

Главные породообразующие минералы

магматических горных пород

Минеральный состав магматических горных пород

Определяется:

- 1) Составом расплава;
- 2) Условиями кристаллизации

Минералы магматических горных пород делятся:

1) по генезису:

- а) первичные (кристаллизуются непосредственно из магмы или при реакциях магма-расплав);
- б) вторичные (образуются в результате изменения и замещения первичных минералов при гидротермальных, метасоматических и метаморфических процессах);
- в) ксеногенные (чуждые);

2) по количеству в породе (для первичных):

- а) главные ($>5\%$);
- б) второстепенные ($<5\%$);
- в) акцессорные (лат. – дополнительные) – редкие минералы

Один и тот же минерал в может быть главным в одной породе, но второстепенным в другой.

Кварц – второстепенный минерал в габбро. Вид под микроскопом, николи X.



<https://www2.imperial.ac.uk/earthscienceandengineering/rocklibrary/viewrecord.php?SampleNo=IG101>

Кварц – главный минерал в граните. Вид под микроскопом, николи X.



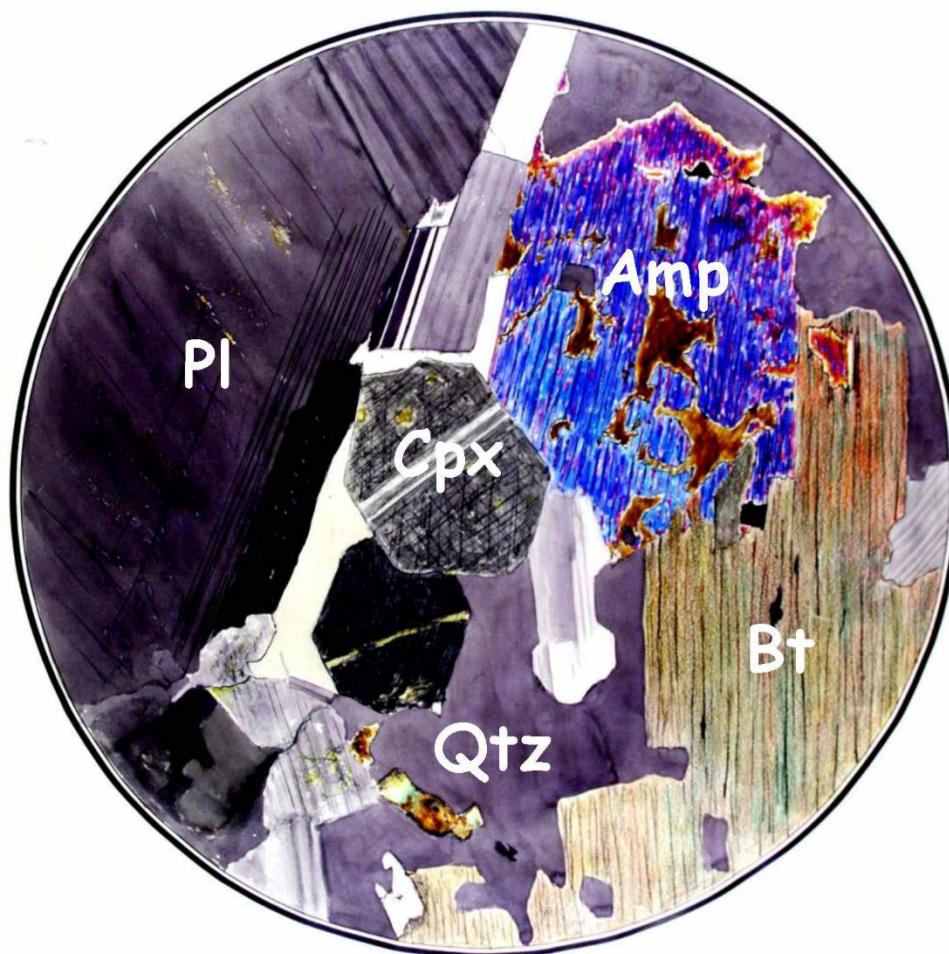
Фото М.А. Богомолова

Акцессорные минералы

Многие акцессорные минералы являются главными концентраторами редких (рассеянных) элементов* – важнейших индикаторов генезиса пород. Не входя в состав породообразующих минералов, эти элементы легко "обустраиваются" в кристаллических решетках акцессориев. Например, фосфор и фтор находятся в акцессорном апатите $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F})$.



Пример. Породообразующие минералы в кварцевом диорите



Главные минералы (> 5 %) – кварц (Qtz), плагиоклаз (Pl), амфибол (Amp), биотит (Bt). Второстепенный минерал (<5 %) - клинопироксен.

Николи скрещены. Поперечное поле зрения – около 8 мм. Зарисовка шлифа.

Породообразующие минералы по внешним свойствам принято делить на две большие группы:

- **Лейкократовые** (от греч. лейкос - белый, светлый и kratos - сила). Относящиеся к этой группе минералы называют также *сиалические* (Si-Al) или *салические*, поскольку в их составе высокое содержание кремния и алюминия.

К этой подгруппе относятся **кварц, полевые шпаты, фельдшпатоиды.**

- **Меланократовые** (от греч. melanos – чёрный). Их также называют *темноцветные* и *мафические* (Mg-Fe) или *фемические* (Fe- Mg), поскольку в их составе присутствуют железо и магний. К темноцветным относятся **оливин, пироксены, амфиболы и слюды.**

Необходимо обратить внимание, что цветовые характеристики относятся к макроскопическим свойствам, при наблюдении же под микроскопом многие «темноцветные» минералы бесцветны (например, оливин, многие пироксены), что может приводить в смущение при отнесении их в группу темноцветных.

Критерием, которым можно руководствоваться при определении к какой из этих групп относится минерал, является оптический рельеф: лейкократовые минералы обладают низким рельефом (как + так и -), а меланократовые – средним и высоким +.

МИНЕРАЛЫ

по составу и цвету

лейкократовые

меланократовые

по распространенности

породообразующие

акцессорные

генезису

первичные

вторичные

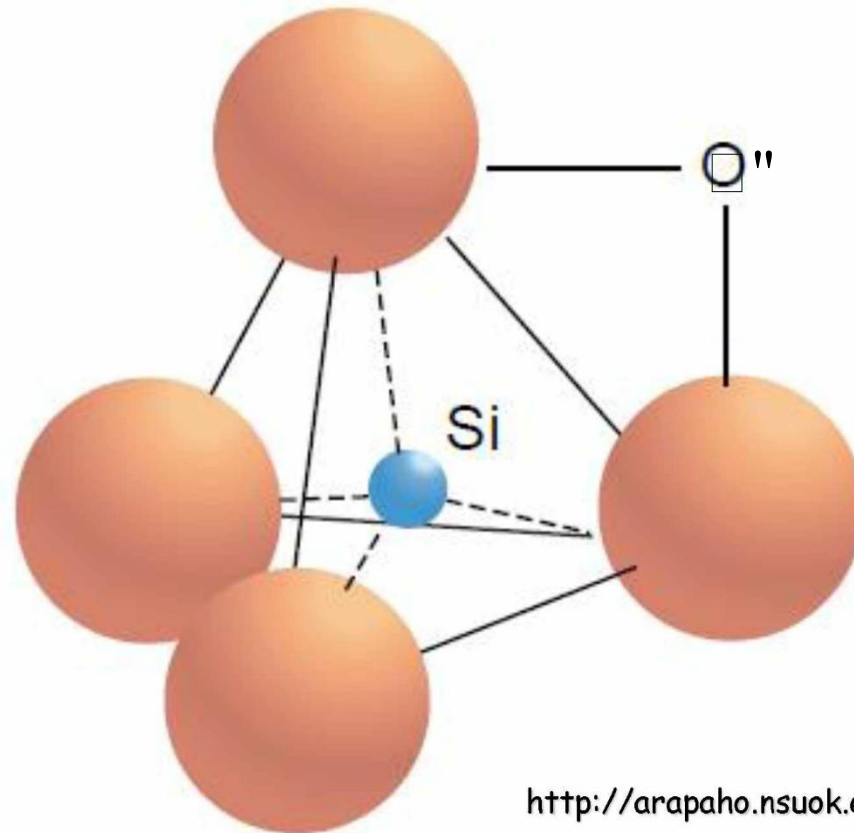
по относительному содержанию

главные

второстепенные

Породообразующие силикаты

Тетраэдр $[\text{SiO}_4]^{4-}$ - основа каркаса



Обратите внимание на различие ионных радиусов Si и O.

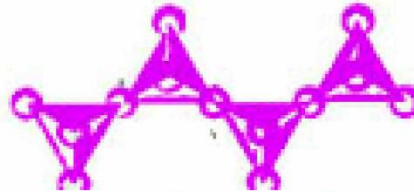
Основные подклассы силикатов

OI  Островные



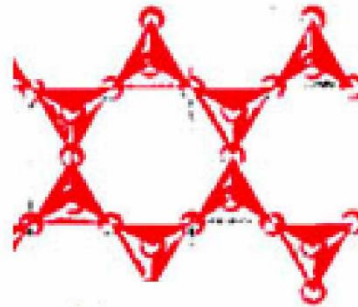
Изолированные тетраэдры

Px  Цепочечные



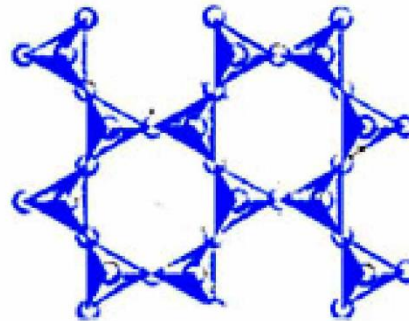
Цепочки тетраэдров,

Amf  Ленточные



Ленты из 2 цепочек

Слюд.  Слоистые



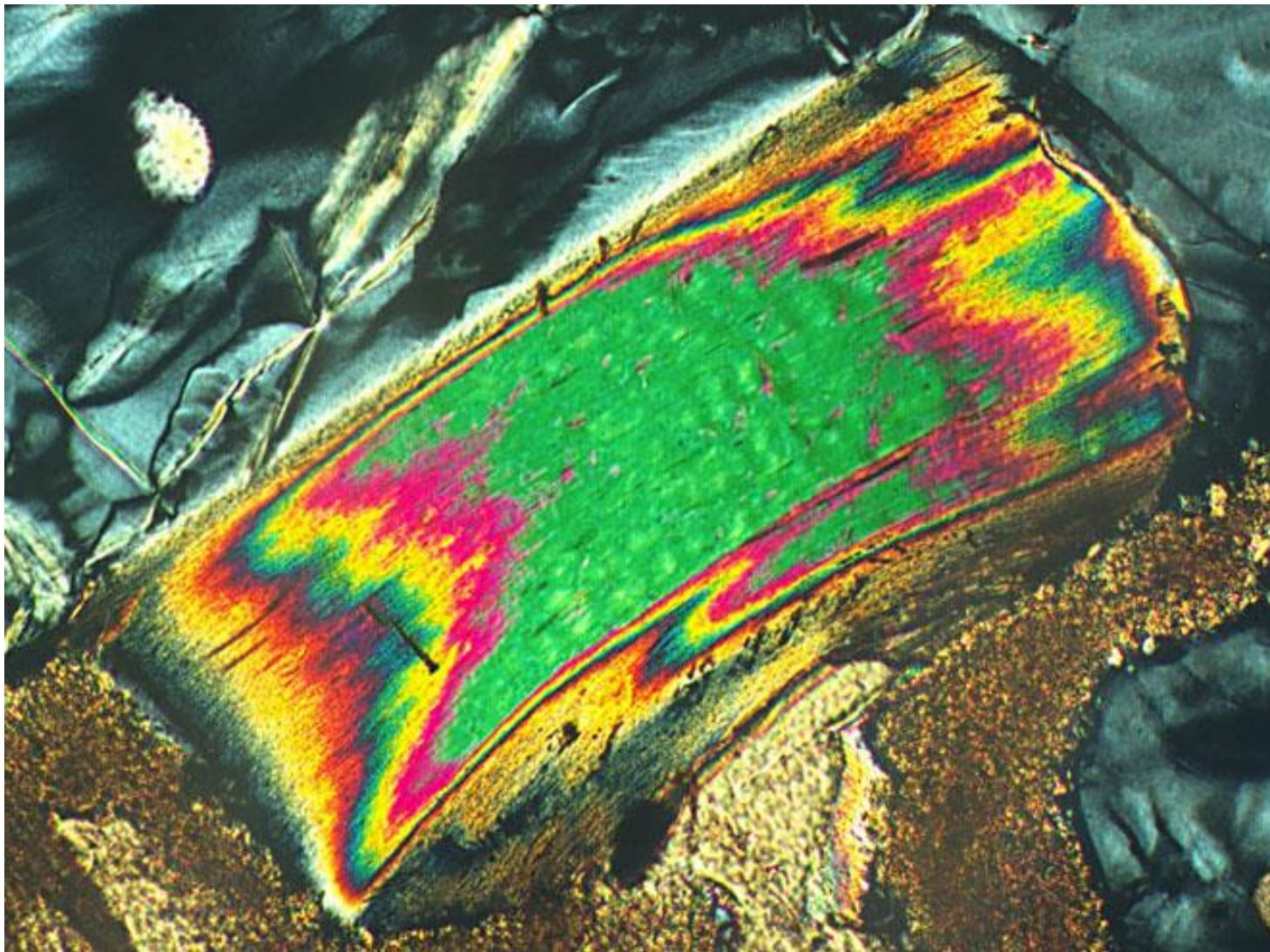
Слои из лент

РІ
Кпш  Каркасные
кварц



3D каркас,

При включении анализатора при наблюдении в поляризационном микроскопе у минералов возникает **интерференционная окраска**.
Причины ее появления кратко излагаются на слайдах ниже.



На фото у зерна в центре интерференционная окраска зеленая третьего порядка.

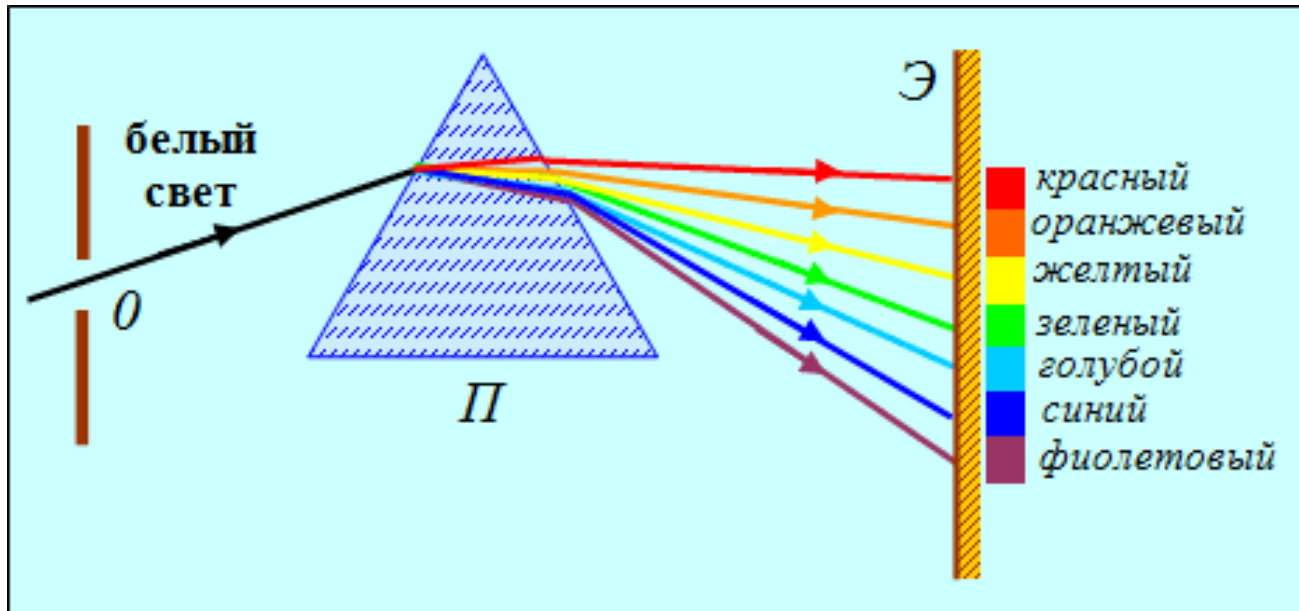
Природа света. Понятие о поляризации света.

Природа света двойственная – он обладает свойствами **электромагнитной волны** и **частицы**. Для большинства явлений, относящихся к макромиру, достаточно рассматривать свет в качестве электромагнитной волны, что и сделано в данном курсе.

К области **видимого света** относятся электромагнитные колебания с длинами волн от **380 нм до 780 нм**. **Белый свет** представляет собой **совокупность** световых колебаний **всего спектра** видимых волн.

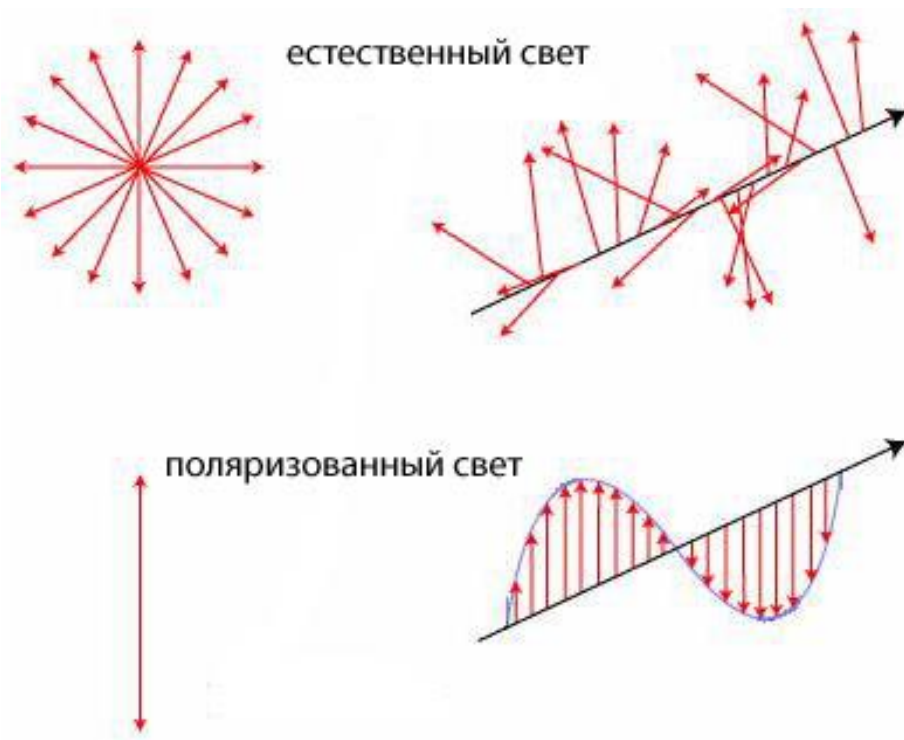
Если по какой-либо причине часть длин волн, входящих в состав белого света, усилена или ослаблена, то свет будет не белым, а цветным. Такой цветной свет, так же как и белый, является сложным.

Свет какой-либо одной длины волны называется простым или ***монохроматическим***, т.к. имеет определенный цвет.



Свет – **поперечная волна**, т.к. **колебания** векторов напряженности электрического и магнитного полей совершаются в плоскости, **перпендикулярной** направлению распространения светового луча.

В дальнейшем, говоря о направлении колебания, будем иметь в виду колебание вектора напряженности электрического поля, т.к. именно он оказывает фотографический эффект.



В свете, испускаемом солнцем и другими раскаленными телами, колебания примерно равной амплитуды совершаются во всех направлениях плоскости, перпендикулярной световому лучу, такой свет называют **естественным (рассеянным)**.

Если для какой-либо точки такого луча отложить во все стороны векторы, пропорциональные амплитудам колебаний по этим направлениям, концы векторов будут расположены по окружности .

Если же колебания совершаются только в одном направлении плоскости, перпендикулярной световому лучу, а по другим направлениям амплитуды равны 0, такой свет называется **линейно поляризованным**, в дальнейшем мы будем называть такой свет просто **поляризованным**.

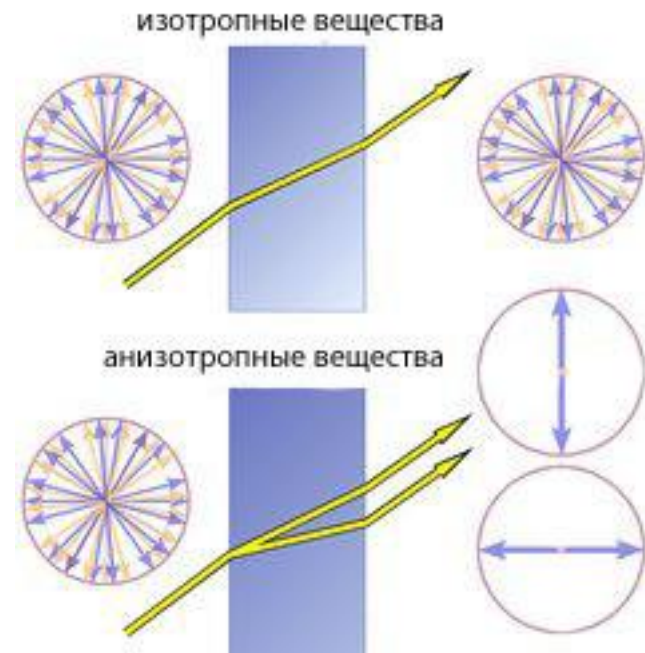
Взаимодействие света с веществом

При прохождении световой волны через вещество происходит многократное поглощение и переизлучение энергии электронными оболочками атомов или ионов, из которых оно состоит.

При этом, если структура вещества одинакова по всем направлениям (ввиду высокой симметричности, как в кристаллах кубической сингонии, либо отсутствию кристаллической решетки, как у аморфных веществ), то и реакция вещества не зависит от направления прохождения света – вещество оптически *изотропно*.

В случае неоднородности строения среды (в кристаллах средних и низших сингоний), оптические свойства зависят от направления. Такие вещества оптически *анизотропны*, вследствие чего в них возникает явление *двулучепреломления* – разложение луча света на два луча, распространяющихся с различными скоростями и поляризованных во взаимно перпендикулярных направлениях.

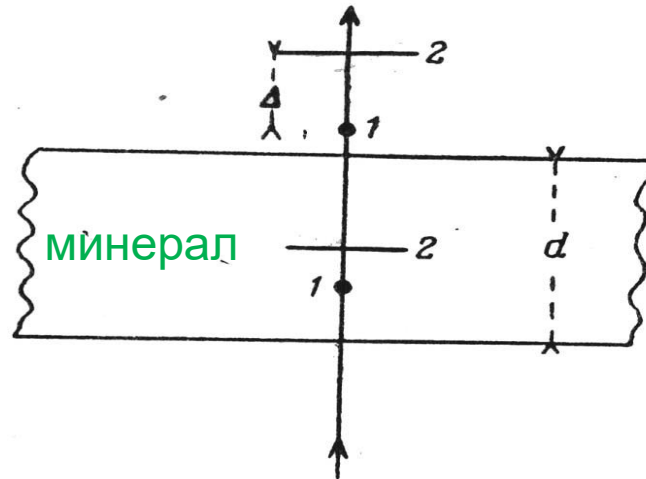
Так как световая волна поперечна, то различие скоростей этих двух лучей будет определяться степенью анизотропии структуры **в плоскости, перпендикулярной лучу**.



Поэтому в случае, когда направлению падения света перпендикулярна плоскость анизотропного кристалла с однородным строением, например, при прохождении света параллельно оси симметрии высшего порядка в кристаллах средних сингоний, двулучепреломления происходить не будет. Такие направления, проходя по которым, луч света не испытывает двулучепреломления, называются *оптическими осями*.

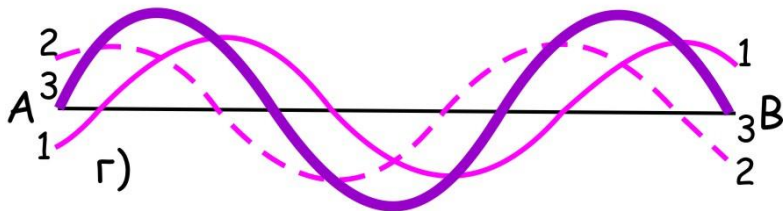
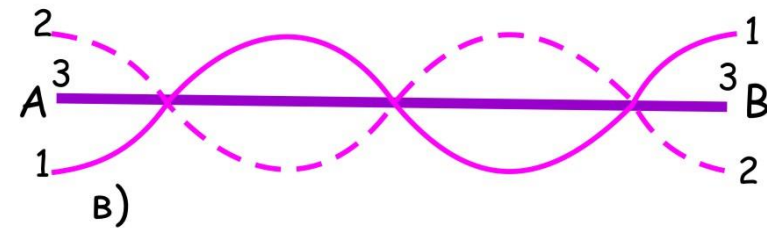
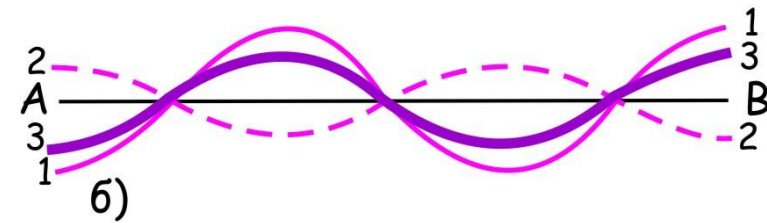
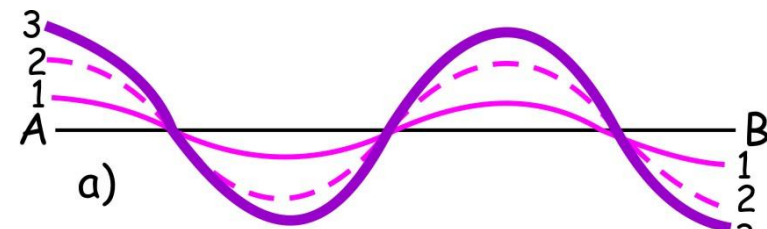
Световая волна, вышедшая из поляризатора, входя в кристалл, распадается на две, имеющих разные скорости V_1 и V_2 и поляризованные во взаимно перпендикулярных направлениях.

Более медленная волна 1 выйдет из кристалла с запозданием относительно более быстрой волны 2, в результате которого образуется разность хода (Δ), с которой обе волны придут к анализатору, включение которого приведет к интерференции этих волн. $\Delta = d(n_1 - n_2)$, где d – толщина шлифа, а $(n_1 - n_2)$ – разница показателей преломления для этих волн, называемая **силой двулучепреломления**.



. Таким образом, разность хода, получающаяся в зерне минерала, прямо пропорциональна его толщине и силе двулучепреломления данного сечения.

Интерференция – сложение колебательных движений двух или более волн. Рассмотрим возможные случаи интерференции двух монохроматических лучей, поляризованных в одной плоскости



- 1) если разность хода лучей равна целому числу длин волн данного монохроматического света ($\Delta = n\lambda$), лучи придут в точку А в одинаковой фазе, и амплитуда результирующего колебания будет равна сумме амплитуд колебаний лучей 1 и 2.
- 2) если разность хода равна целому числу длин волн плюс полволны ($\Delta = n\lambda + \lambda/2$), колебания встречаются в точке А в противоположных фазах, и амплитуда результирующего колебания равна разности амплитуд колебаний 1 и 2. В частном случае, когда амплитуды интерферирующих лучей равны между собой, результирующая амплитуда равна 0, т.е. взаимодействие двух световых лучей дает темноту

В случае белого света явление интерференции значительно усложняется. Как уже упоминалось, белый свет представляет собой смесь световых колебаний с длинами волн от 380 до 780 нм.

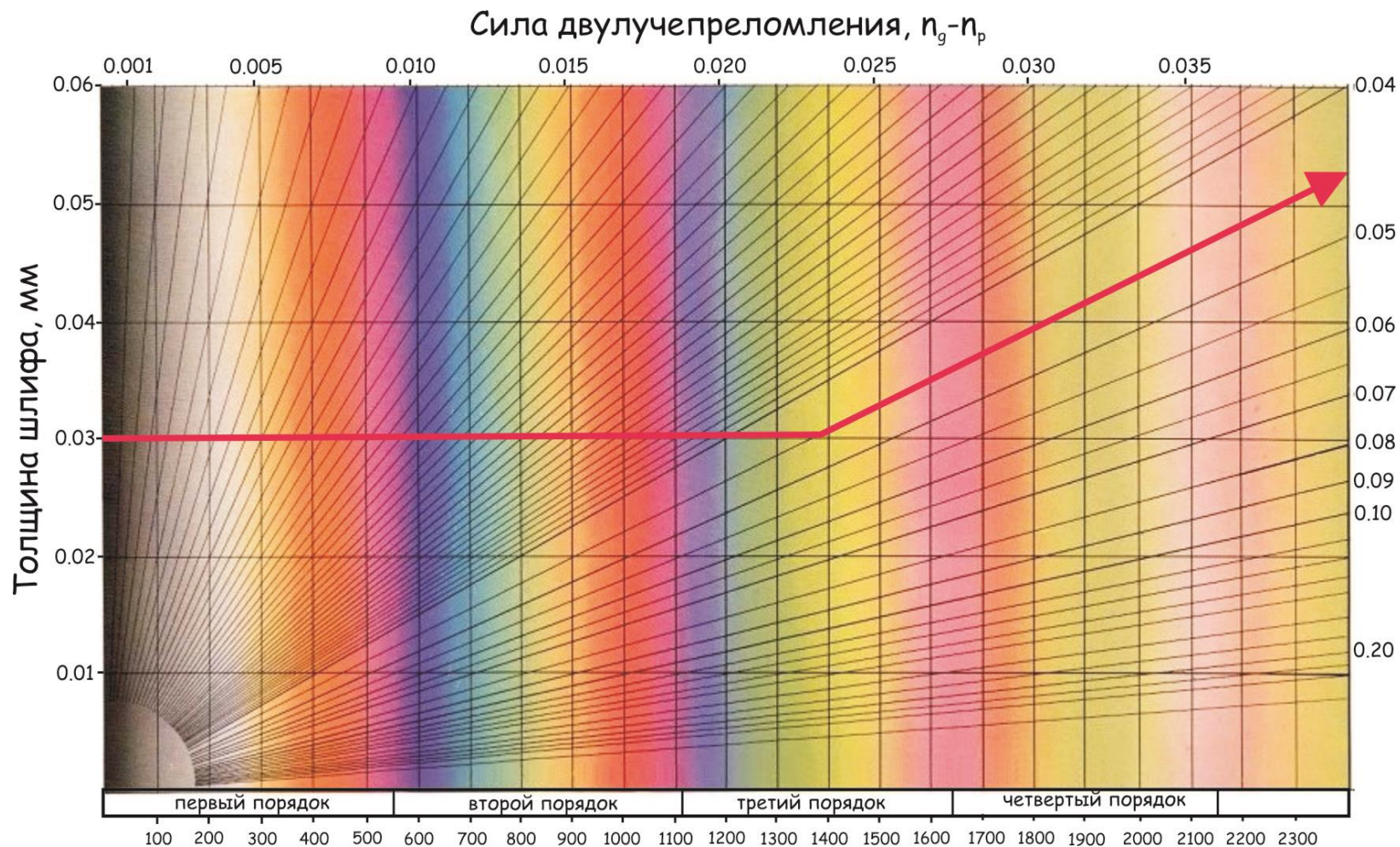
Получающаяся в кристалле разность хода для лучей одних длин волн будет равна четному, для других – нечетному числу полуволн.

Поэтому волны одного цвета, входящие в состав белого света, при интерференции будут уничтожаться, а другого – наоборот усиливаться, в результате чего кристалл будет казаться окрашенным.

Каждой разности хода соответствует своя интерференционная окраска.

Очевидно, что так же, как и разность хода, интерференционная окраска зависит от толщины зерна минерала и силы двулучепреломления его сечения.

Все интерференционные окраски, наблюдаемые при различной разности хода, изображены на номограмме Мишель-Леви на следующем слайде.



По горизонтальной оси номограммы нанесена разность хода в нм, слева на вертикальной оси – толщина шлифа в мм, а вверху и справа – силы двулучепреломления.

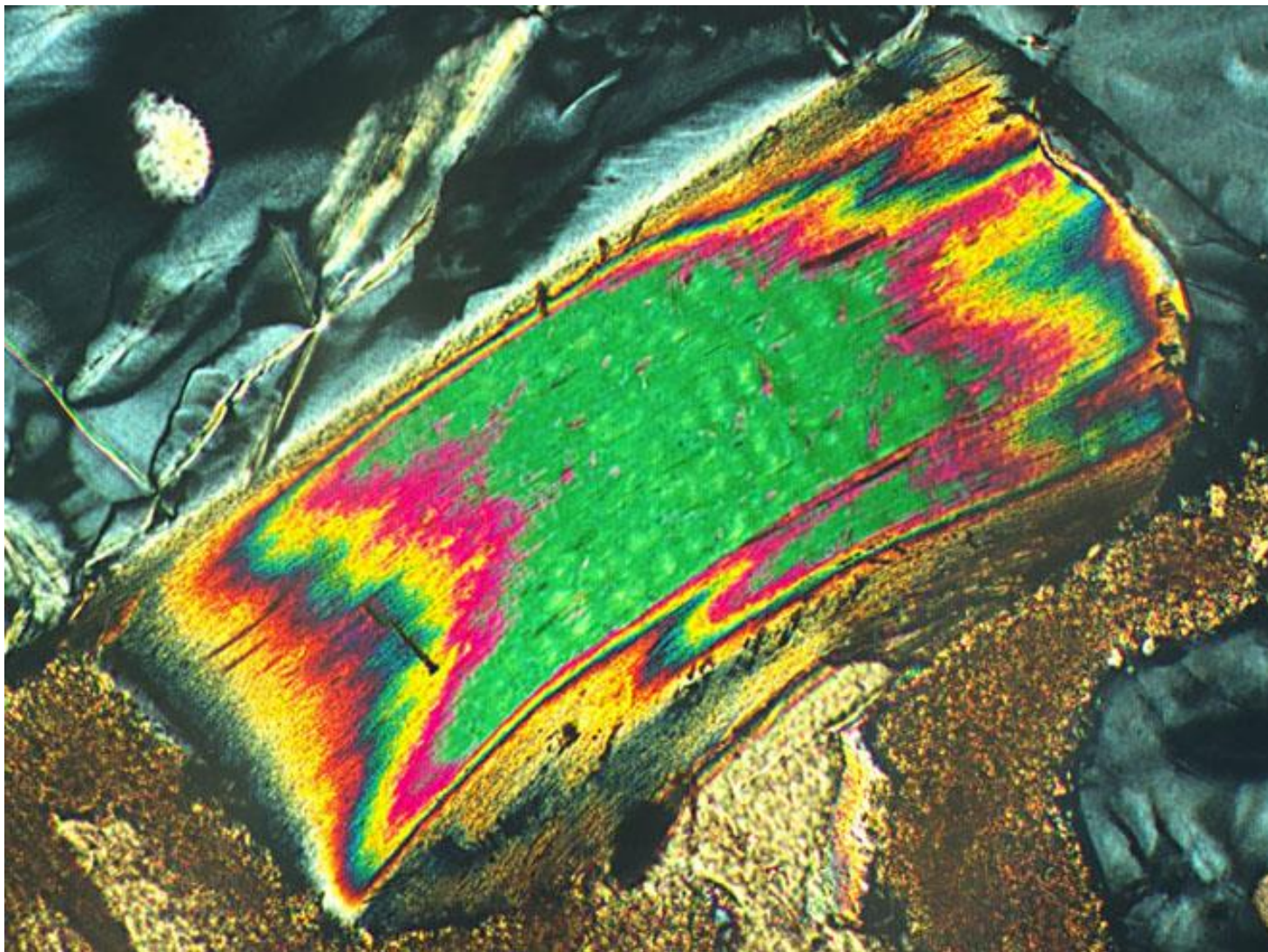
При повышении разности хода цвета периодически повторяются, что позволяет разбить шкалу на порядки, границы между которыми проводятся по фиолетовому цвету (т.о. разность хода, соответствующая одному порядку, равна 560 нм).

Определение порядка интерференционной окраски минералов в шлифе (например, отличие красной первого порядка от красной второго порядка и т.п.) часто представляет сложность для начинающих.

Порядок интерференционной окраски удобно определять на наклонном краю зерна. В таком зерне сила двулучепреломления постоянна по всей его площади, а толщина кристалла меняется от максимума в центральной части до минимума на краю, что вызывает соответствующее изменение разности хода (от максимума в центре до минимума на краю).

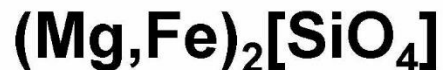
Следовательно, если в зерне наблюдается красная интерференционная окраска второго порядка, то все более низкие интерференционные окраски (желтая-II, зеленая-II, синяя-II, красная-I, желтая-I, белая и серая) будут последовательно представлены каймами соответствующего цвета на скошенном краю зерна. В большинстве случаев из-за узости этих каемок похожие цвета сливаются и становятся неразличимы, но сине-зеленые полосы, маркирующие начало нового порядка, все равно обычно отчетливо видны на фоне более светлых цветов.





Интерференционная окраска зеленая третьего порядка.

Группа оливина



Непрерывный твердый раствор

Фаялит (Fa) Fe_2SiO_4

Форстерит (Fo) Mg_2SiO_4

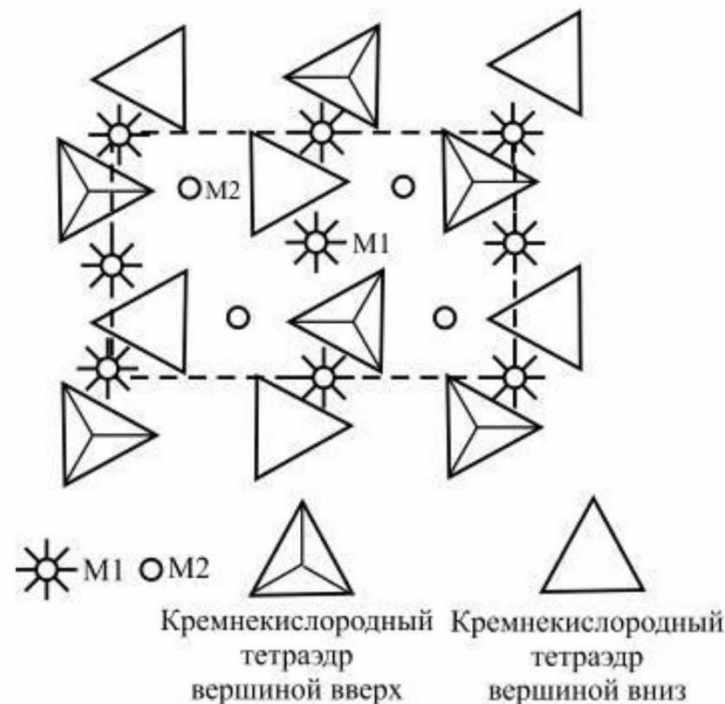
Состав оливина обычно обозначают по количеству форстеритового компонента: Fo60, Fo70 и т.д. Например, Fo60 означает, что в составе оливина 60% форстеритового (магнезиального) компонента и 40% фаялитового (железистого) компонента.

Структура. Изолированные $[\text{SiO}_4]$ тетраэдры. Вершины направлены поочередно вверх и вниз. Тетраэдры связаны через катионы. Катионные позиции M1 и M2.

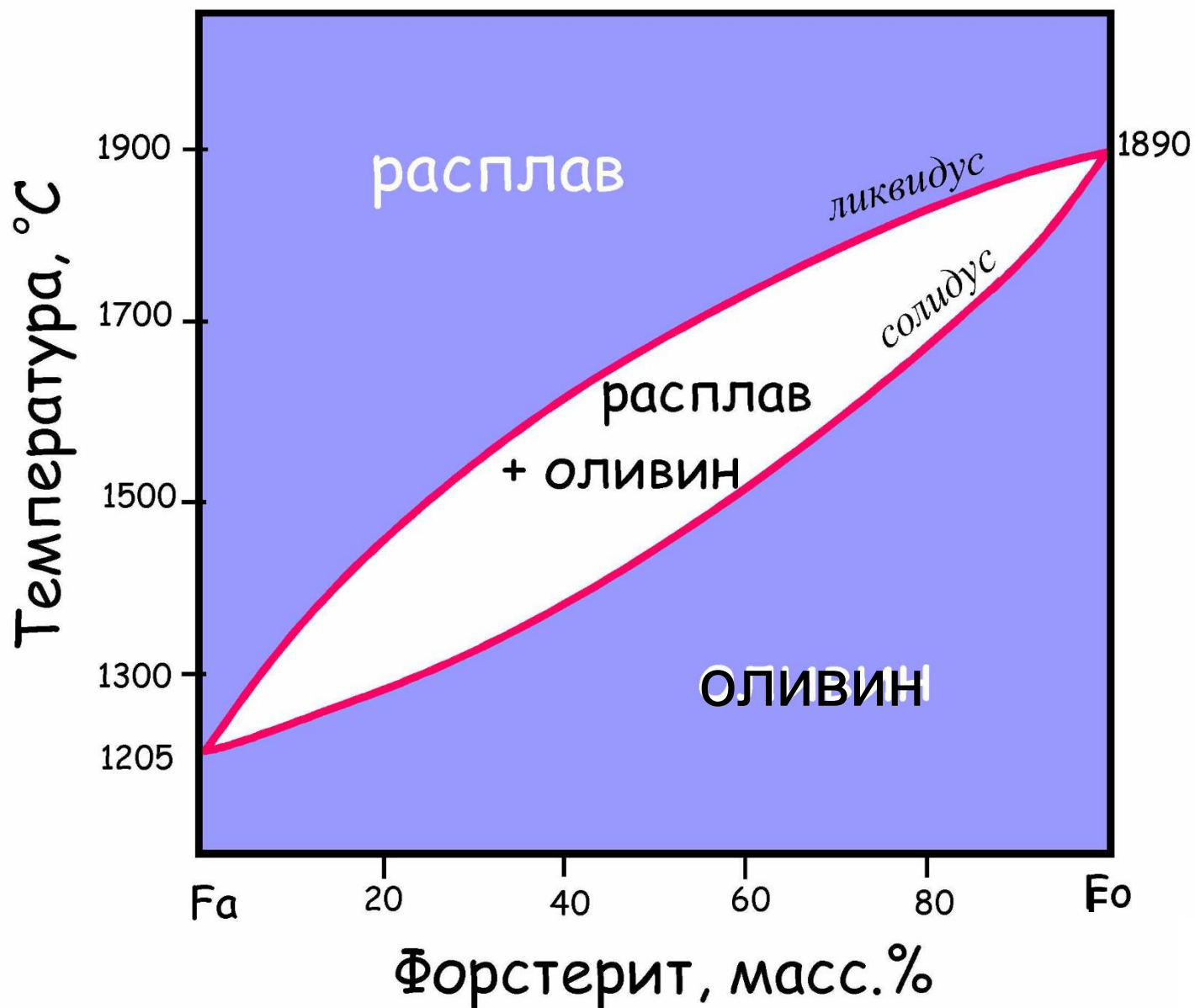
Сингония ромбическая.



dco.gl.ciw.edu

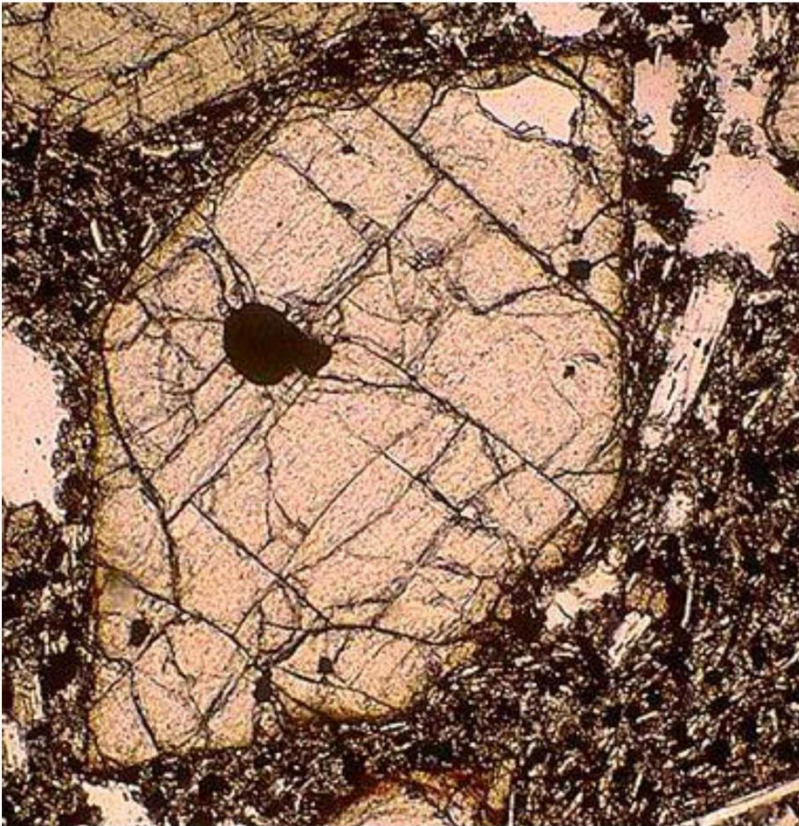


Форстерит кристаллизуется при температуре 1890°C, фаялит – 1205°C.

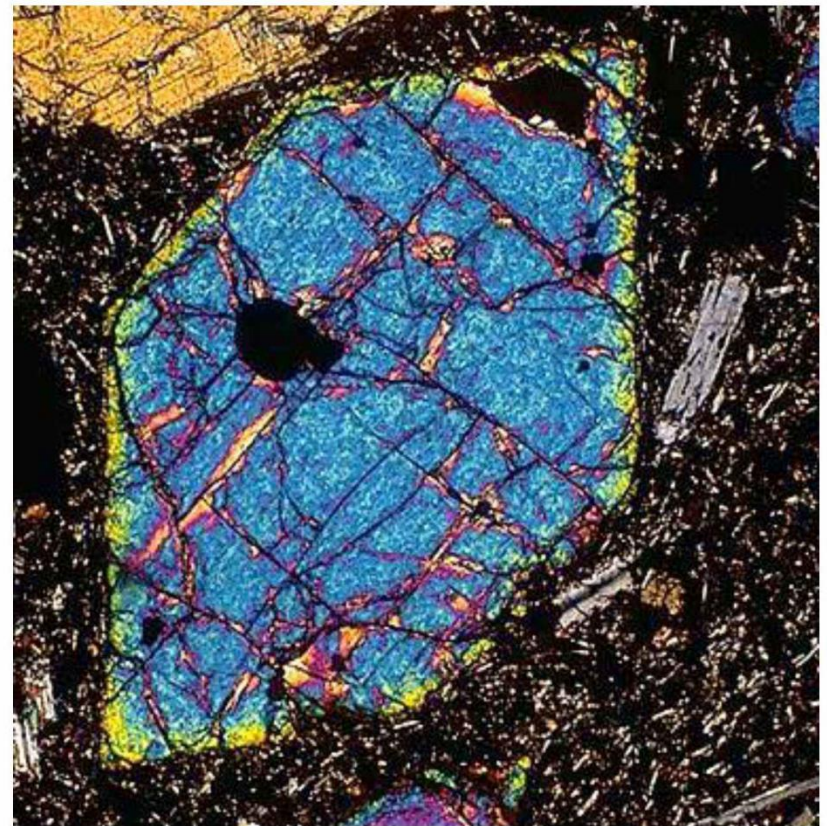


Характерная форма выделения оливина – шестиугольные или ромбовидные кристаллы.

На фото ниже – эффузивная порода с вкрапленниками оливина. У оливина на фото видна крайне редко проявляющаяся средняя спайность в двух направлениях.

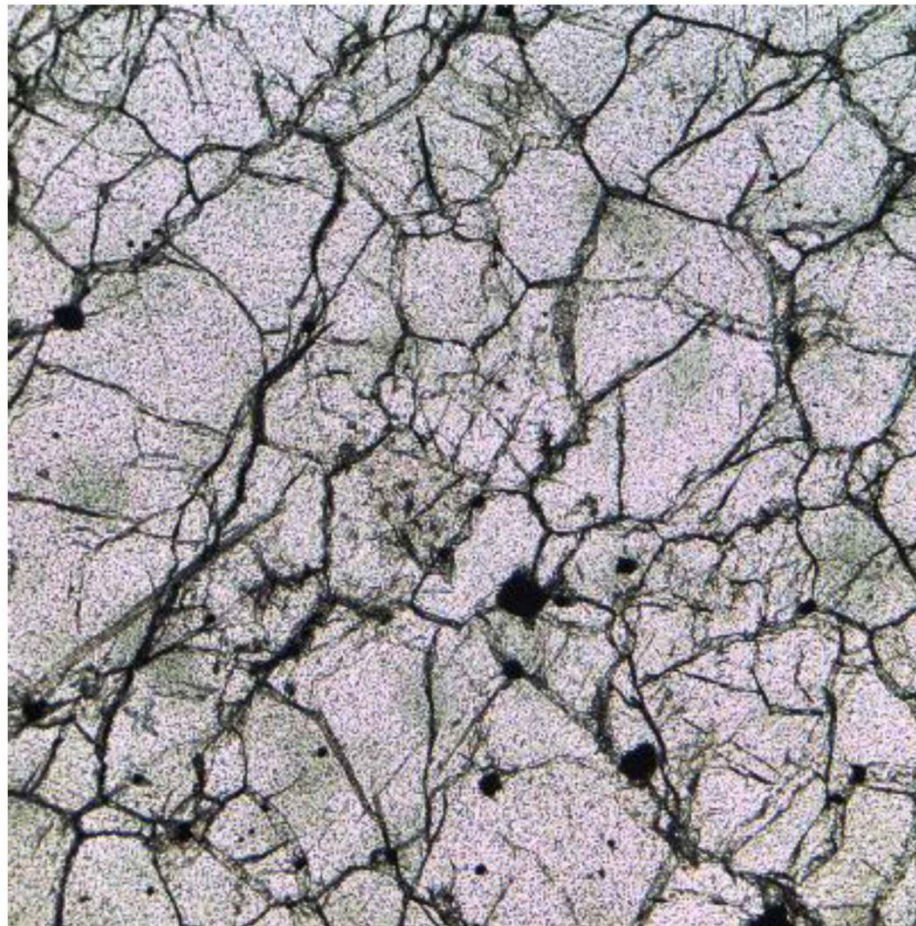


При одном Николе. Диафрагма прикрыта. Ширина фото 2 мм

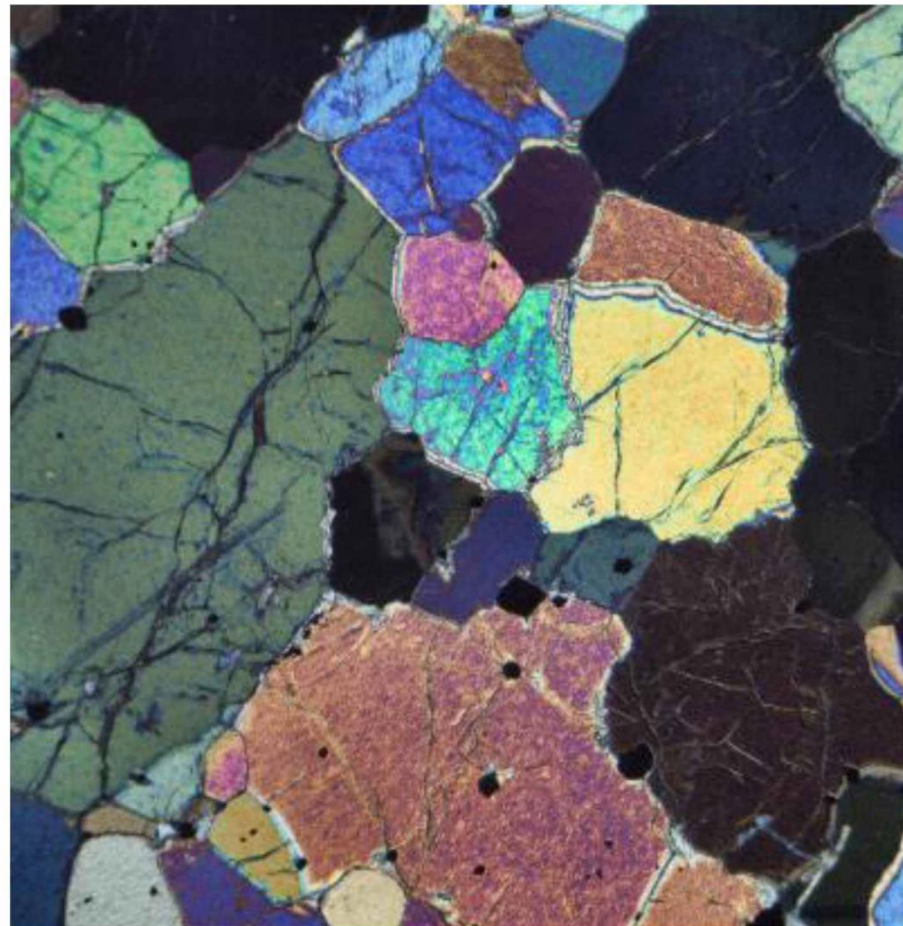


В скрещенных Николях.
Ширина фото 2 мм

Спайность в оливинах отсутствует или средняя (несовершенная), в более железистых разновидностях бывает отчетливой. В шлифах оливины бесцветные, интерференционные окраски до третьего порядка.

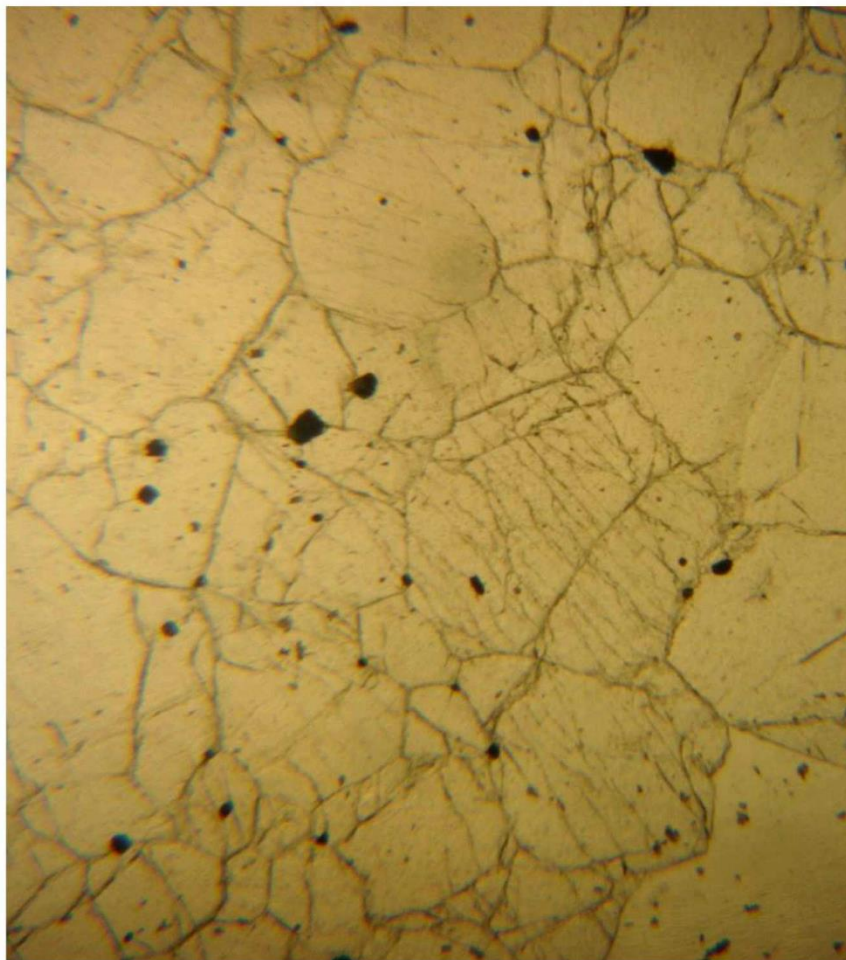


Оливин при одном Николе. Объектив 4х.
D=3 мм. Диафрагма прикрыта.

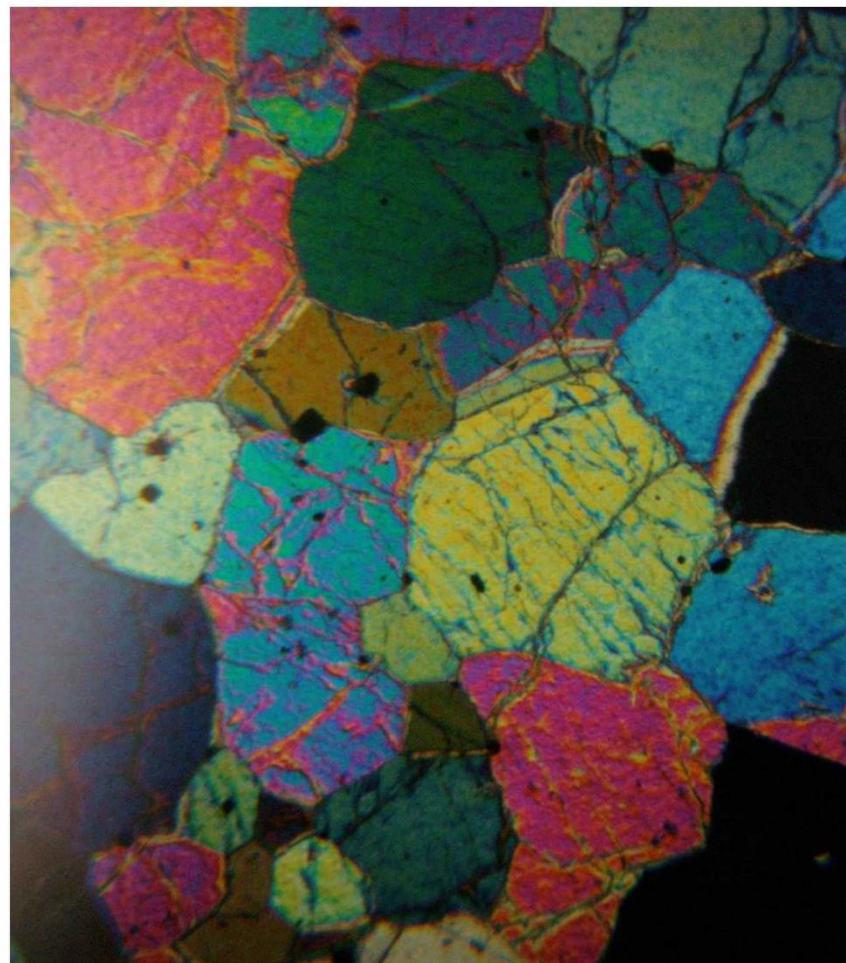


Оливин в скрещенных Николях. Объектив 4х.
D=3 мм.

На фото ниже приведен участок породы, в котором у оливина проявлена средняя (несовершенная) спайность (помимо оливина в породе присутствует магнетит).



Оливин при одном Николе.
Ширина фото 3 мм



Оливин в скрещенных Николях.
Ширина фото 3 мм

Спасибо за внимание!