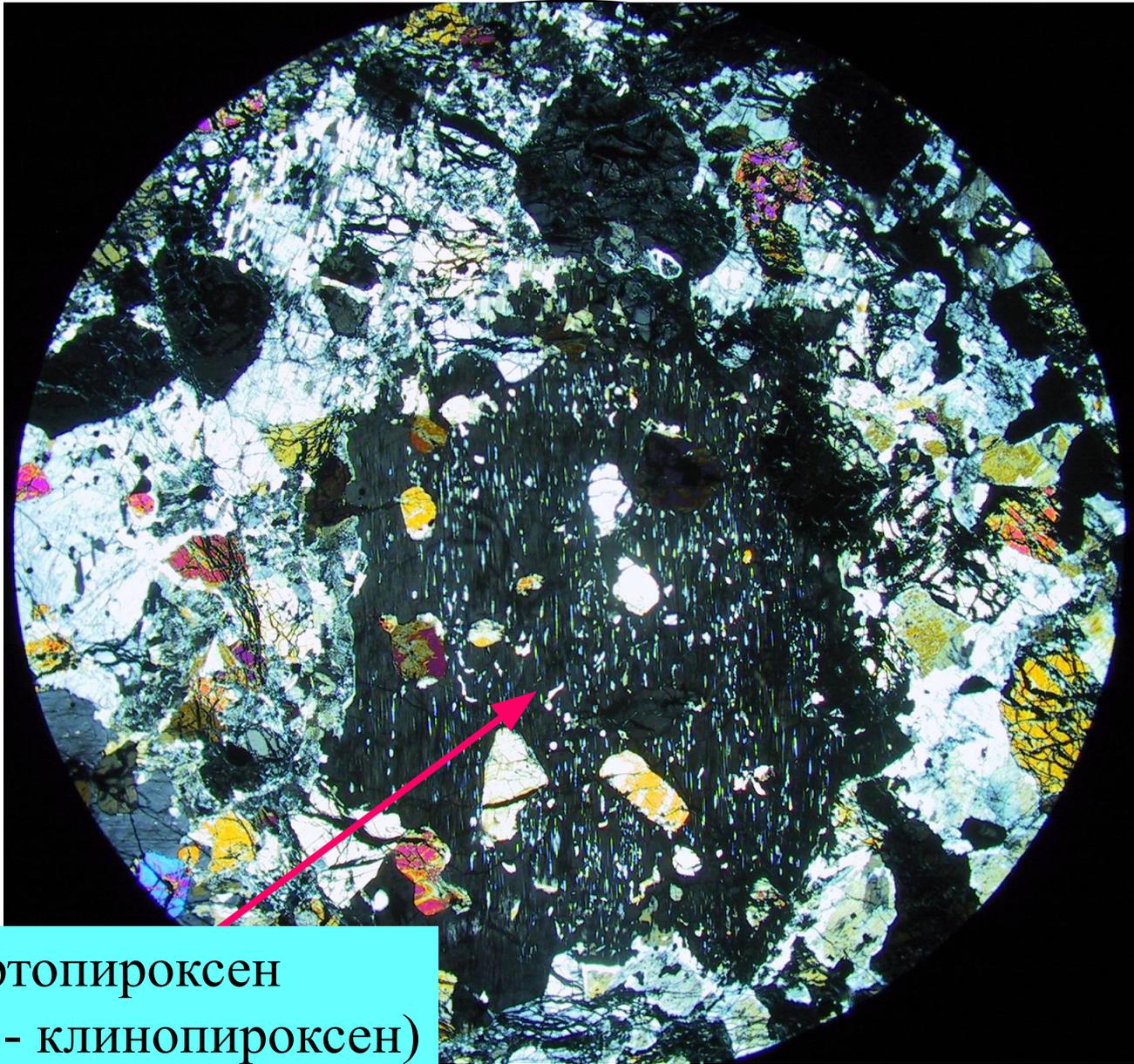


# Косое, зональное погасание



авгит

# Распад твердых растворов

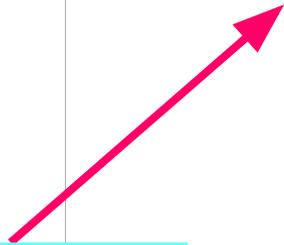


Ортопироксен  
(ламели - клинопироксен)

# Неравномерное, незаконномерное, агрегатное погасание

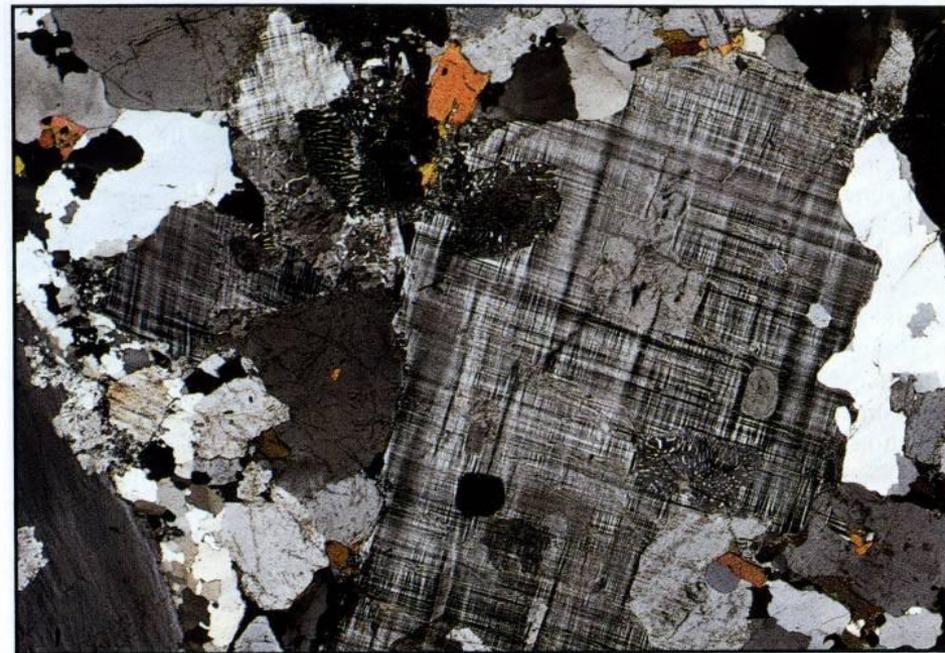


микроклин

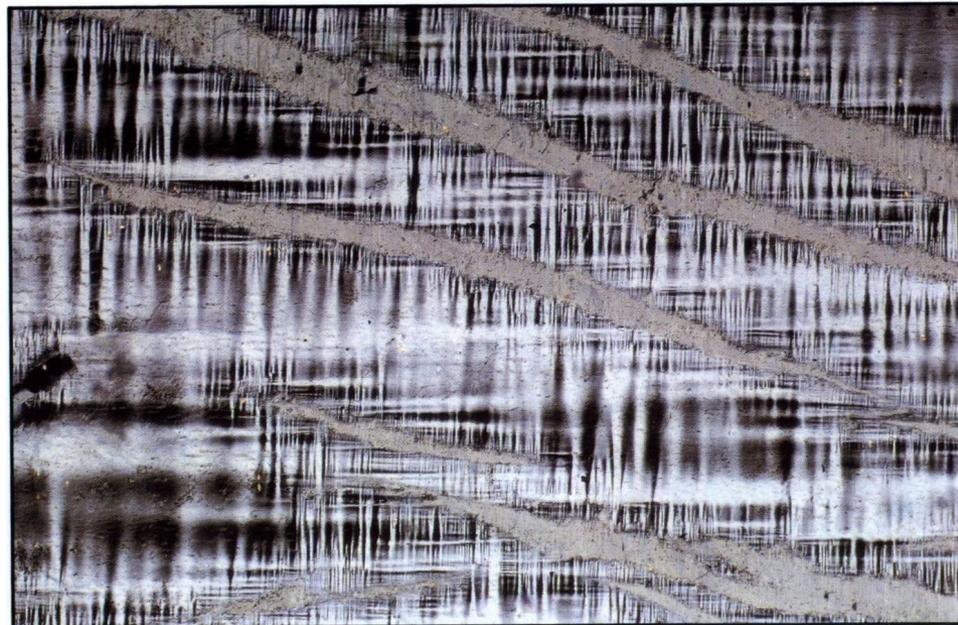


# Неравномерное, незакономерное, агрегатное погасание

микроклин



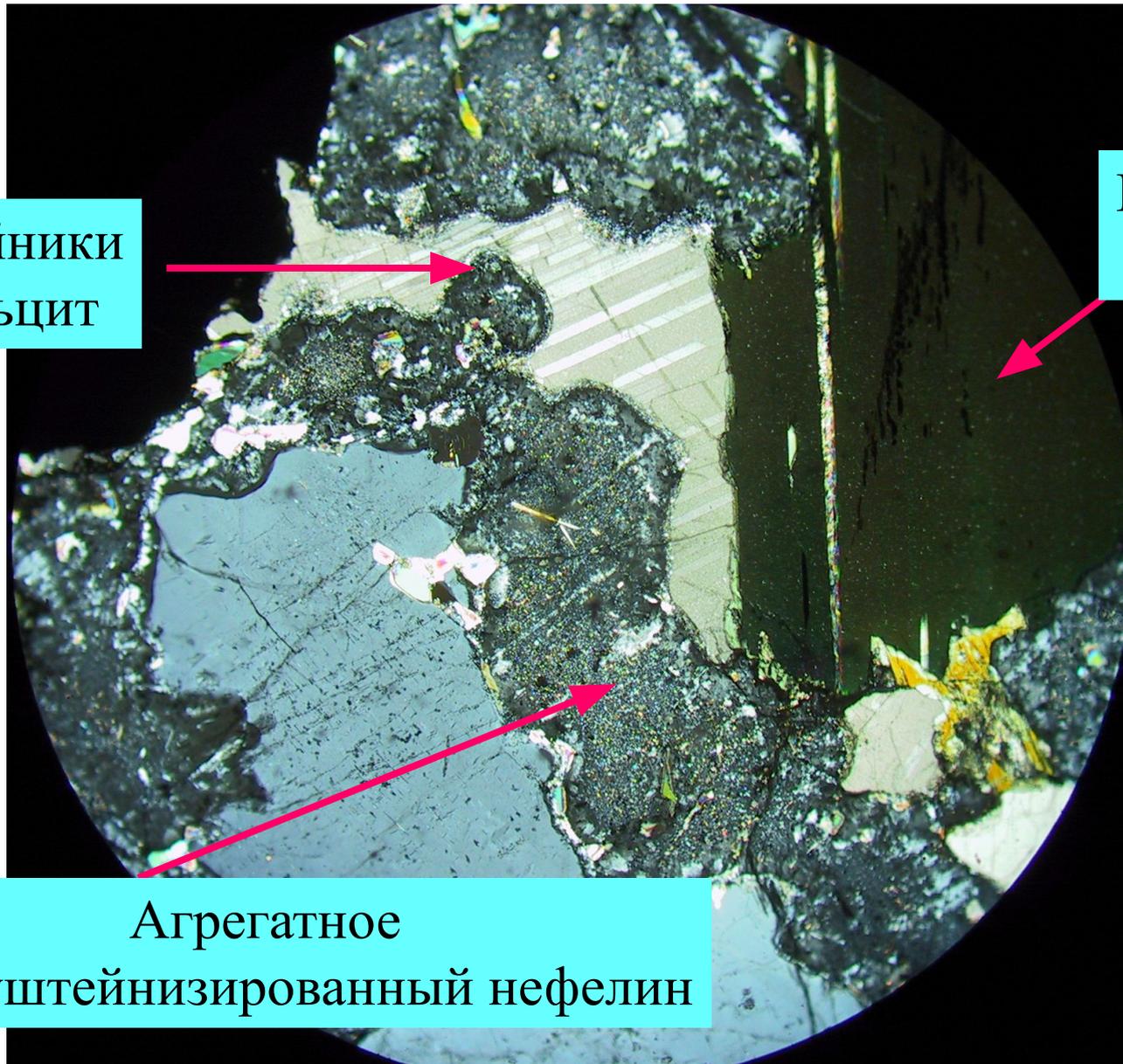
Микроклин с пертитами



# Агрегатное погасание

Двойники  
кальцит

Прямое  
биотит

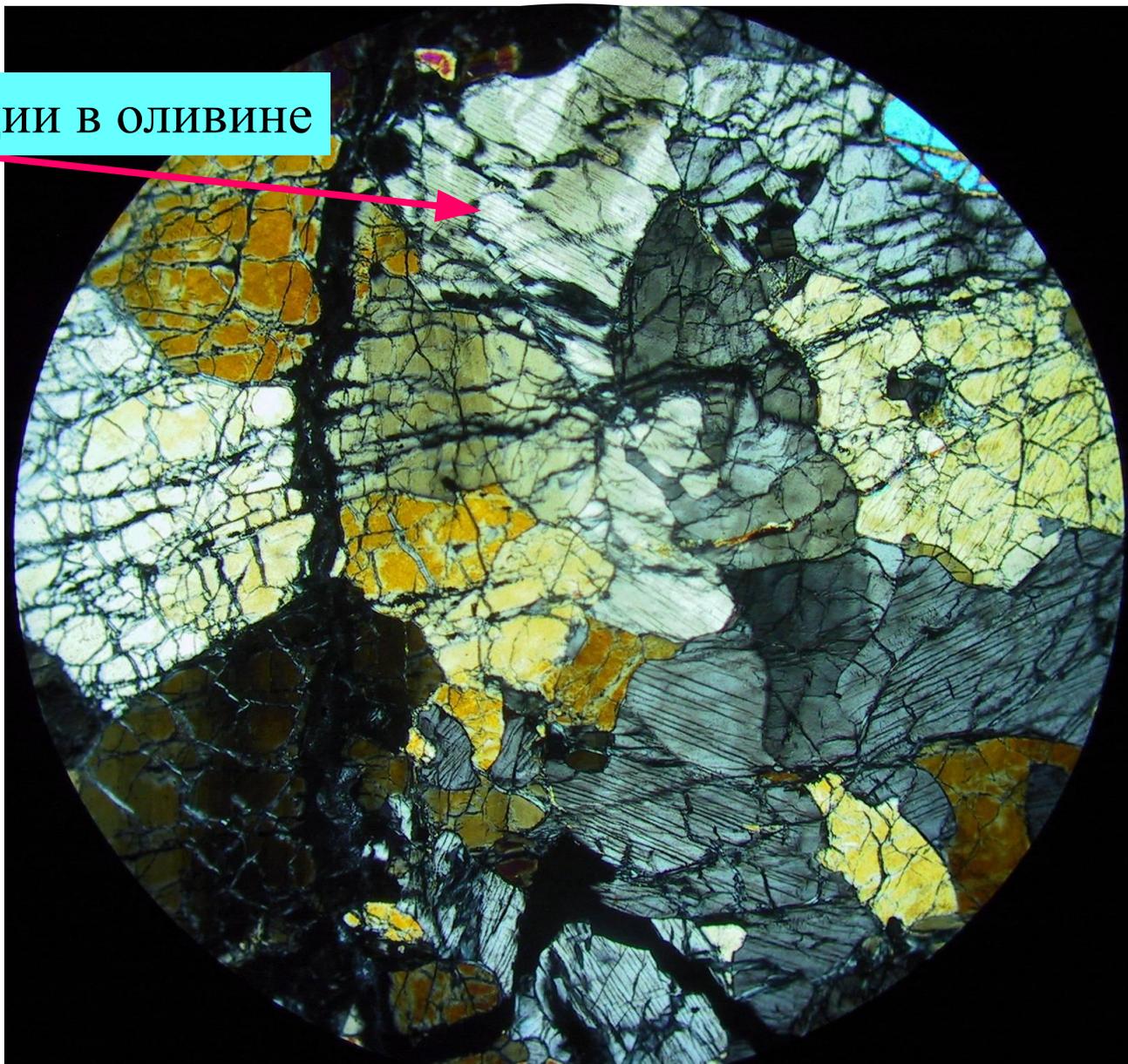


Агрегатное

Шпреуштейнизированный нефелин

# Волнистое и облачное погасание

Деформации в оливине

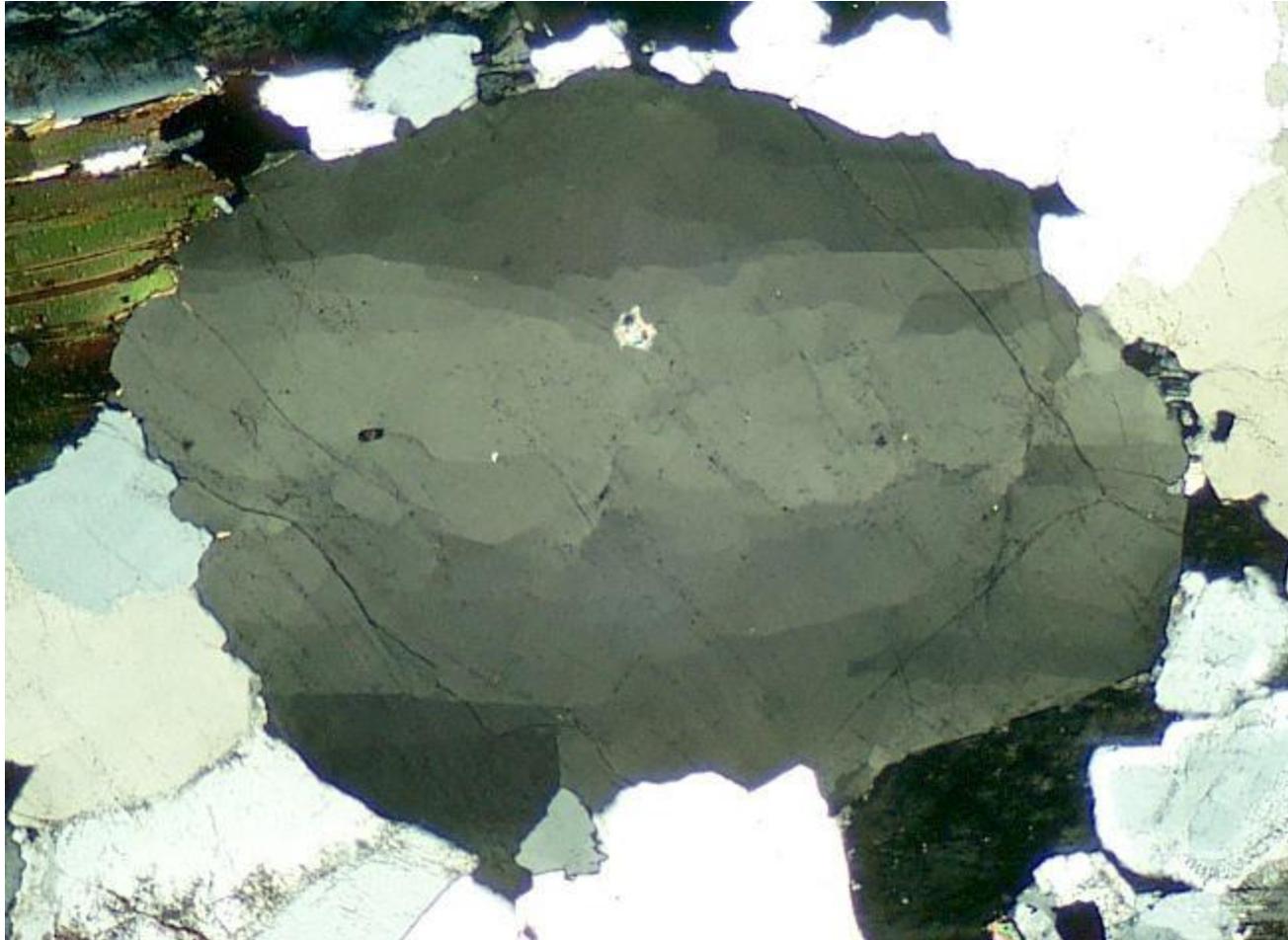


# Облачное погасание в кварце из гранитов.

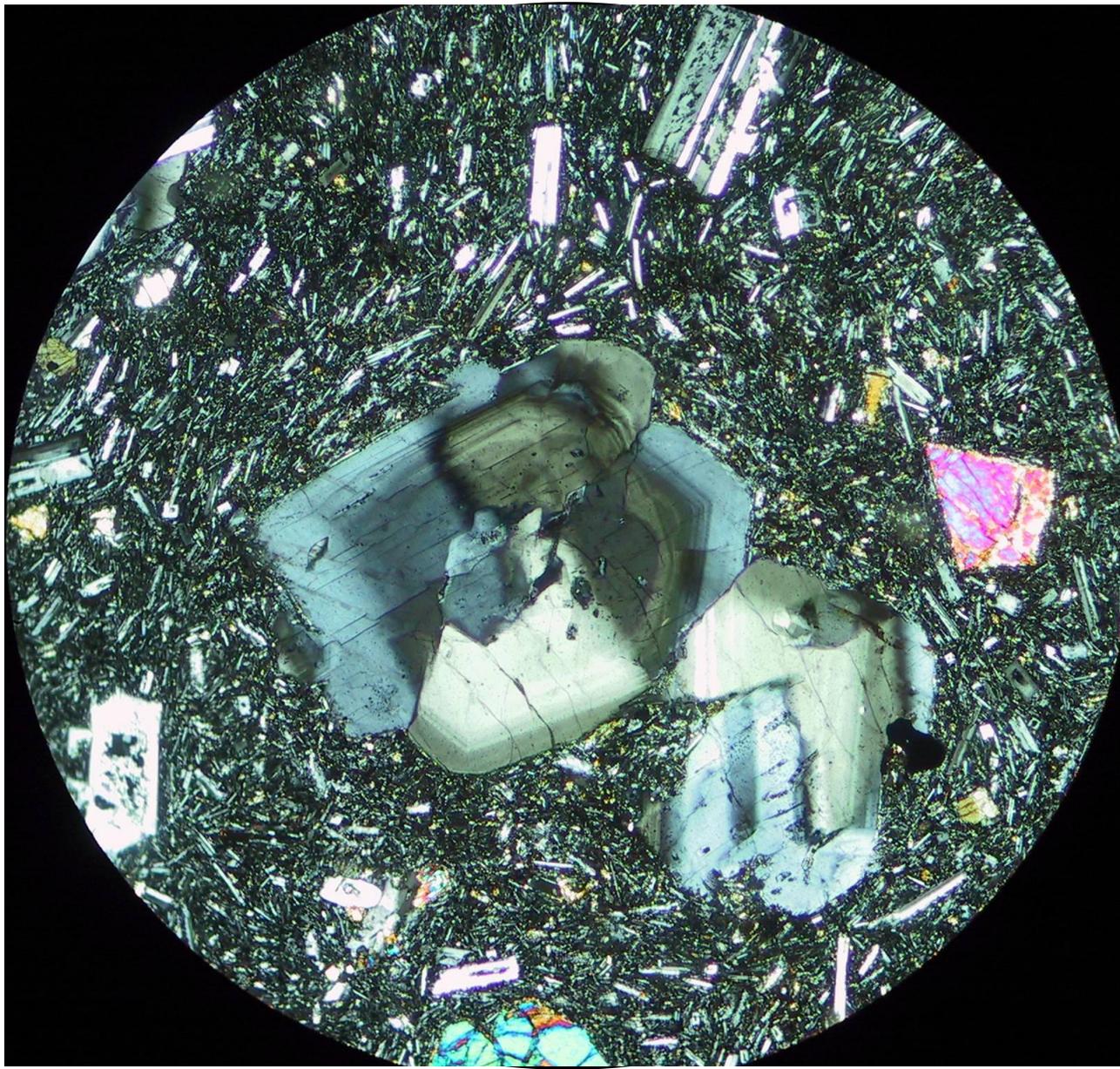
Слева проходящий свет, справа николи скрещены.



# Облачное погасание в кварце из гранитов.



# Зональное погасание плагиоклаза



Секториальное погасание (структура «песочных часов»,  
моноклинный пироксен – авгит

