

Лекция 9

Изучение горных пород под микроскопом.

ПЕТРОГРАФИЯ

СТ. ПРЕПОДАВАТЕЛЬ КАФЕДРЫ ГРМПИ

ЛИ ЕЛЕНА СЕРГЕЕВНА

План лекции

- ▶ Трещины катаклаза, отдельности, спайности.
- ▶ Свойства обусловленные относительным показателем преломления
- ▶ Полоска Бекке
- ▶ Свойства минералов, определяемые в скрещенных николях
- ▶ Изотропность
- ▶ Величина двойного лучепреломления
- ▶ Интерференционная окраска

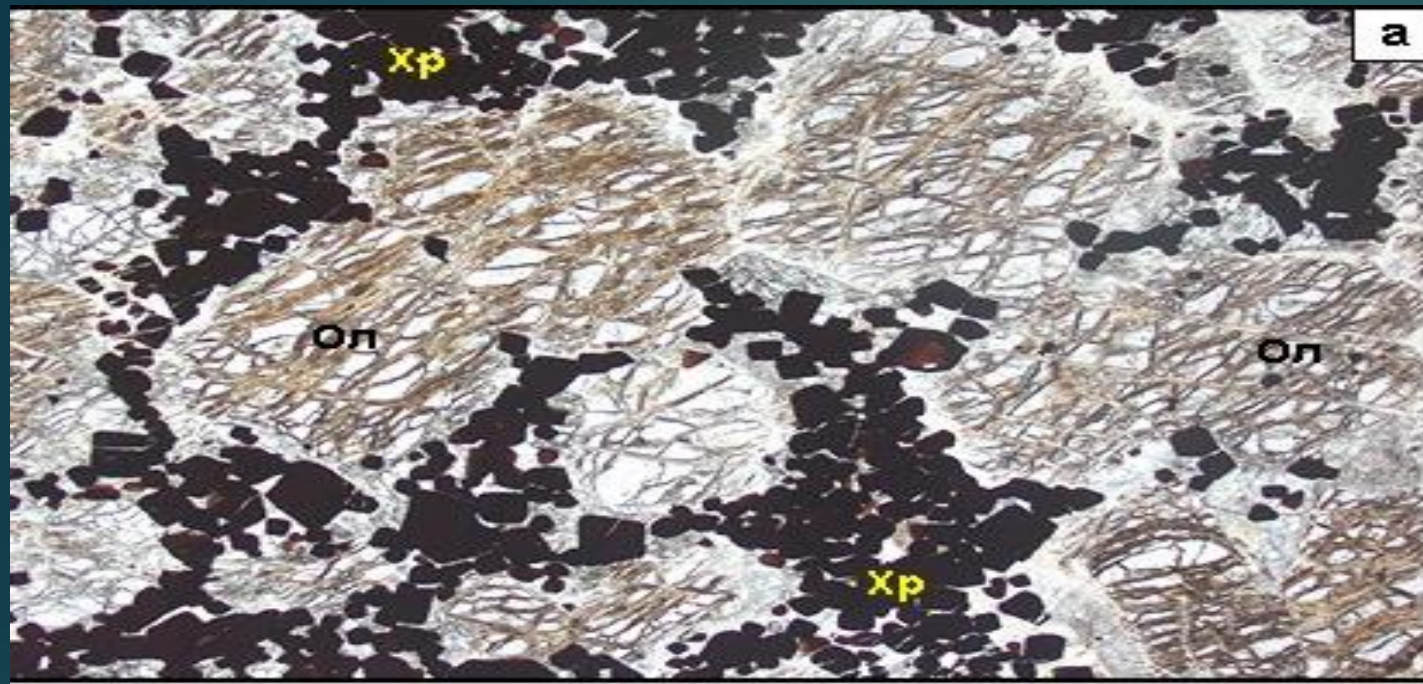
Трещины катаклаза, отдельности, спайности. Определение угла между направлениями спайности

Трещины катаклаза – прерывистые, извилистые линии, имеющие случайный характер.

Отдельность – трещины, характеризующиеся невыдержанностью и субпараллельным расположением относительно друг друга. Пример апатит, турмалин.

Спайность выражается в закономерной системе трещин параллельных друг другу. У минералов с весьма совершенной спайностью тонкие трещины идут через весь кристалл (слюды), минералы с совершенной спайностью характеризуются общим параллельным расположением трещин, но последние прерывисты. Несовершенная спайность характеризуется отсутствием строгой параллельности. Трещины спайности могут быть развиты по одной (слюды), двум (амфиболы, пироксены) и более плоскостям (карбонаты).

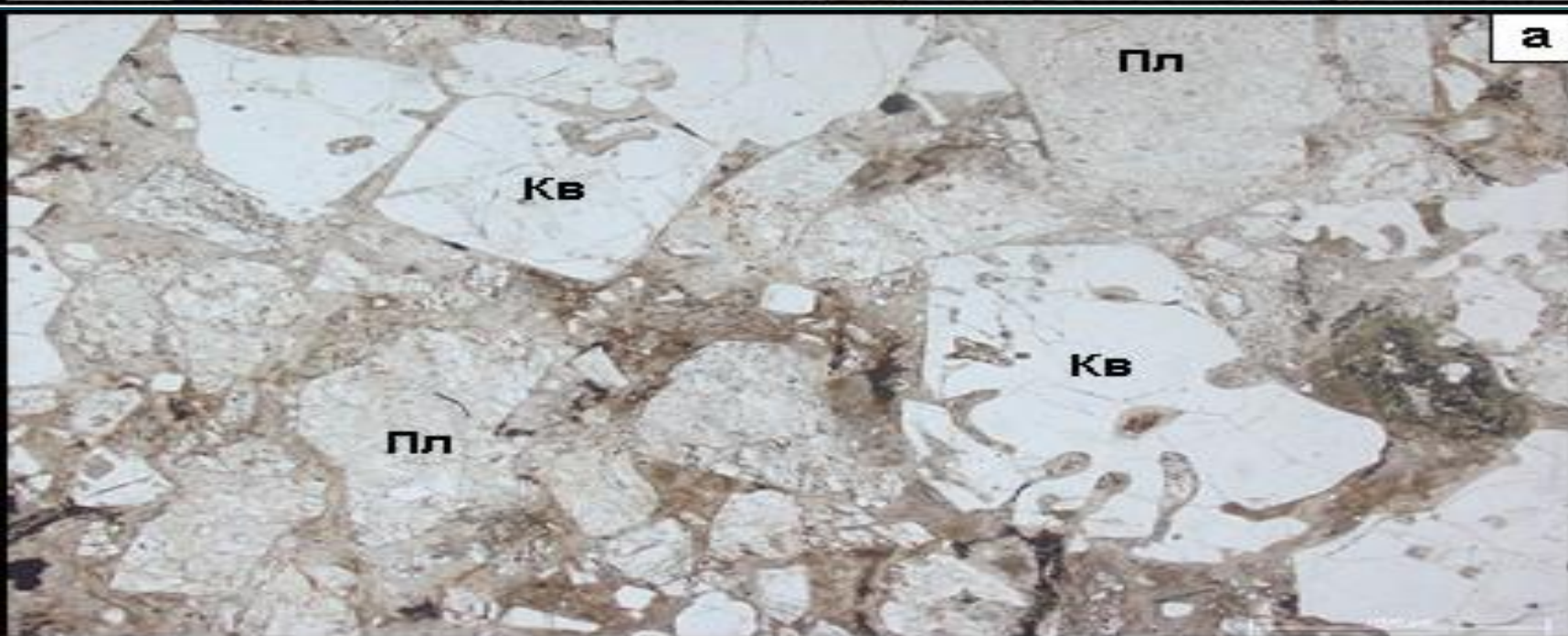
Величина угла между направлениями спайности является одной из важных диагностических характеристик минералов.

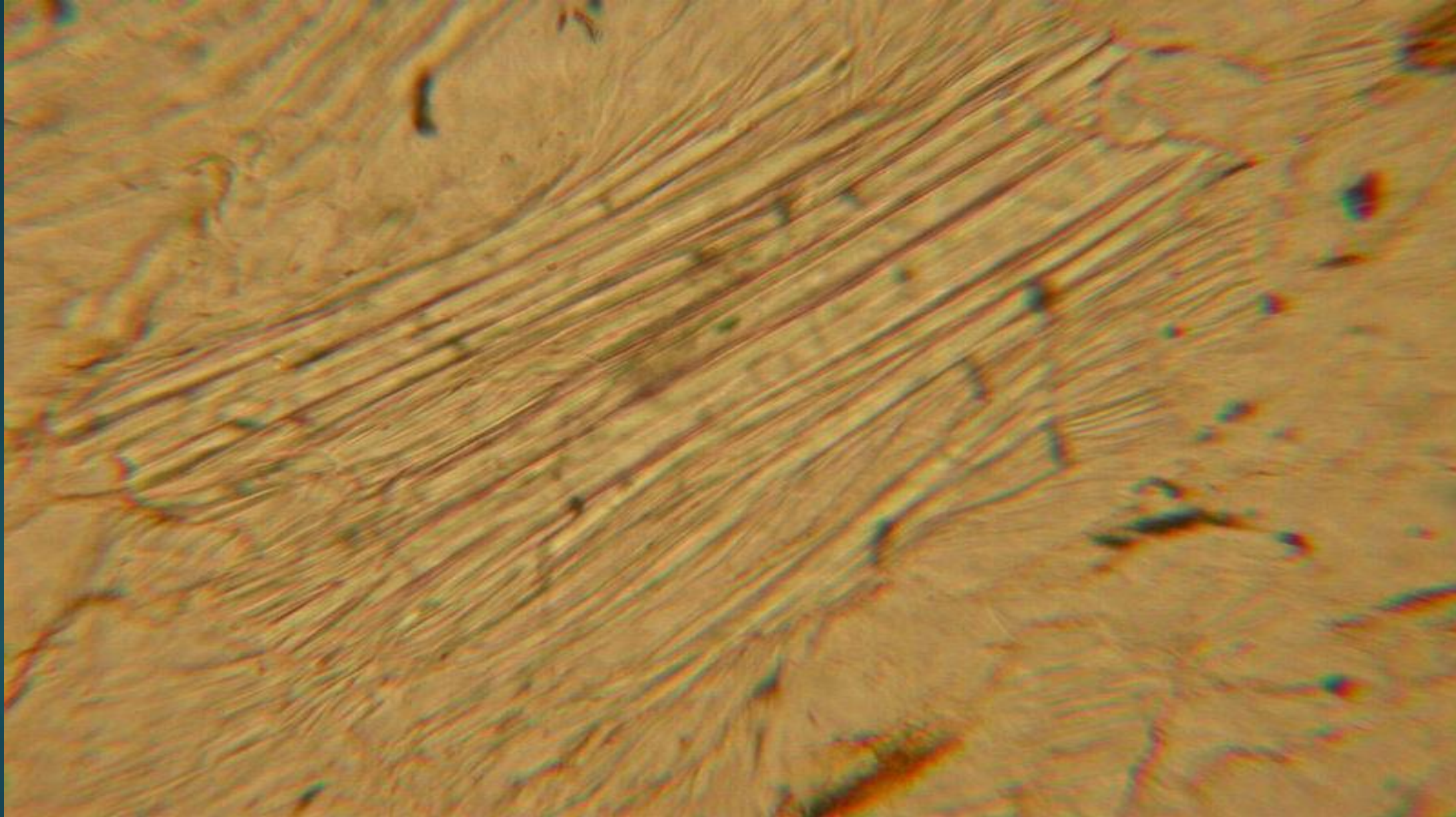


Оливин. Трещиноватость выражается в виде прерывистых, извилистых линий, имеющих случайный характер

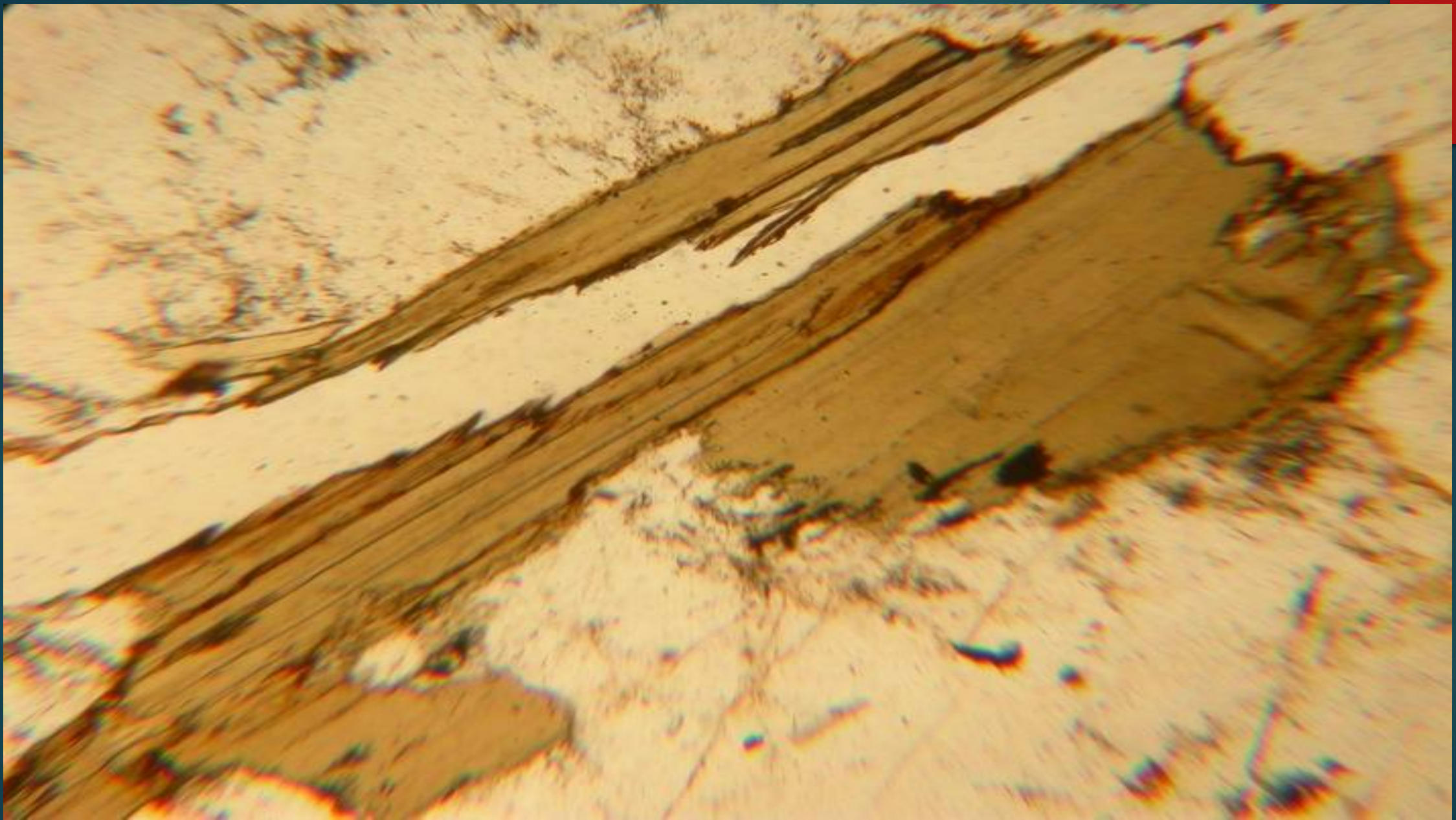


Турмалин с характерной поперечной отдельностью, характеризующейся невыдержанностью и субпараллельным расположением трещин относительно друг друга

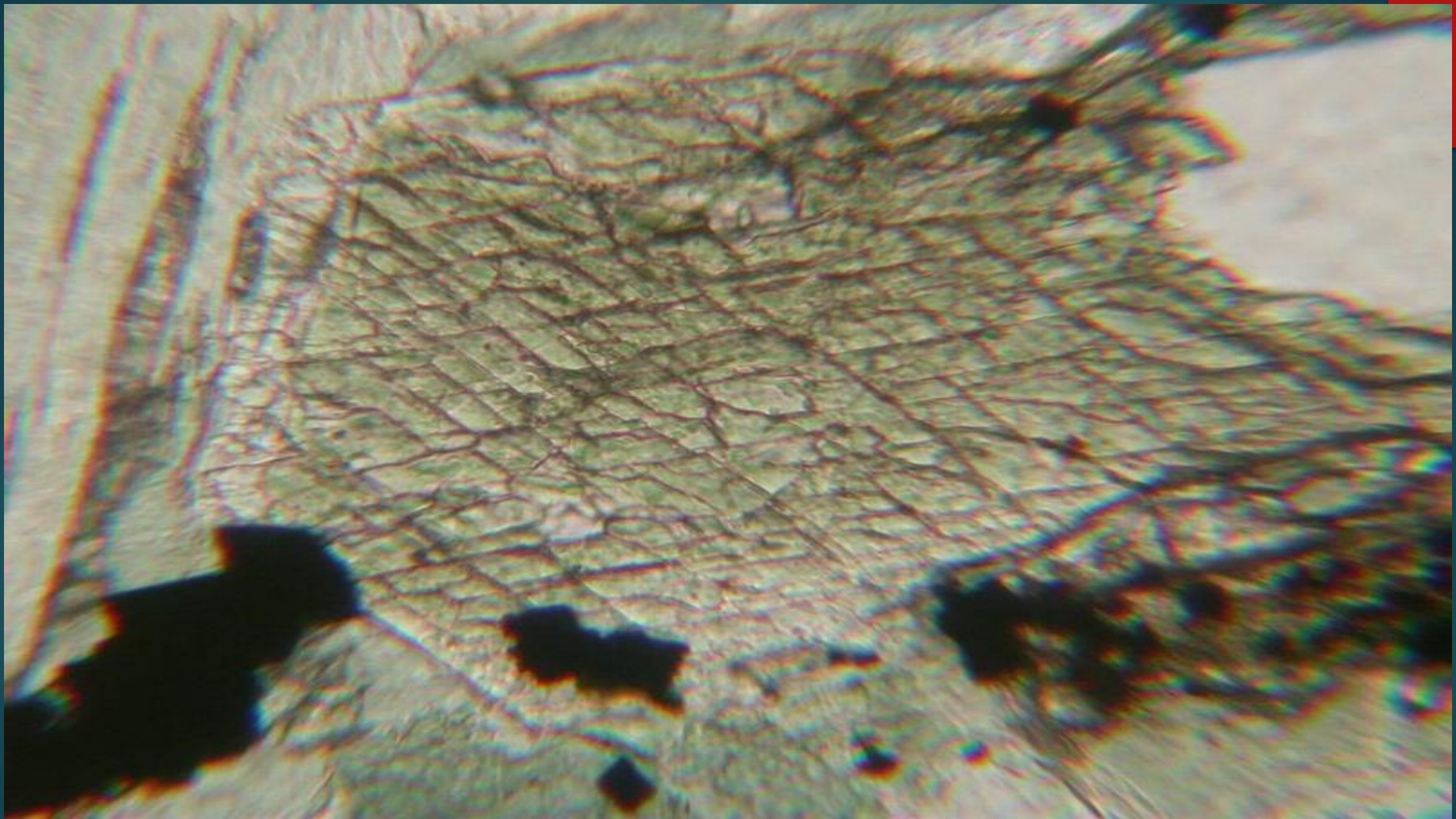




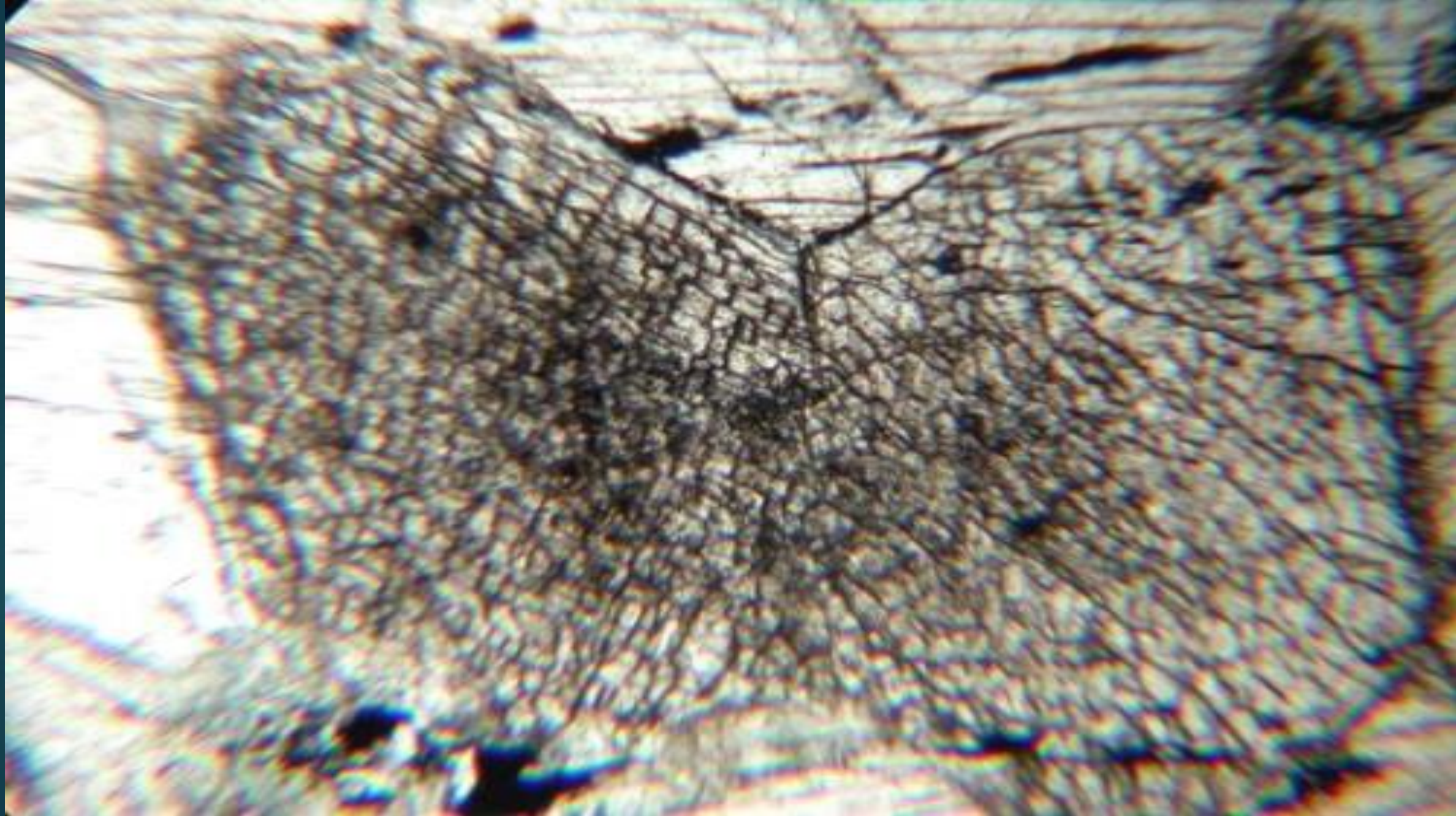
Мусковит с весьма совершенной спайностью



Биотит с весьма совершенной спайностью



Амфиболы с двумя системами спайности под углом 56°



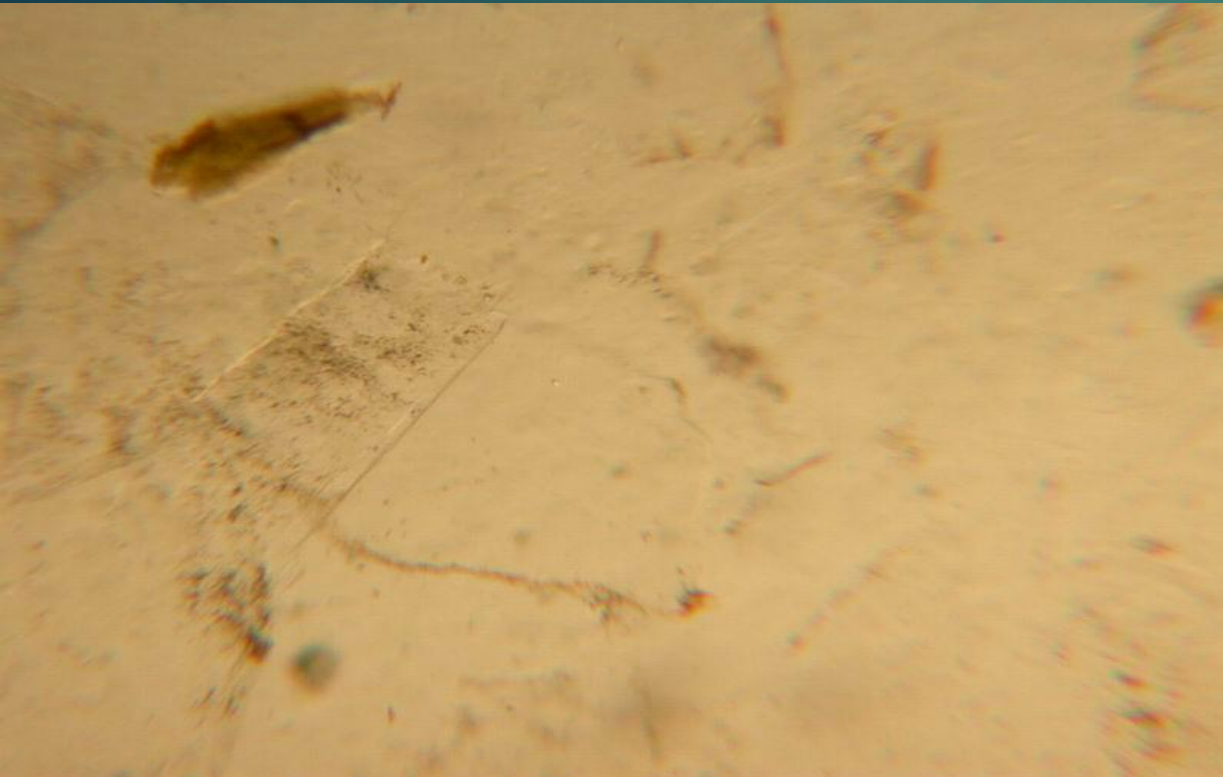
Пироксены с двумя системами спайности под углом 87°

Свойства обусловленные относительным показателем преломления

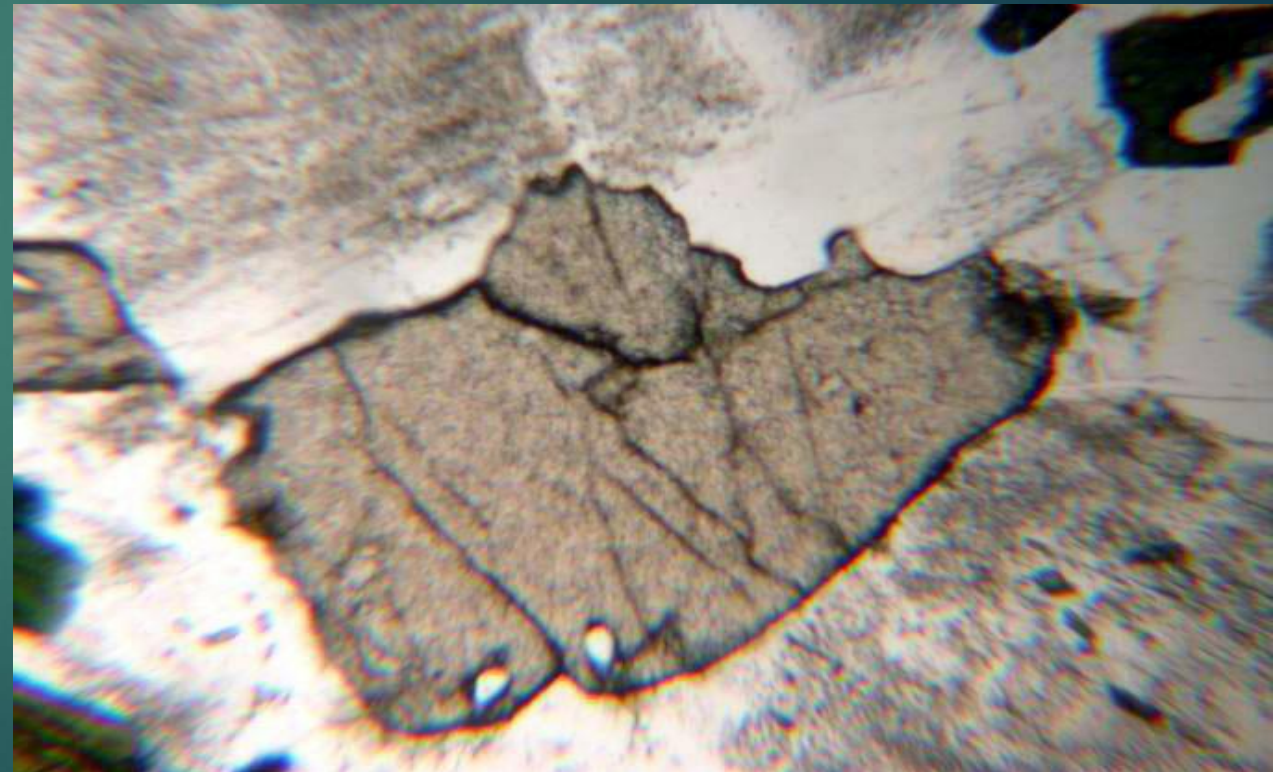
Рельеф – оптический эффект, наблюдаемый в минеральных зернах, если их показатель преломления отличается от канадского бальзама (1,53) или соседних минералов. Это явление выражается в визуальной приподнятости минерала.

Выделяют три группы:

1. Положительный рельеф
2. Отрицательный
3. Нейтральный

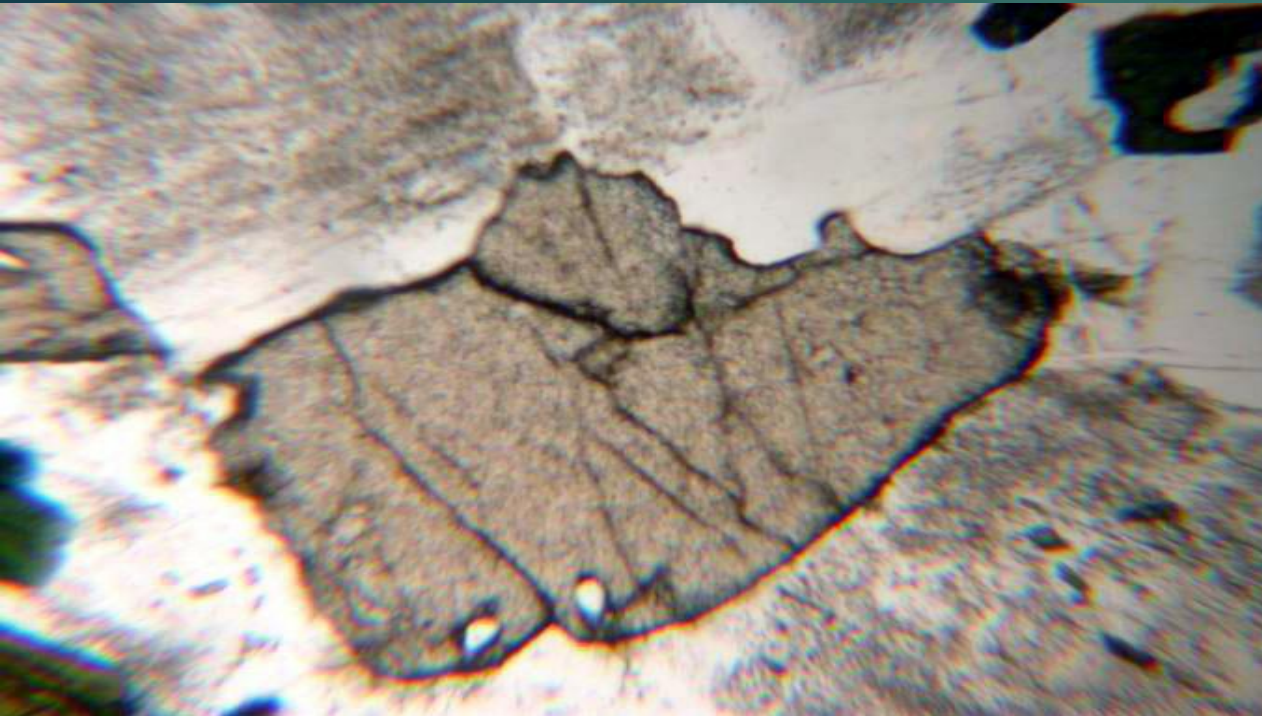


Отрицательный рельеф

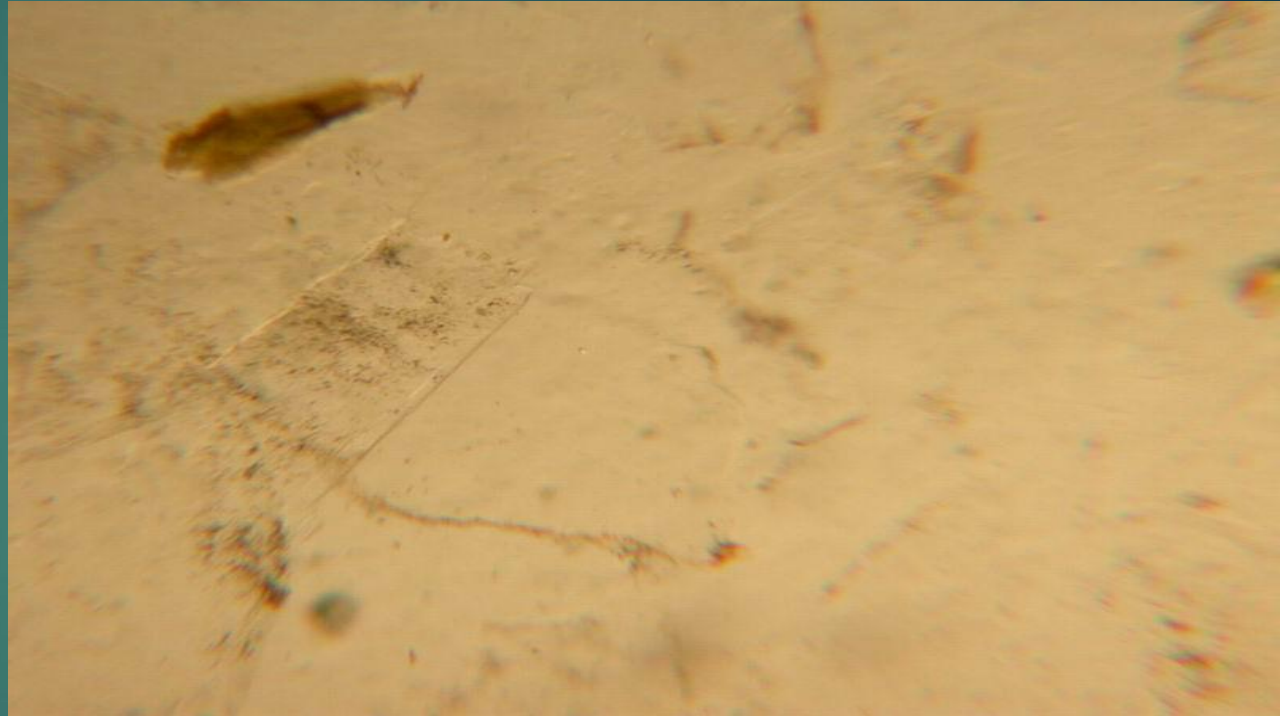


Положительный рельеф

Шагреновая поверхность минералов – шероховатость, бугорчатость, неровность. Чем больше разница в показателях преломления минерала и канадского бальзама, тем отчетливее проявлена шагреновая поверхность. Выделяют слабую, ясную и резкую.



Сфен. Шагреновая поверхность ясная

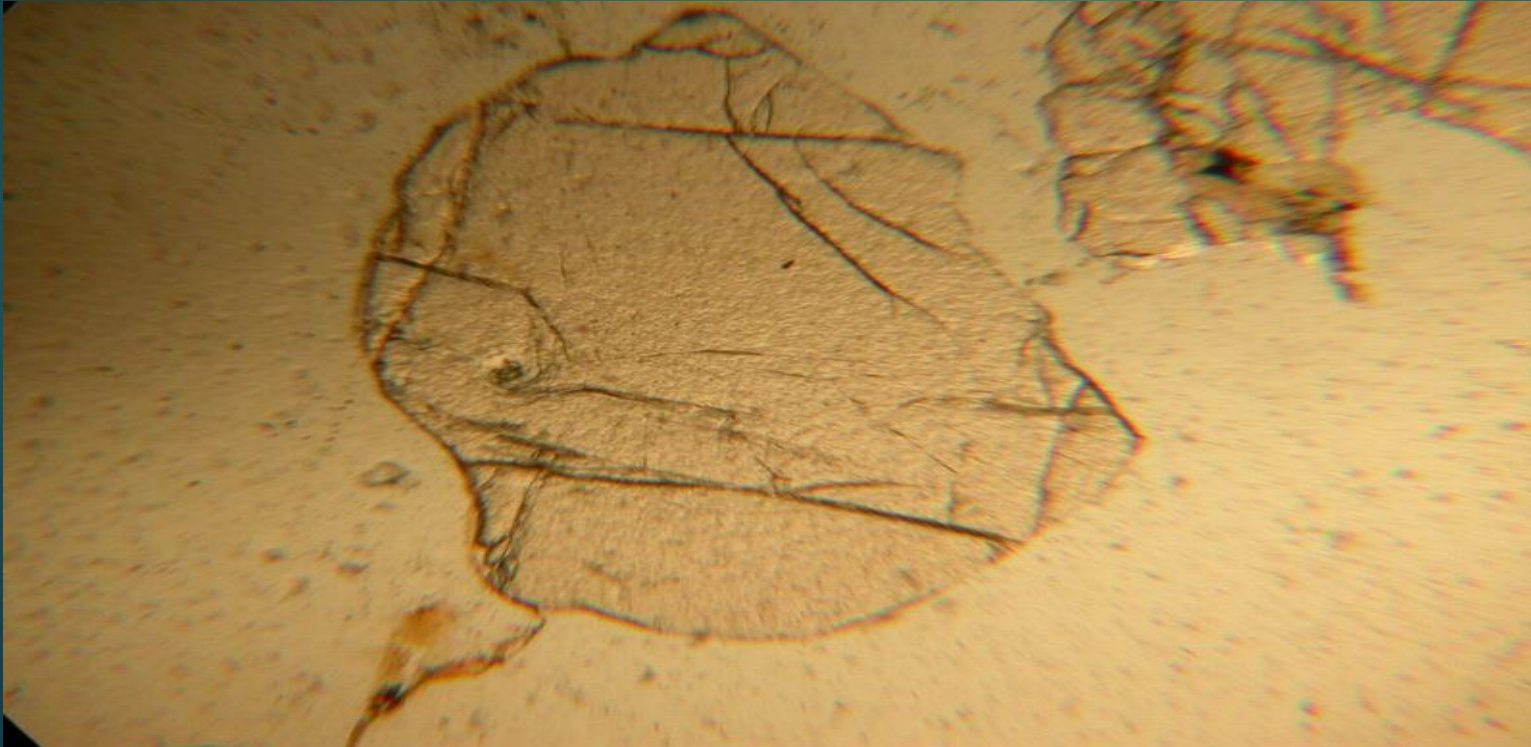


Микроклин. Шагреновая поверхность отсутствует

Полоска Бекке .

Для выявления относительного показателя преломления (больше- меньше) у двух соседних зерен или у минерала и канадского бальзама часто используют метод Бекке.

Линия Бекке при подъеме тубуса микроскопа (опускании столика) будет перемещаться на канадский бальзам, если показатель преломления минерала меньше 1,53. У минералов с показателем преломления больше показателя преломления канадского бальзама, полоска Бекке при подъеме тубуса микроскопа (опускании столика) будет смещается на минерал.



Полоска Бекке – тонкая световая линия вокруг минерала.

Все минералы при сравнении их показателя преломления с показателем преломления канадского бальзама можно разделить на две группы (см. таблицу). К первой группе относятся минералы с показателем преломления меньше показателя преломления канадского бальзама. Линия Бекке при подъеме тубуса микроскопа (опускании столика) будет перемещаться на канадский бальзам. Ко второй группе относятся минералы с показателем преломления больше показателя преломления канадского бальзама, и полоска Бекке при подъеме тубуса микроскопа (опускании столика) будет смещаться на минерал.

Порядок определения показателя преломления

1. Регулируют микроскоп (освещение, центрировка объектива).
2. Находят зерно определяемого минерала на границе с канадским бальзамом (обычно на краю шлифа).
3. Несколько опускают осветительную систему и частично прикрывают диафрагму.
4. При подъеме тубуса (или опускании столика) микроскопа наблюдают линию Бекке и отмечают направление ее движения.
5. Определяют характер шагрени и рельефа.
6. Определяют величину показателя преломления минерала с помощью таблицы.

Группа	N	Направление движения линии Бекке	Шагреновая поверхность	Рельеф	Примеры минералов
1 (показатель преломления минерала меньше показателя преломления канадского бальзама)	1,41-1,47	На канадский бальзам	Отчетливая	Высокий, отрицательный	Флюорит, опал
	1,47-1,53	То же	Отсутствует	Низкий, отрицательный	Ортоклаз, лейцит, микроклин
	1,535-1,545	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Олигоклаз, нефелин
2 (показатель преломления минерала больше показателя преломления канадского бальзама)	1,55-1,60	На минерал	Отсутствует	Низкий, положительный	Кварц, мусковит, средние и основные плагиоклазы
	1,61-1,66	На минерал	Отчетливая	Средний, положительный	Апатит, андалузит, амфиболы
	1,66-1,78	На минерал	Резкая	Высокий, положительный	Оливин, пироксены, дистен, силлиманит
	>1,78	Нечеткая, маскируется темной полосой	Резкая	Очень высокий положительный	Гранаты, циркон, сфен

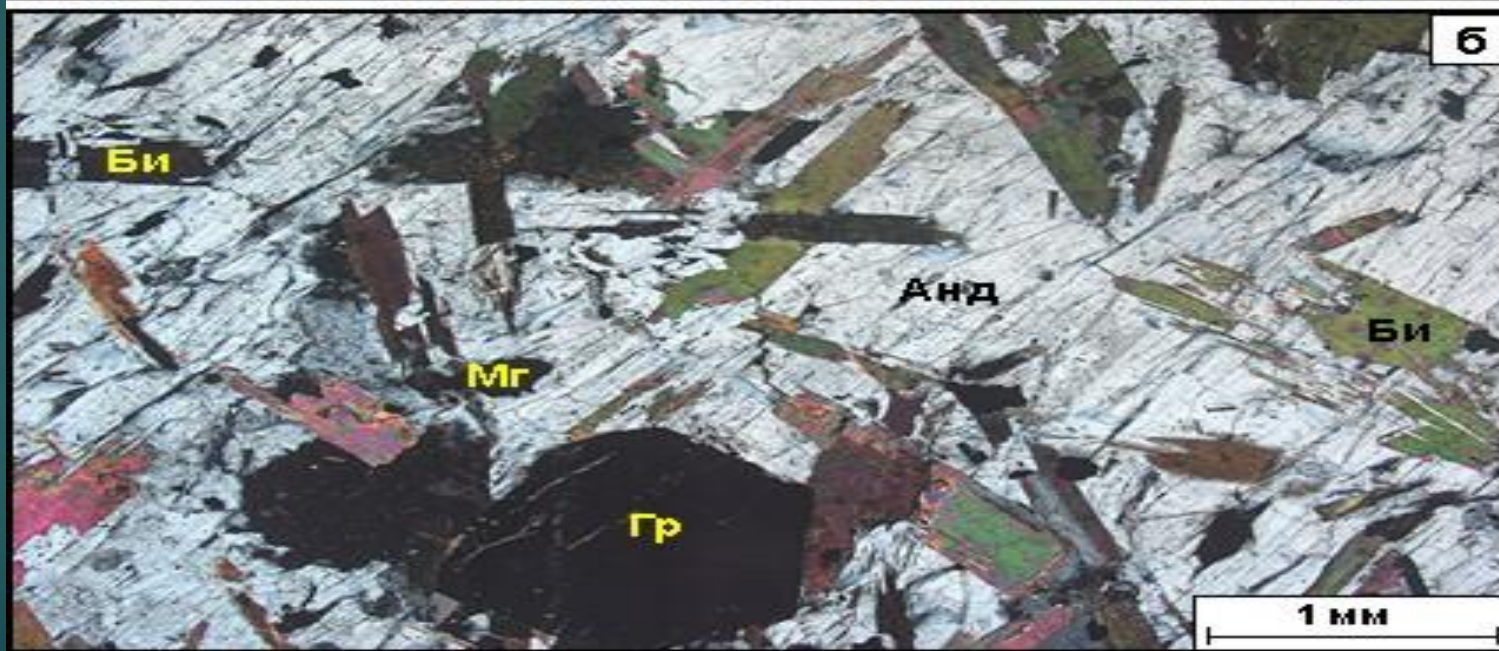
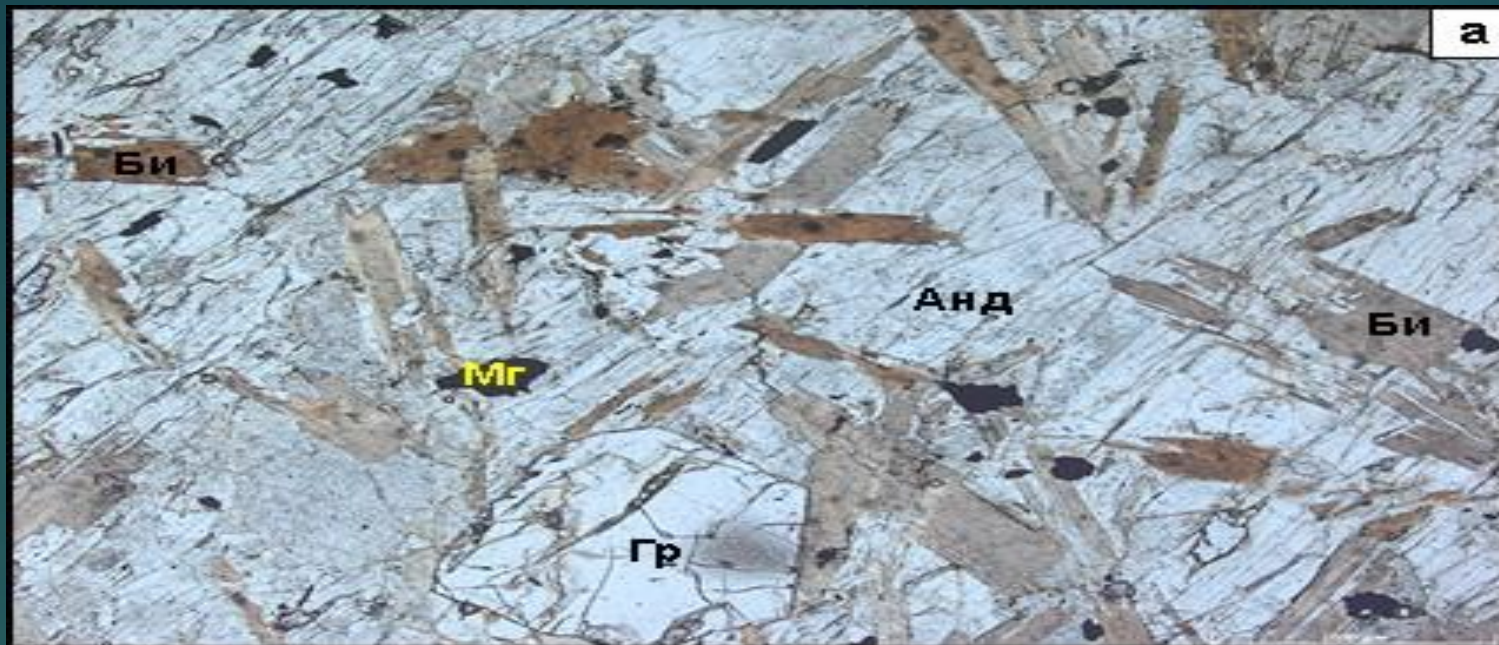
Свойства минералов, определяемые в скрещенных николях

1. Изотропность
2. Интерференционная окраска и ее порядок
3. Величина двупреломления
4. Ориентировка оптической индикатрисы
5. Знак зоны
6. Погасание, характер и угол
7. Схема плеохроизма
8. Двойникование

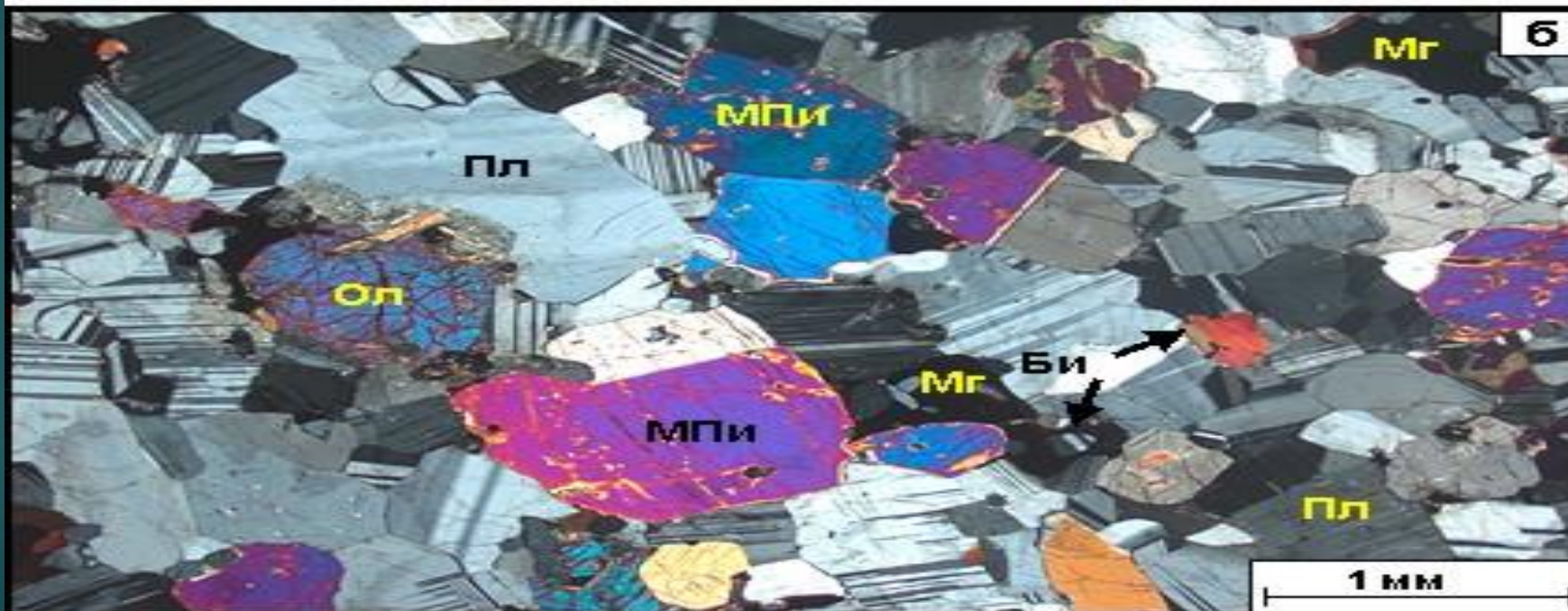
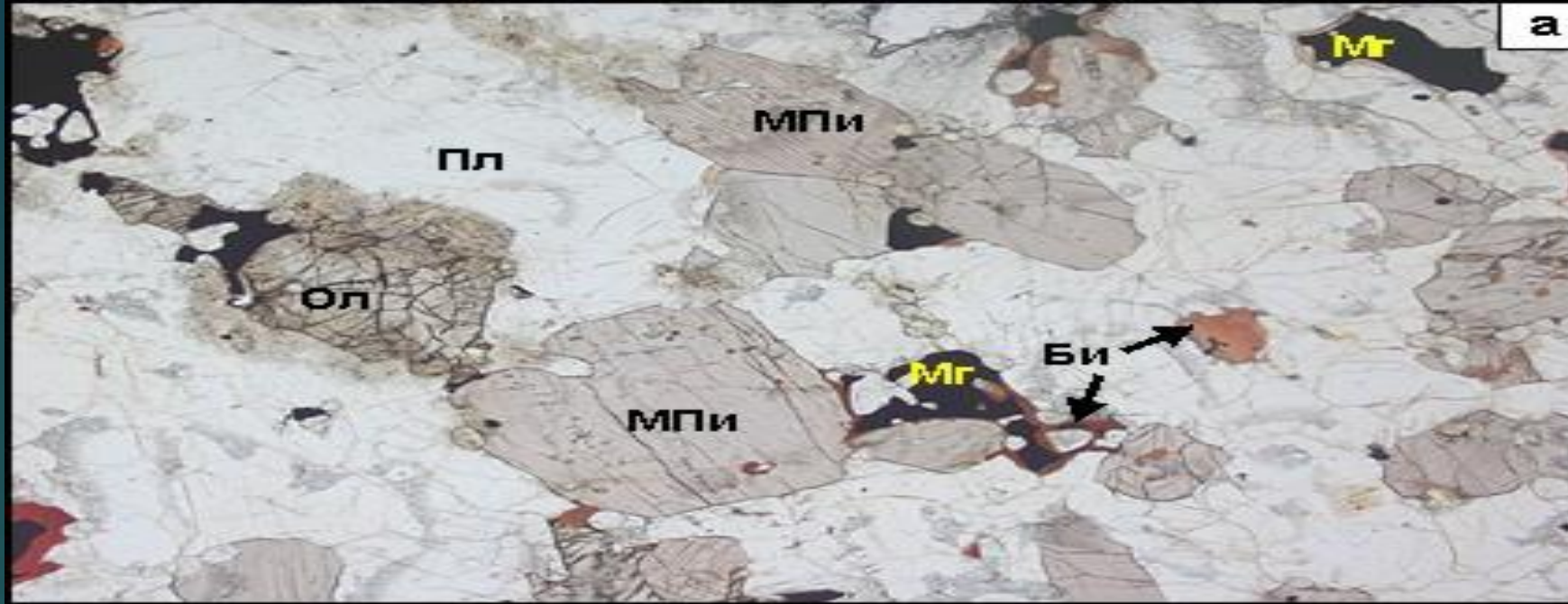
Изотропность

По отношению к поляризованному свету минералы делятся на две группы:

1. оптически **изотропные**, обладающие одинаковыми оптическими свойствами по всем направлениям. К ним относят кристаллы кубической сингонии и минералы аморфного строения. Характерной особенностью изотропных минералов является то, что в скрещенных николях (при включенном анализаторе), они становятся темными, почти черными и не просветляются при повороте столика микроскопа.
2. оптически **анизотропные**, свойства которых меняются в зависимости от направления. Анизотропные минералы, к которым относятся кристаллы средней и низшей сингонии, в скрещенных николях имеют интерференционную окраску, которая зависит от величины двупреломления, ориентировки и толщины среза.



Оптически изотропный гранат



Оптически анизотропный минералы

Величина двойного лучепреломления

Сила двойного лучепреломления ($N_g - N_p$) является очень важной кристаллооптической константой количественно отражает разность между максимальным и минимальным показателем преломления оптически анизотропных минералов.

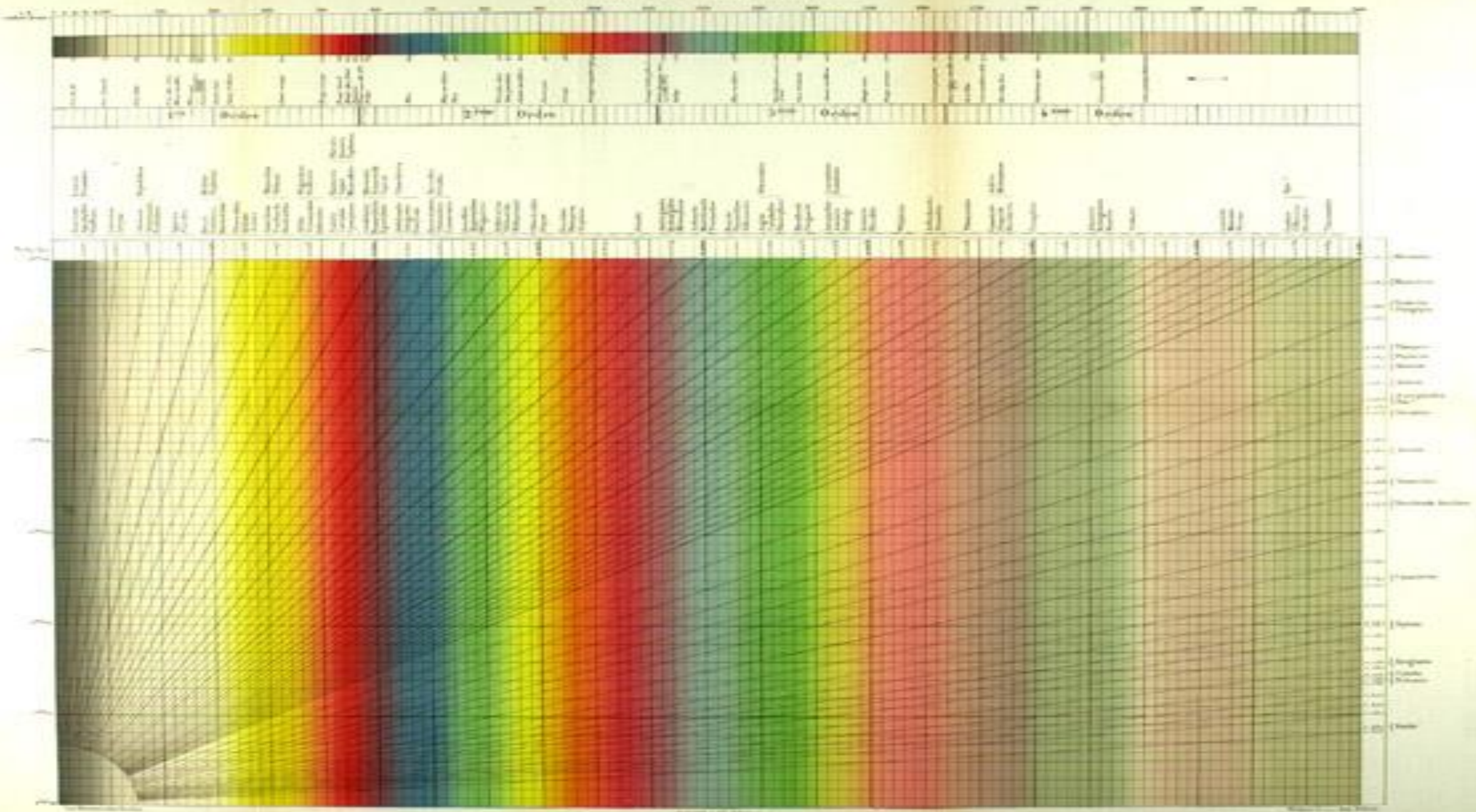
Интерференционная окраска

Это свойство анизотропных минералов обусловлено интерференцией световых волн, проходящих через систему поляризатор – кристалл - анализатор.

Выделяют следующие порядки интерференционной окраски: первый – состоит из серого, белого, желтого, красного и фиолетового цветов. Второй и последующие порядки содержат синий, зеленый, желтый, красный и фиолетовый цвета. Границей между порядками служит фиолетовый цвет.

Для определения порядка интерференционной окраски минералов и величины двупреломления используют номограмму Мишель-Леви. Эта номограмма представляет собой графическое выражение зависимости величины двупреломления от разности хода и толщины кристаллической пластинки.

TABLEAU DES BIREFRINGENCES



Определение порядка интерференционной окраски с помощью компенсаторов

Компенсатор – кварцевый клин или кварцевая пластинка.

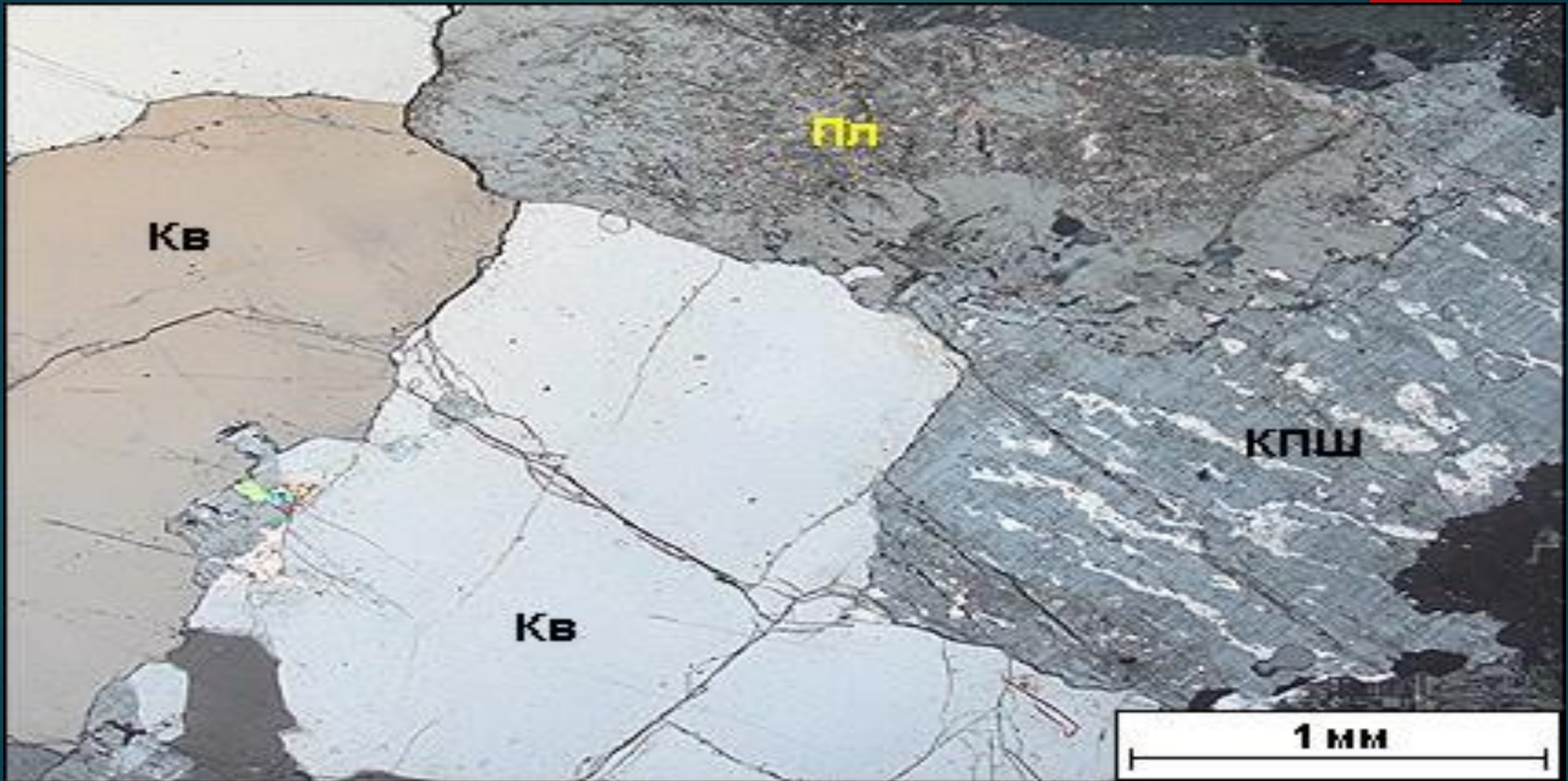
Кварцевая пластинка – плоскопараллельная пластинка, вырезанная из кристалла кварца параллельно его оптической оси. Кварцевую пластинку принято использовать при изучении минералов с двупреломлением до 0,016 (первый порядок интерференционной окраски).

Кварцевый клин – компенсатор с переменной разностью хода. Он представляет собой клин, вырезанный из монокристалла кварца параллельно оптической оси. По длинной стороне клина расположена ось N_r , по короткой – N_g . Увеличение толщины клина приводит к изменению разности хода от тонкого конца к толстому.

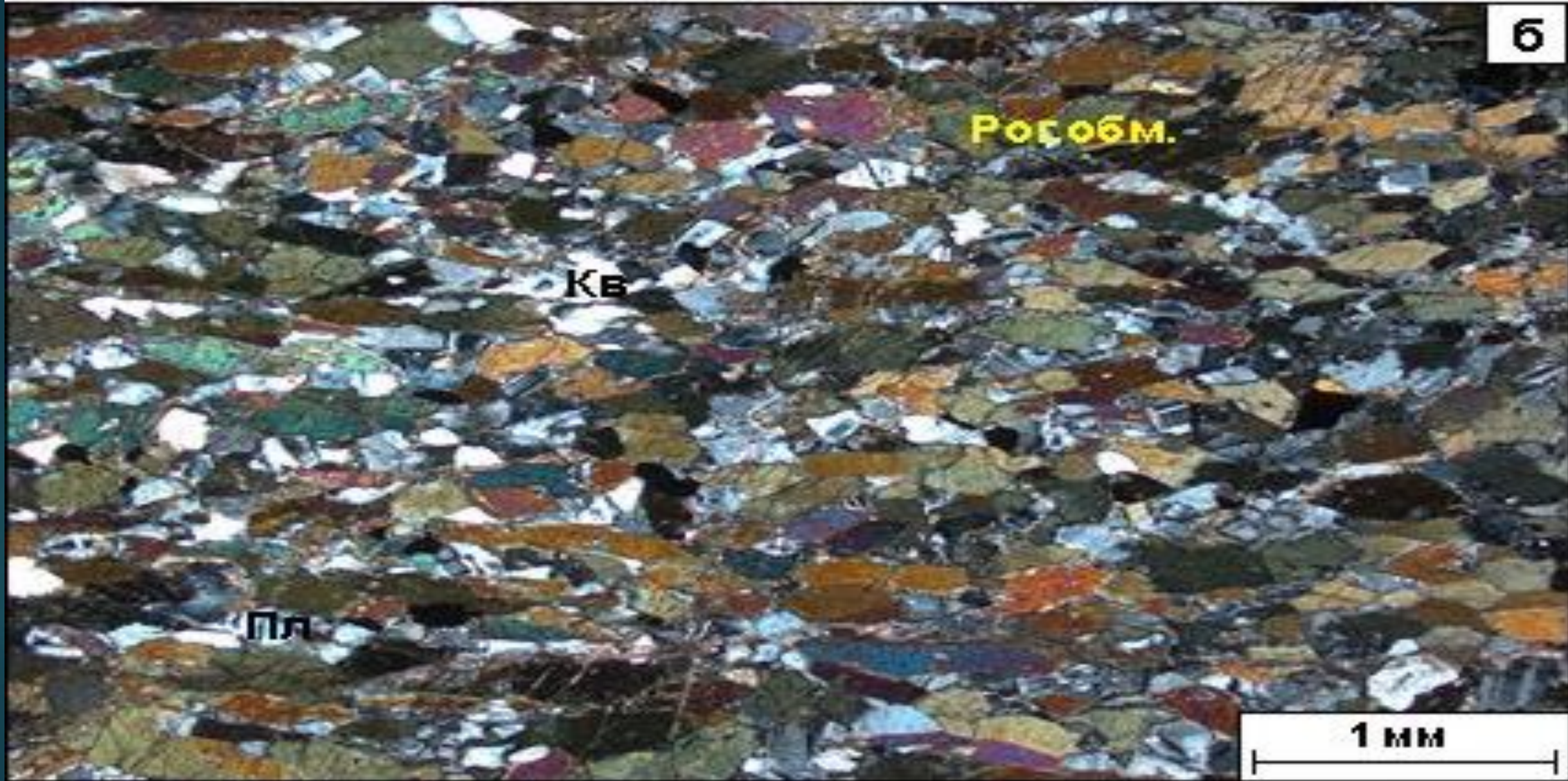
Кварцевый клин применяется при изучении минералов с высокими цветами интерференционной окраски.

Определение порядка интерференционной окраски с помощью компенсаторов

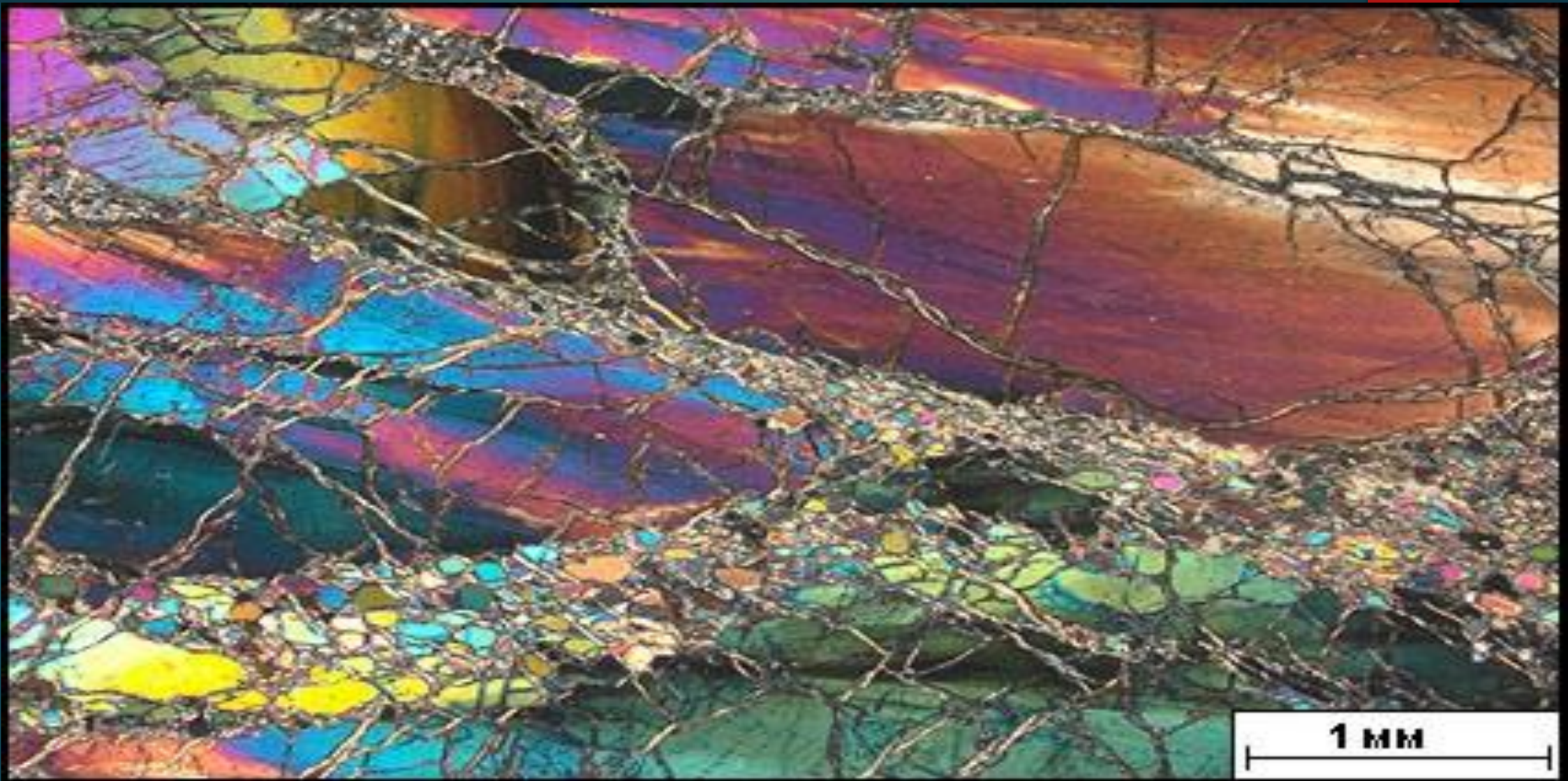
1. Выбираем зерно с какой-либо интерференционной окраской, ставим его в крест нитей
2. Поворотом столика микроскопа ставим зерно на погасание, т.е. совмещаем оси индикатрисы зерна с нитями окуляра
3. Поворачиваем столик микроскопа на 45°
4. Вводим в прорезь кварцевый клин и следим за изменением интерференционной окраски
5. Если интерференционная окраска повышается, необходимо развернуть столик микроскопа на 90°
6. Вводим кварцевый клин до момента компенсации (серый цвет)
7. Убираем шлиф со столика микроскопа, в поле зрения будет видна интерференционная окраска минерала
8. Медленно выдвигаем клин с считаем количество красных цветов
9. Порядок интерференционной окраски будет равен количеству красных полос плюс один
10. С помощью номограммы Мишель-Лево определяем величину двупреломления



Минералы с низкими цветами интерференционной окраски первого порядка



Минералы с цветами интерференционной окраски второго порядка



Минералы с цветами интерференционной окраски третьего порядка

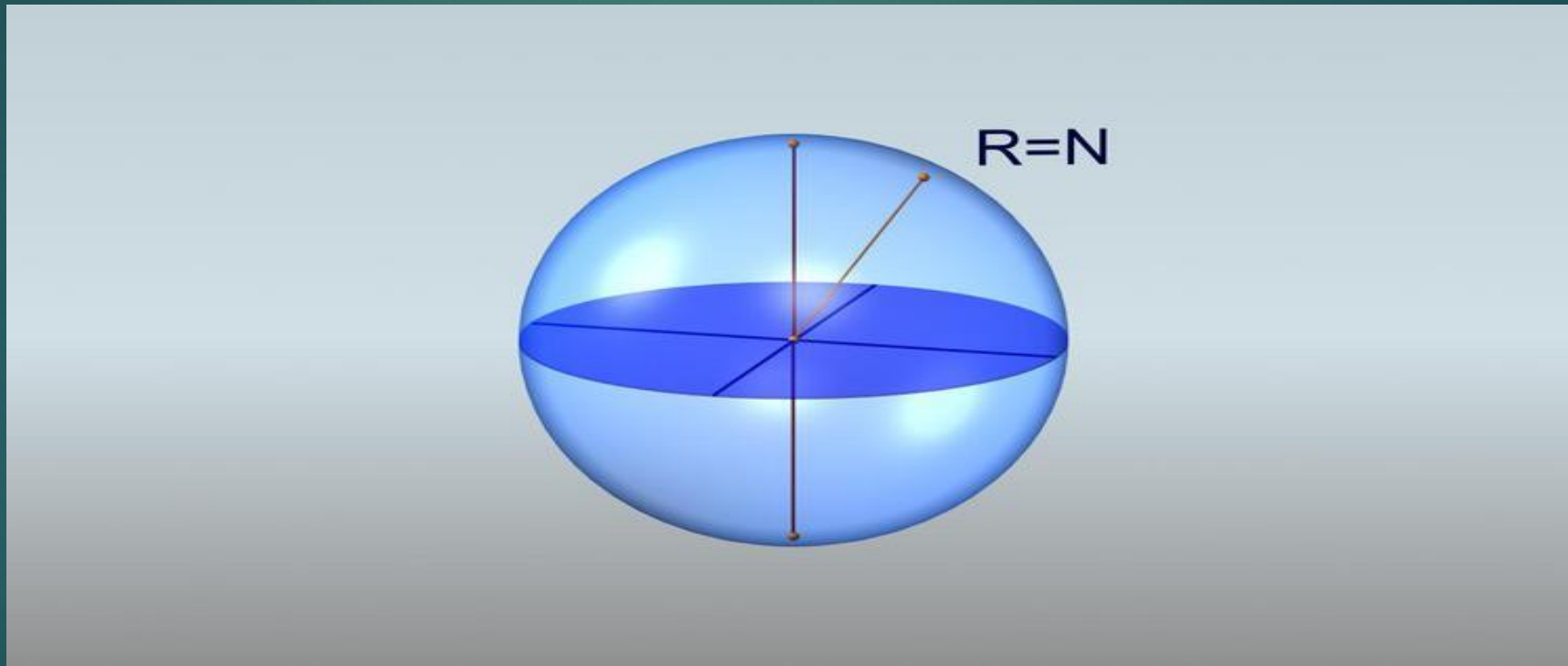


Минералы с перламутровыми цветами интерференционной окраски четвертого порядка

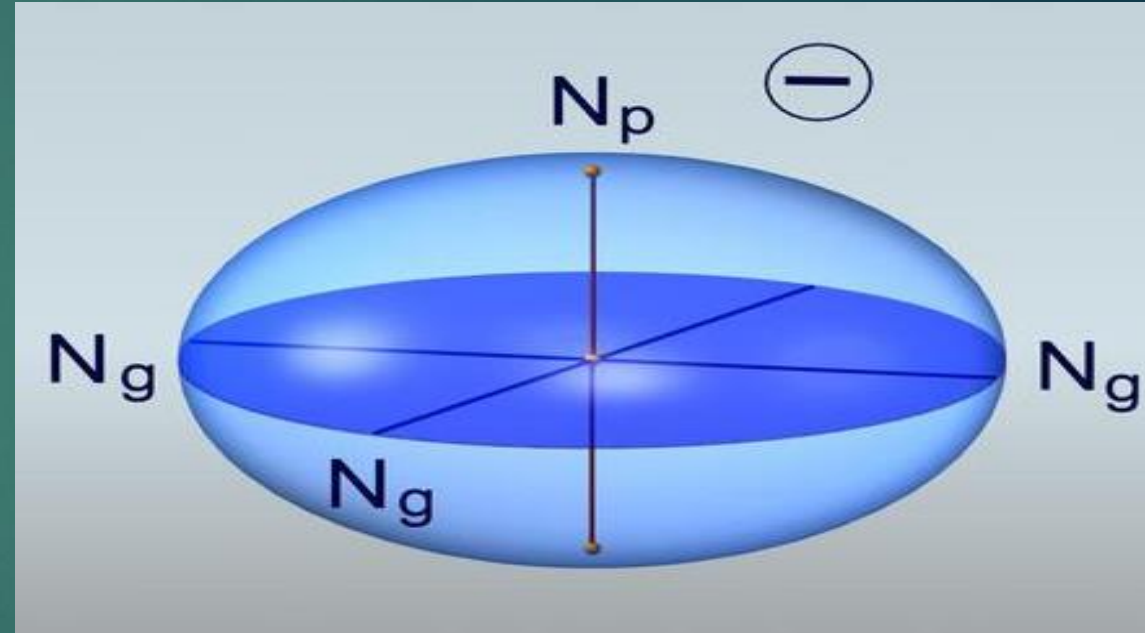
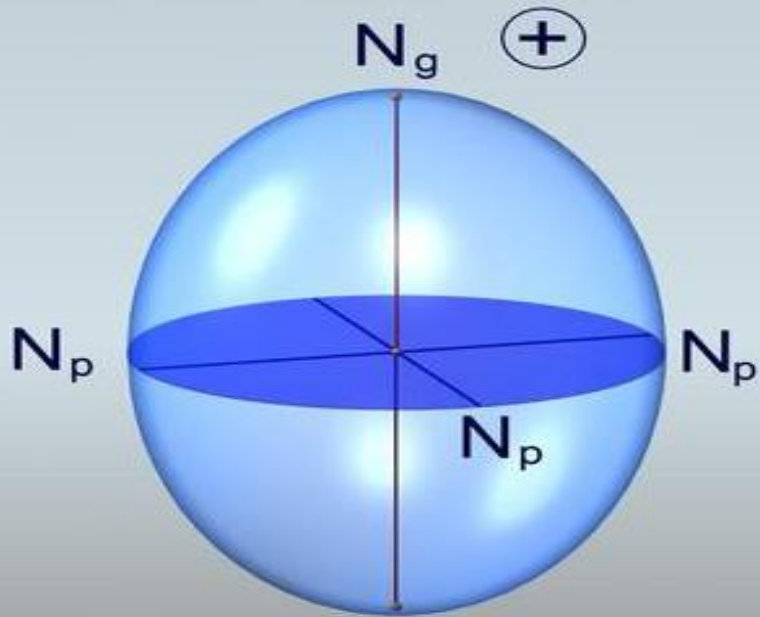
Ориентировка оптической индикатрисы

Оптическая индикатриса – воображаемая поверхность, построенная на величинах показателей преломления минерала.

Оптическая индикатриса минералов **кубической** сингонии имеют форму шара, т.к. в разных направлениях свойства одинаковы



Индикатриса в кристаллах тригональной, тетрагональной, гексагональной сингоний имеет форму эллипсоида вращения –сфероида, полученного вращением эллипса вокруг одной из его осей. При этом, если эллипсоид вращения образован вращением эллипса вокруг большой оси (N_g), он имеет вытянутую форму и отвечает оптически положительным кристаллам. Если же осью вращения эллипсоида служит меньшая ось (N_p), он имеет сплюснутую форму и отвечает оптически отрицательным кристаллам. В эллипсоидах вращения все сечения являются эллипсами, кроме тех, которые расположены перпендикулярно оси вращения и представляют собой окружности.



В кристаллах **триклинной, моноклинной и ромбической сингоний** индикатриса имеет форму эллипсоида с тремя неравными взаимно перпендикулярными осями. Все три главные оси этого эллипсоида: N_g (наибольшая), N_m (средняя) и N_p (наименьшая) не равны между собой.

Определение знака удлинения (знака главной зоны) минерала

Многие зерна имеют отчетливо удлиненную форму, кристаллографические очертания. На таких зернах определяют знак зоны минерала, который служит диагностическим признаком.

При положительном удлинении с удлинением кристалла совпадает наибольшая ось индикатрисы Ng, а при отрицательном ось Nr.

При определении знака зоны используют кварцевые компенсаторы.

Порядок работы

1. Выбираем зерно с интерференционной окраской и видимыми кристаллографическими очертаниями
2. Поворотом столика микроскопа ставим зерно на погасание, т.е. совмещаем оси индикатрисы зерна с нитями окуляра (зерно становится темным)
3. Поворачиваем столик микроскопа на 45°
4. Вводим в прорезь кварцевый клин и следим за изменением интерференционной окраски для минералов с высокими цветами и интерференции и кварцевую пластинку для минералов первого порядка
5. Если интерференционная окраска повышается, то удлинение отрицательное. Если понижается – положительное. Для пластинки: если окраска изменится до желтой, то удлинение отрицательное, если до синей – положительное

Погасание. Типы погасания

Погасание – потемнение минерала. В этот момент оси оптической индикатрисы в минерале совпадают с направлениями световых колебаний, пропускаемы поляризатором и анализатором. Характер погасания важный диагностический признак. Наиболее значимой количественной характеристикой минералов является угол погасания, т.е. угол между удлинением минерала и осями оптической индикатрисы.

Выделяют следующие типы погасания: равномерное и неравномерное.

Равномерное бывает прямым (угол 0^0) и косым (угол больше 0^0 и до 90^0).

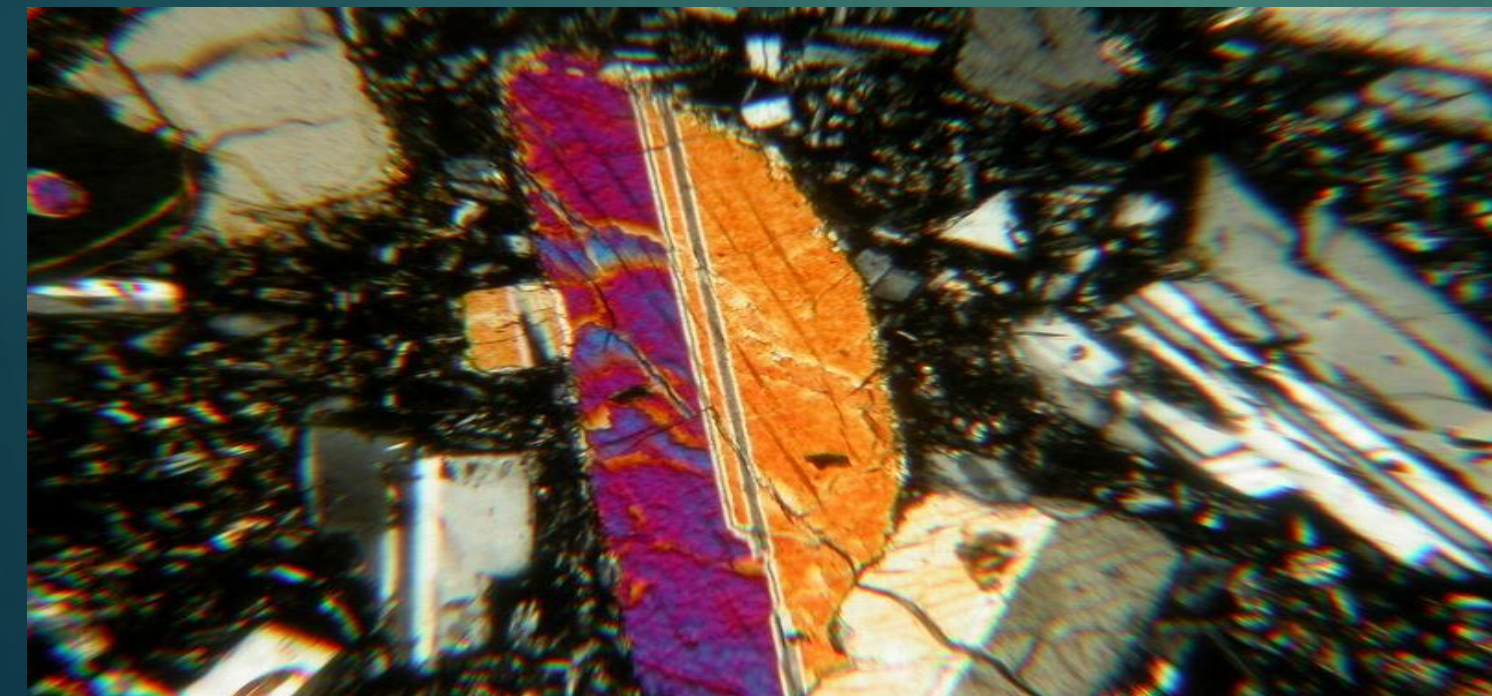
Неравномерное погасание бывает закономерным (двойниковое, зональное, решетчатое) и не закономерным (облачное, волнистое).

Двойникование

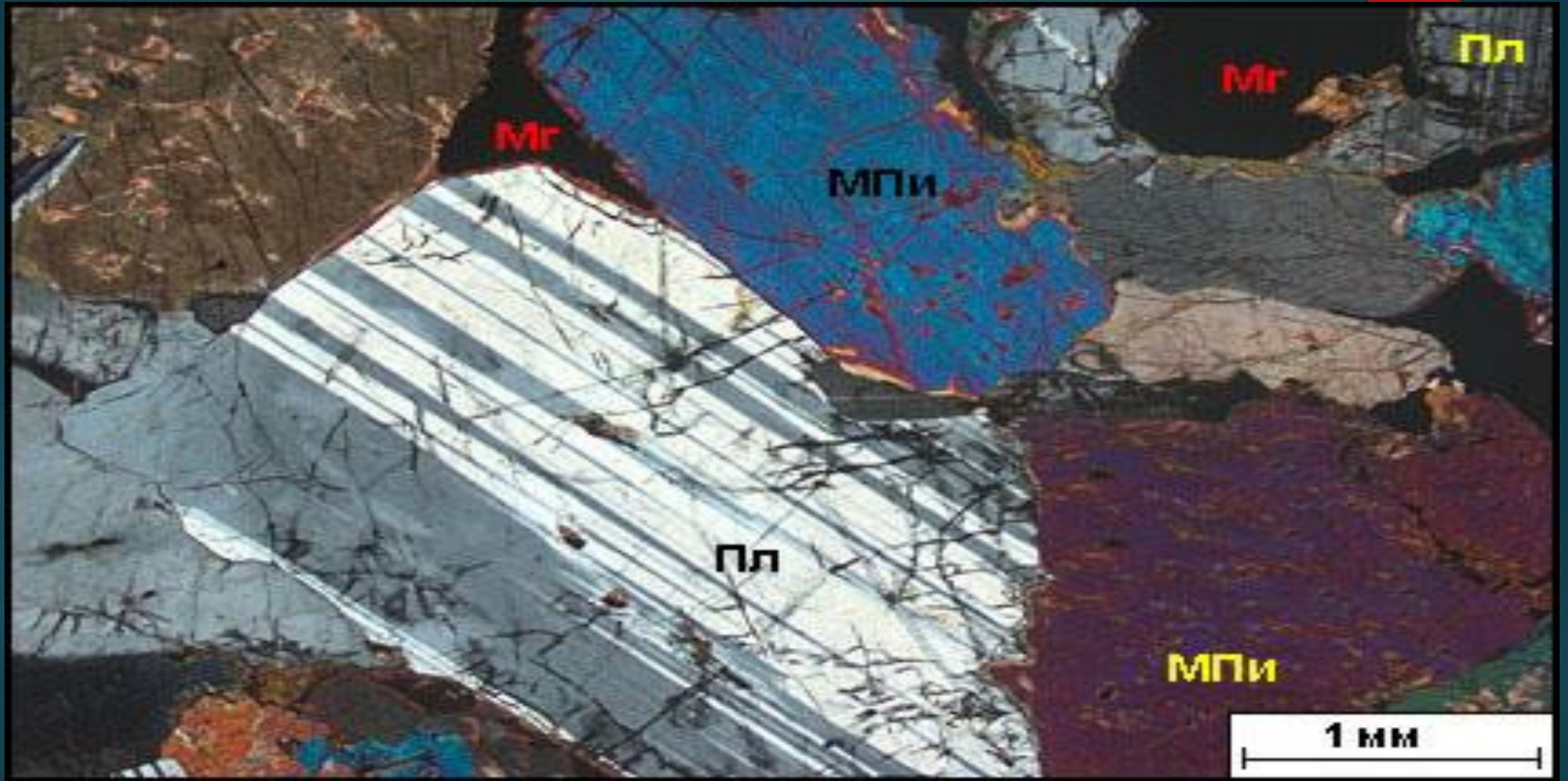
Двойники – закономерные сростки двух или нескольких кристаллов. Двойники бывают простыми (КПШ), если срослись два кристалла, и полисинтетические (плагиоклазы), если сросшихся кристаллов более трех.



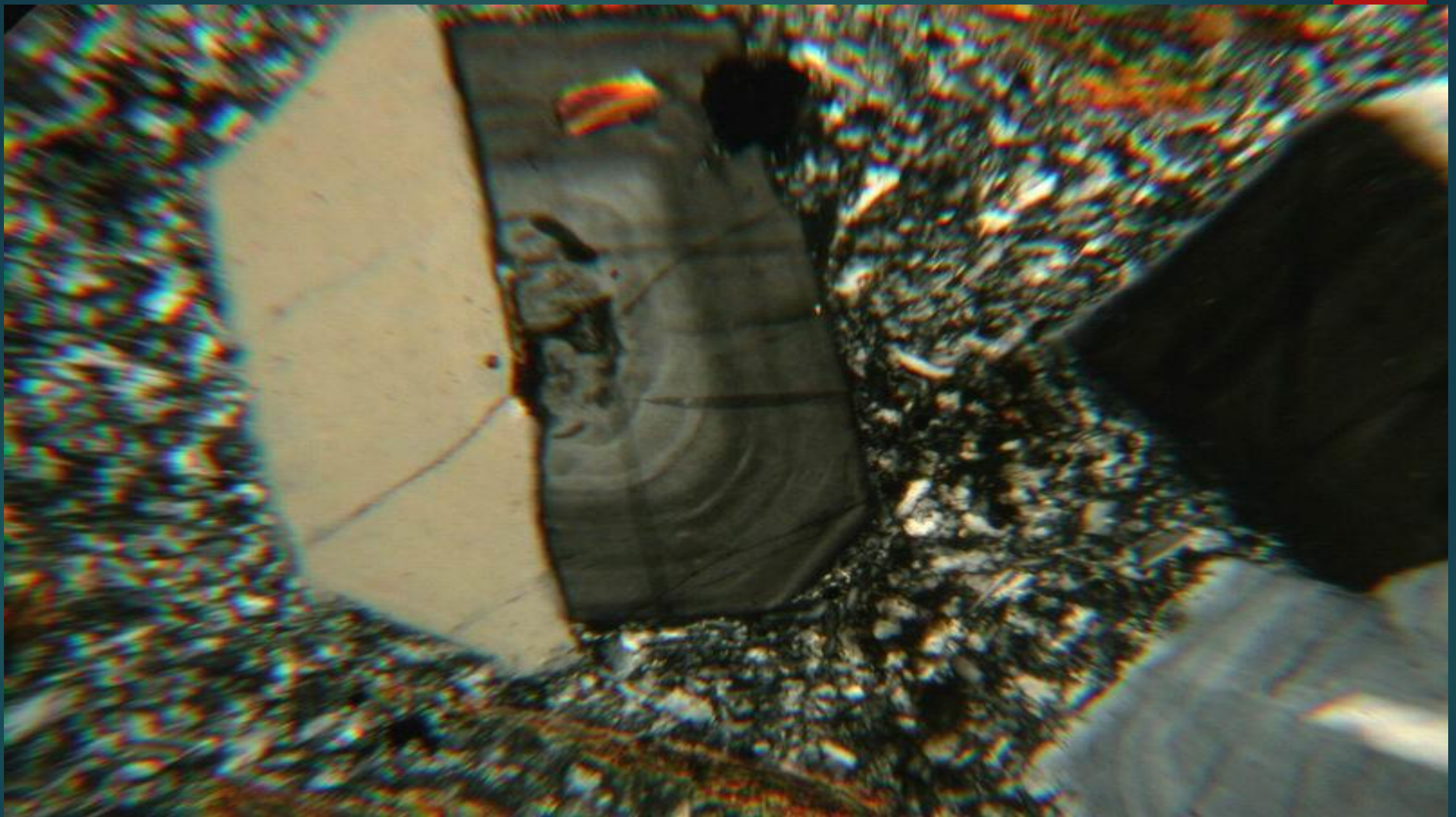
Кпш с характерным двойником.
Погасание закономерно двойниковое



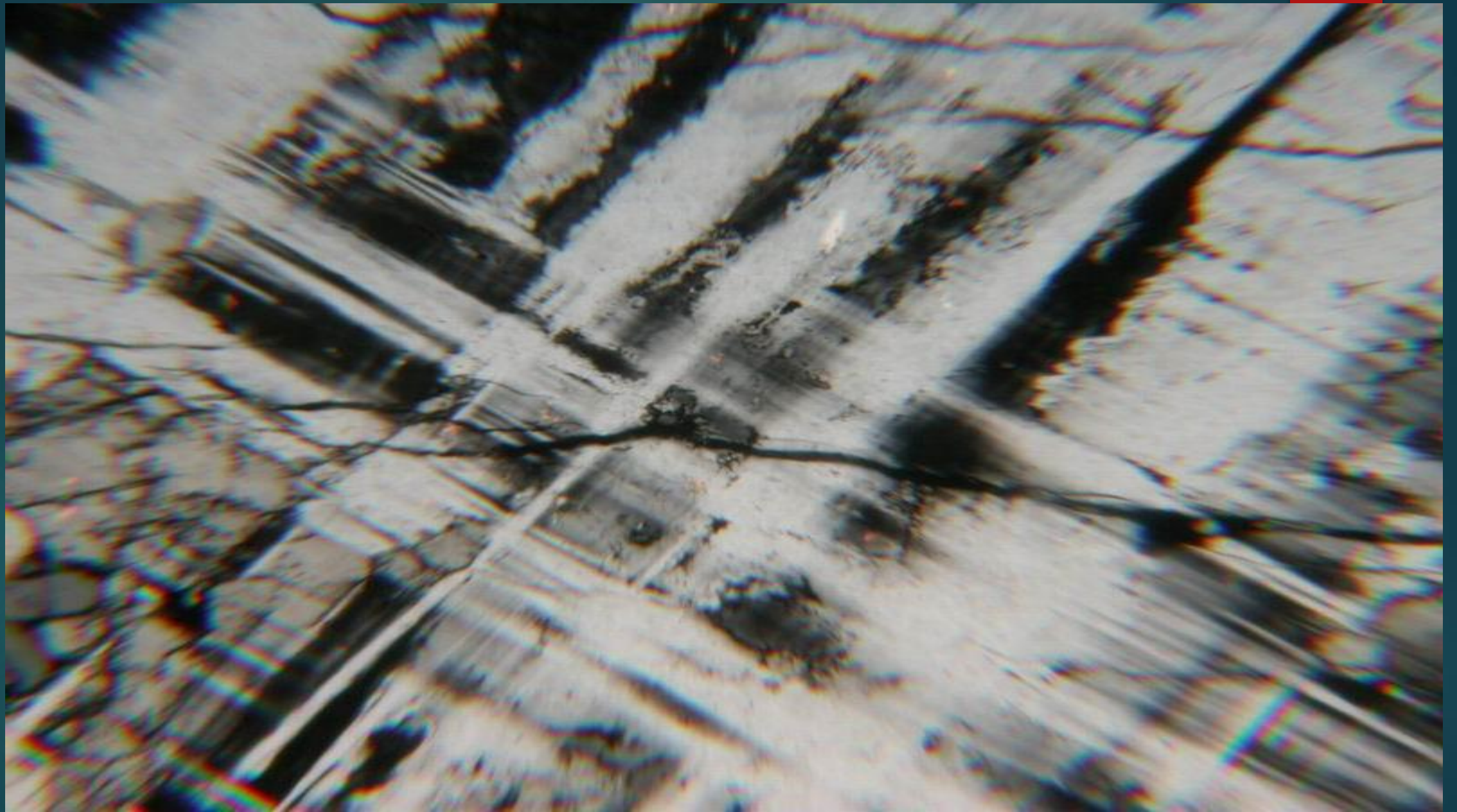
Пироксен. Простой двойник



Плагиоклаз с полисинтетическим двойникованием. Погасание закономерное двойниковое



Зональный плагиоклаз



Микроклин. Решетчатое закономерное погасание

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- ▶ Какие методы могут быть использованы для подготовки образцов горных пород для микроскопического анализа?
- ▶ Опишите основные этапы процедуры изучения горных пород под поляризационным микроскопом.
- ▶ Каким образом можно определить оптические свойства минералов в горных породах?
- ▶ Какие типы минералов обычно встречаются в осадочных, магматических и метаморфических горных породах?
- ▶ Почему важно изучать горные породы под микроскопом при оценке их инженерно-геологических свойств?
- ▶ Какие методы могут быть использованы для оценки качества исследования горных пород под микроскопом?
- ▶ Как микроскопическое изучение горных пород может быть полезным при геологическом картографировании и оценке рудных месторождений?
- ▶ Какие преимущества предоставляет сканирующая электронная микроскопия по сравнению с оптической микроскопией при изучении горных пород?