
Введение в кристаллооптику

(материалы к практическому занятию)



Профессор кафедры петрологии и вулканологии

Андрей Викторович Бобров (комн. 401-а)

archi@geol.msu.ru

Курс «ПЕТРОГРАФИЯ С КРИСТАЛЛООПТИКОЙ»

Лекции + **Практические занятия**

ср 12-40 (ауд. 803)

чт 9-00 (ауд. 828)

Консультация – ср 18-30–20-00 (ауд. 828)

Продолжительность курса – 3 семестра:

Введение в петрографию + кристаллооптика (экз)

Магматические горные породы (экз)

Метаморфические горные породы (экз)

Отчетность по практическим занятиям в этом семестре:

- Домашний шлиф № 1 (описание свойств темноцветного минерала *без его определения*);
- **Контрольная работа № 1** (теоретический вопрос по кристаллооптике + задача + описание свойств темноцветного минерала *без его определения*) – 16 ноября;
- Домашний шлиф № 2 (описание свойств темноцветного минерала *и его определение*);
- Домашний шлиф № 3 (определение состава плагиоклаза);
- **Контрольная работа № 2** (описание свойств темноцветного минерала *и его определение* + определение состава плагиоклаза) – 21 декабря.

Основная литература по кристаллооптике:

1. Маракушев А.А., Бобров А.В., Перцев Н.Н., Феногенов А.Н. Основы кристаллооптики и породообразующие минералы. М.: Юрайт. 2016.
2. Шур М.Ю. Петрография. Руководство к практическим занятиям. М.: МГУ. 2005 (*и более поздние издания*).
3. Треггер В.Е. Таблицы для оптического определения породообразующих минералов. Москва. 1958.

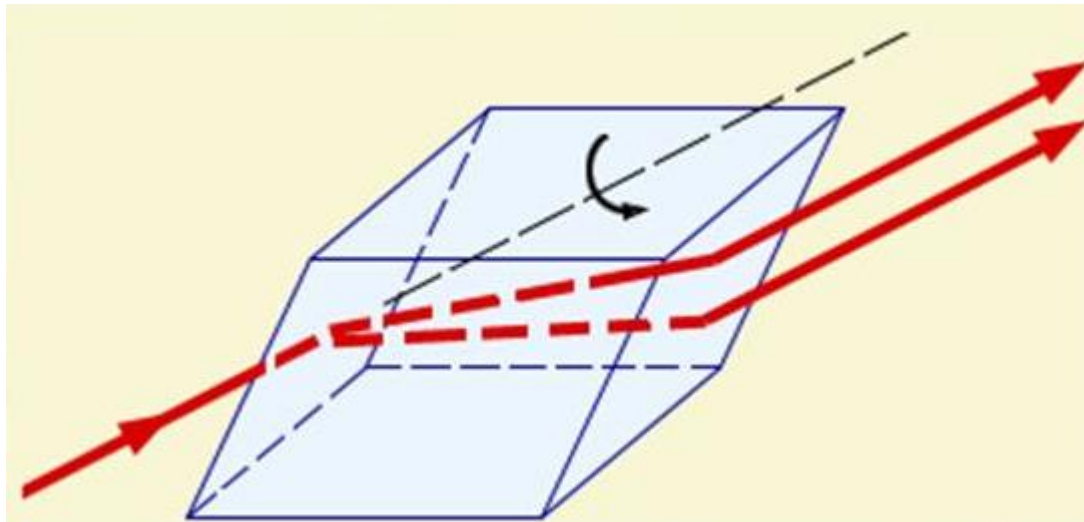
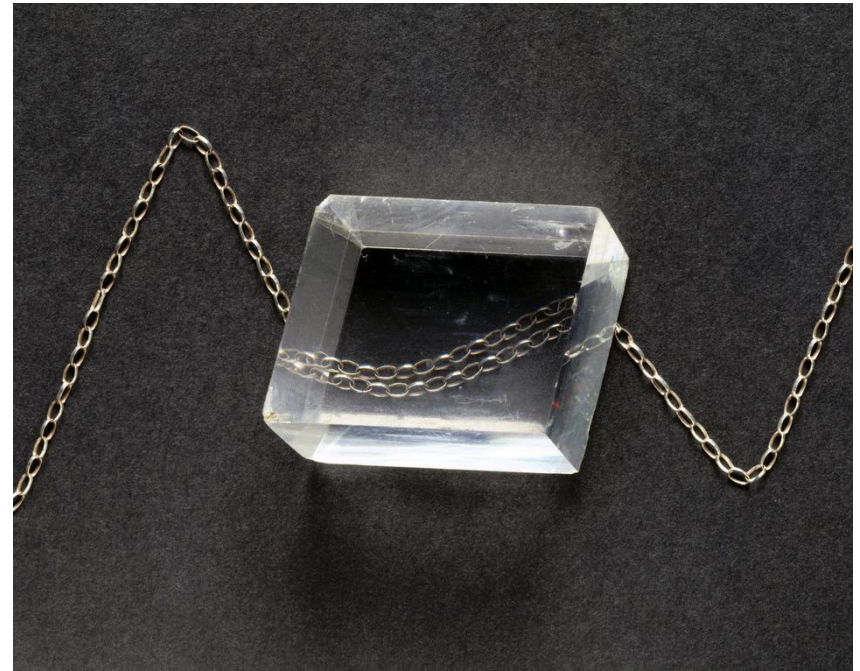
ОСНОВЫ КРИСТАЛЛООПТИКИ И ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

Кристаллооптика – раздел физики, изучающий прохождение света через кристаллические среды.

История развития кристаллооптики

- ❑ **IV в до н.э.** – Аристотель отметил преломление света, проходящего через стеклянную линзу.
- ❑ **Начало XV века** – начало использования очков.
- ❑ **1609** – *итал.* Галилео Галилей развил идею комбинации линз (появление первого линзового телескопа-рефрактора).
- ❑ **1612** – *итал.* Галилео Галилей сконструировал первый микроскоп.
- ❑ **1666** – *англ.* Исаак Ньютон открыл явление дисперсии (переход белого цвета (светового луча) из одной среды в другую сопровождается его разложением в спектр).
- ❑ **1669** – *дат.* Эразм Бартолин установил явление двойного лучепреломления в кальците.

**Теория двойного
лучепреломления** была
разработана *гол.* физиком
Христианом Гюйгенсом, а затем
уточнена *фр.* физиком Огюстом
Френелем – создателем
волновой теории света.



е – необыкновенный луч
о – обыкновенный луч

У кальцита:

$$n_o = 1,658, n_e = 1,486$$

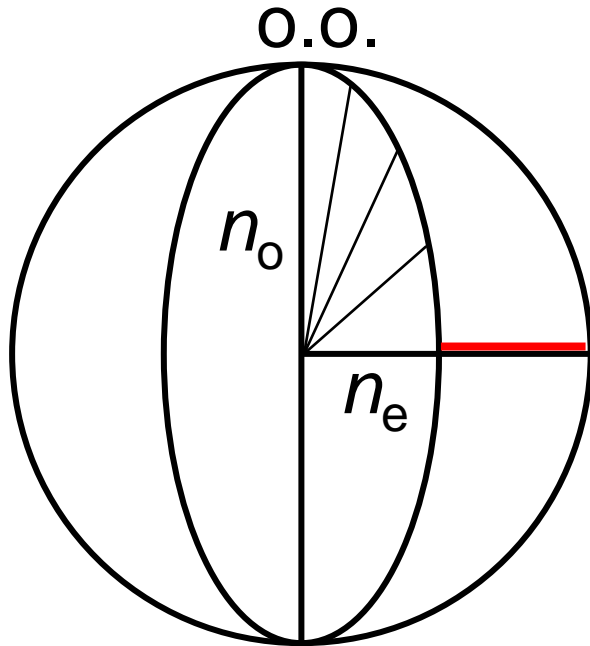
Двойное лучепреломление:

$$n_o - n_e = 0,172.$$

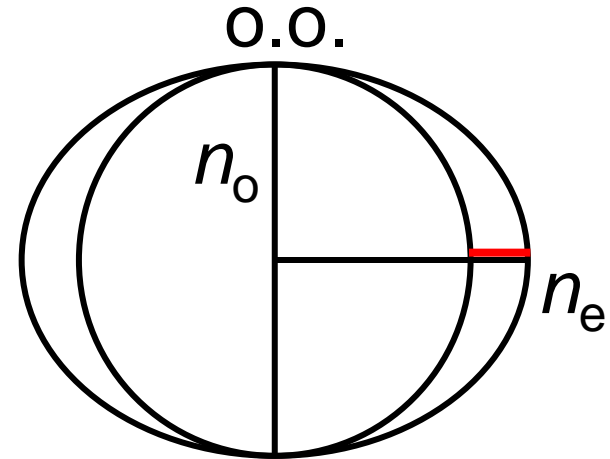
Очень высокая величина!

Поверхность показателей преломления

кальцит



кварц



$$n_e = 1,553, n_o = 1,544$$
$$n_e - n_o = 0,009.$$

Оптическая ось – направление в кристалле, в котором отсутствует двойное лучепреломление.

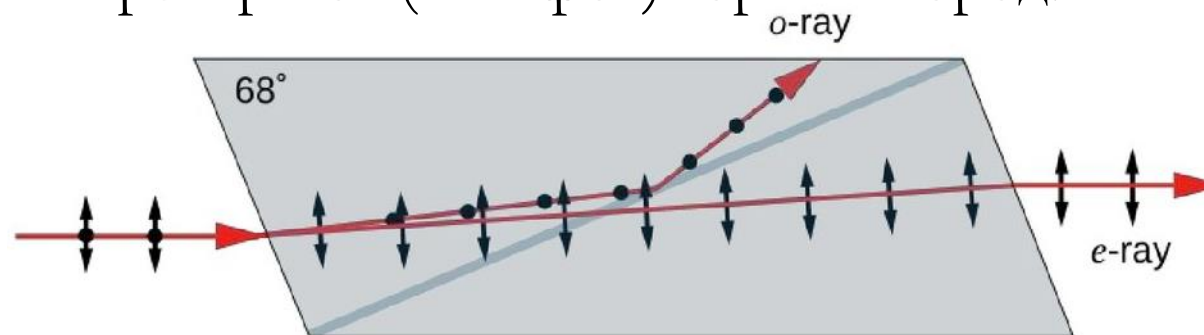
Оптический знак минерала. Если $n_e > n_o$, то кристалл считается **оптически положительным**; при $n_e < n_o$ он **оптически отрицательный**.

□ **1808** – *фр.* Э.Л. Малюс установил явление **поляризации света кристаллами**. Обычный свет рассеянный, при вхождении в кристаллическую среду он становится (плоско)**поляризованным**, т.е. испытывает колебания в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

□ **1828** – *шотл.* Уильям Николь сконструировал первый поляризатор на основе кристалла исландского шпата (призма Николя).

□ **1834** – *англ.* Фокс Талбот описал применение призмы Николя в оптической системе обычного микроскопа.

□ **1849** – *англ.* Генри Клифтон Сорби сконструировал первый поляризационный микроскоп и начал исследование тонких препаратов (шлифов) горных пород.



Канадский бальзам:

$$n = 1,535 \text{ (const)}$$

Устройство поляризационного микроскопа

Leica DM750P





Окуляры.

Увеличение 10×. Один из них имеет настраиваемый фокус. Есть окуляры с крестом нитей, линейкой и сеткой. Можно регулировать расстояние между глазами.

Линза Бертрана.

Необходима для наблюдения в сходящемся свете.

Анализатор (верхний николю).

Объективы.

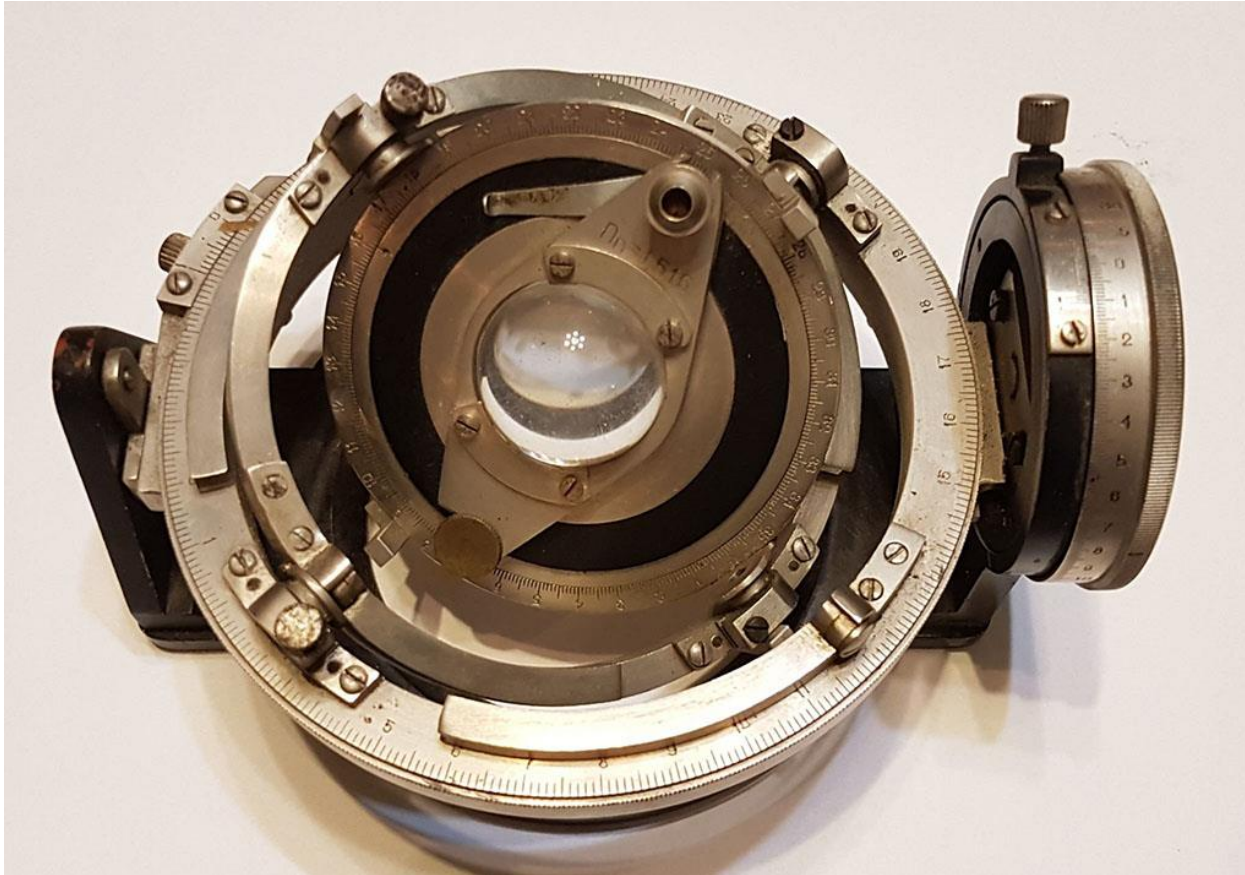
Встроены в револьверную систему. Увеличения 4×, 10×, 20×, 63× (меняются поворотом револьверной системы). **Ни в коем случае нельзя поворачивать систему, держась за объектив** – только за рифленое верхнее основание системы!

Вращающийся столик.

Имеются прижимные лапки, шкала измерения углов с нониусами, отверстия для крепления доп. оборудования и стопорные винты **(не использовать на занятиях и проверять их состояние!)**.

Все, что ниже – осветительная система.

Универсальный теодолитный метод



Евграф Степанович
ФЕДОРОВ
10.12.1853–21.05.1919

Метод позволяет ориентировать исследуемое зерно минерала необходимым образом, определять направления кристаллографических и оптических осей.



Далее, сверху вниз:

Конденсорная линза.

Ирисовая диафрагма.

Используется при изучении показателей преломления и рельефа минералов.

Поляризатор (нижний николю).

Фокусировочные винты.

Используются для грубой и тонкой фокусировки.

Лампа.

Диафрагма не используется. Сила света регулируется реостатом.

Проверки микроскопа перед работой

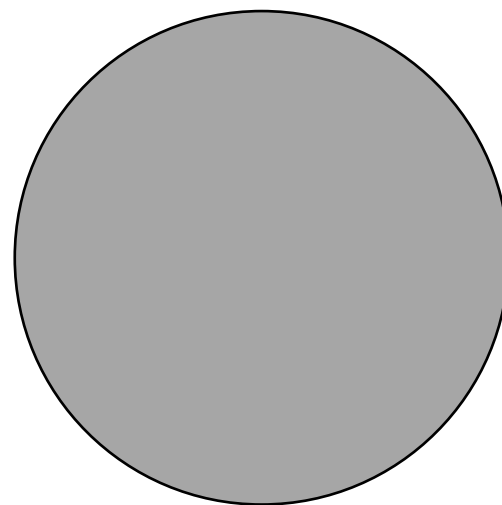
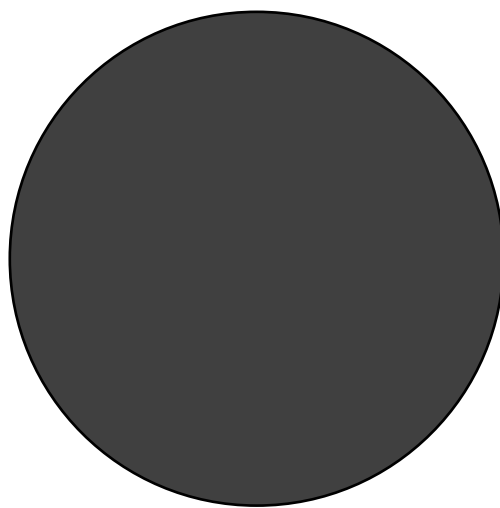
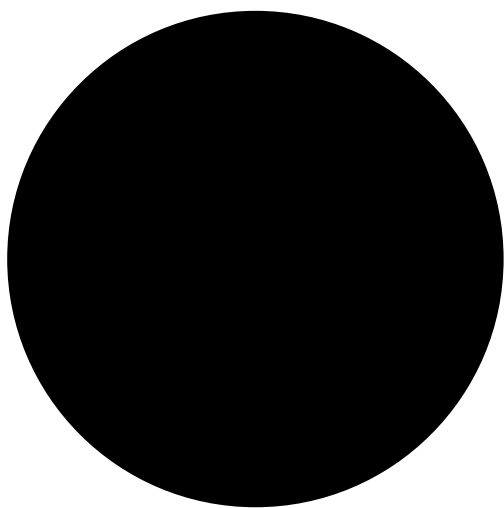
Включают в себя ряд подготовительных операций, необходимых для начала работы. Большинство из них делаются однократно при получении микроскопа или после его ремонта.

1. Установка и настройка микроскопа. Главный принцип – максимальный комфорт работы. Необходимо правильно установить микроскоп, наладить силу света (реостатом) и отрегулировать фокус окуляров.

Важно! Нельзя долго держать микроскоп во включенном состоянии.

2. Проверка скрещенности николей.

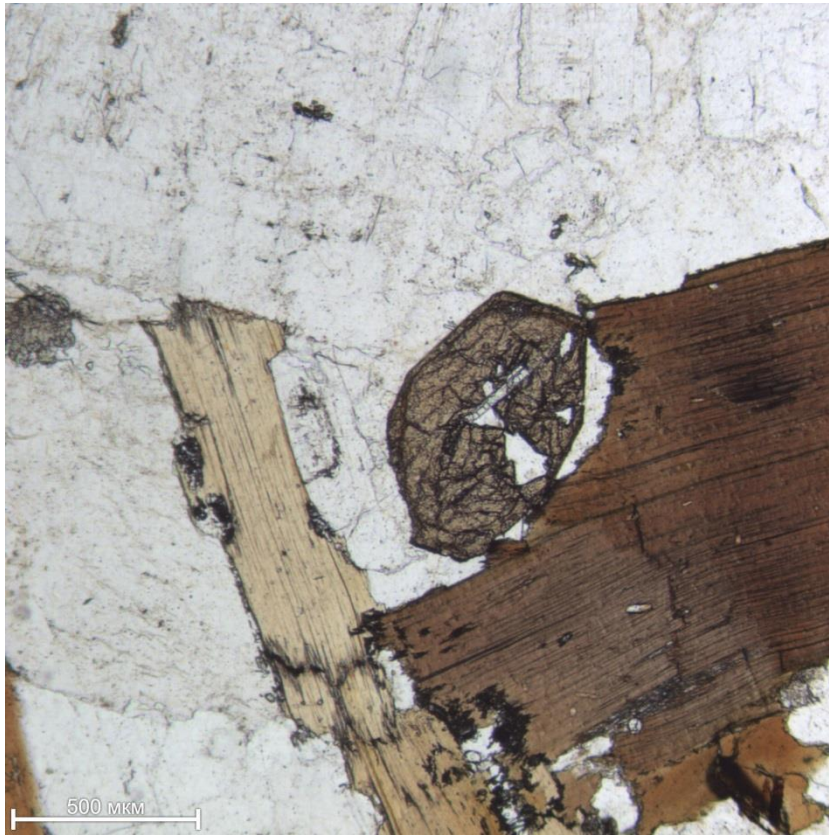
Нужно убедиться, что поляризатор и анализатор пропускают свет, колеблющийся во **взаимно перпендикулярных направлениях**. При включении анализатора поле зрения должно стать **темным (черным)**.



3. Определение направления колебания света, выходящего из поляризатора.

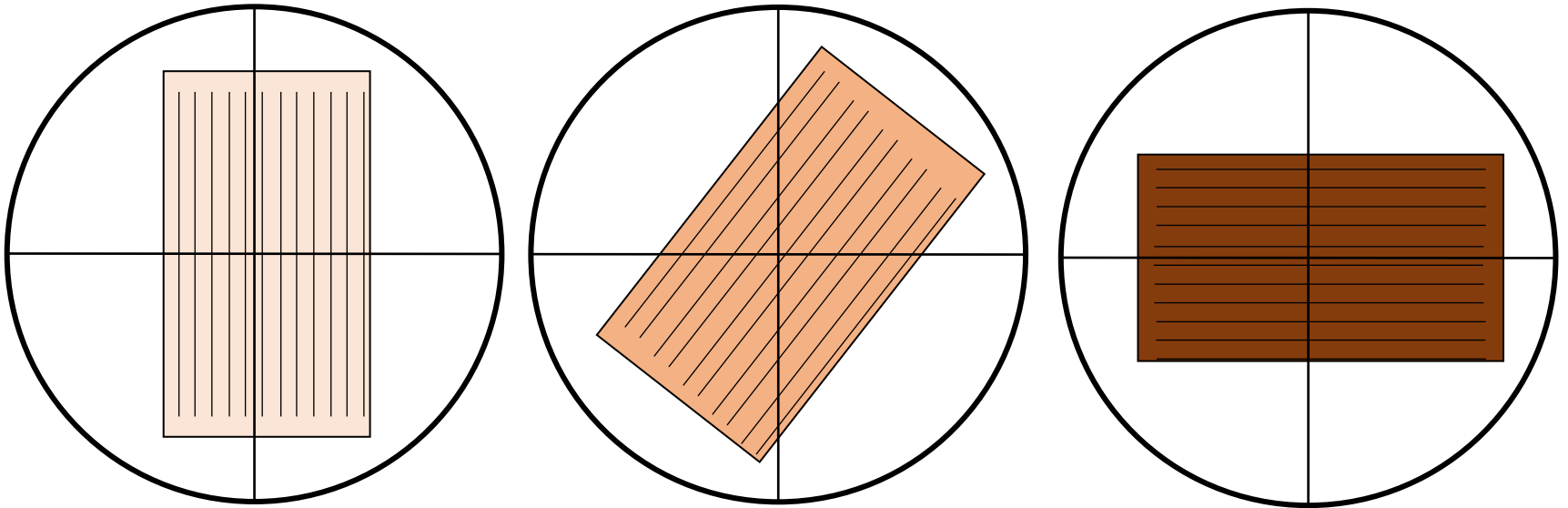
Для этой цели используем шлиф с *биотитом*. **Шлиф** – тонкая (0,03 мм) пластинка горной породы, наклеенная на предметное стекло с помощью канадского бальзама или эпоксидной смолы.

607



У биотита в этом шлифе видна отчетливая *коричневая окраска*, которая меняет интенсивность при повороте столика микроскопа (**плеохроизм**). Кроме того, у большинства зерен видна *весьма совершенная спайность* – серия тонких, параллельных, сближенных трещин.

Вращаем столик до получения максимально густой коричневой окраски.

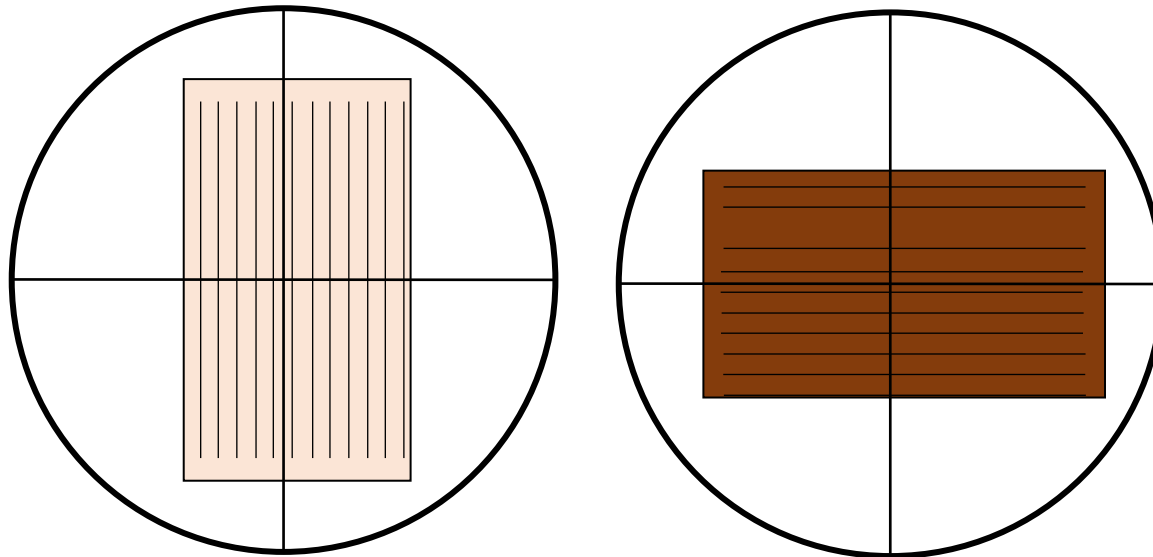


Ориентировка трещин спайности в момент максимальной густоты окраски кристалла биотита укажет на направление колебание света, пропускаемого поляризатором.

Важно! Для определения свойства минерала по какому либо направлению мы должны это направление поставить параллельно направлению колебания света, пропускаемого поляризатором (т.е., в нашем случае, горизонтально).

4. Проверка перпендикулярности нитей окуляра.

Для этой цели опять используем шлиф с *биотитом*. Ставим спайность сначала параллельно вертикальной нити креста и делаем отсчет по шкале столика, затем поворачиваем столик до совпадения спайности с горизонтальной нитью и снова берем отсчет.



Должен получиться угол $90 \pm 1^\circ$.

Рекомендация: чтобы лучше увидеть отклонение от параллельности, ставьте трещину спайности с небольшим смещением относительно нити окуляра.

5. Проверка совпадения направлений колебания света в николях с крестом нитей окуляра.

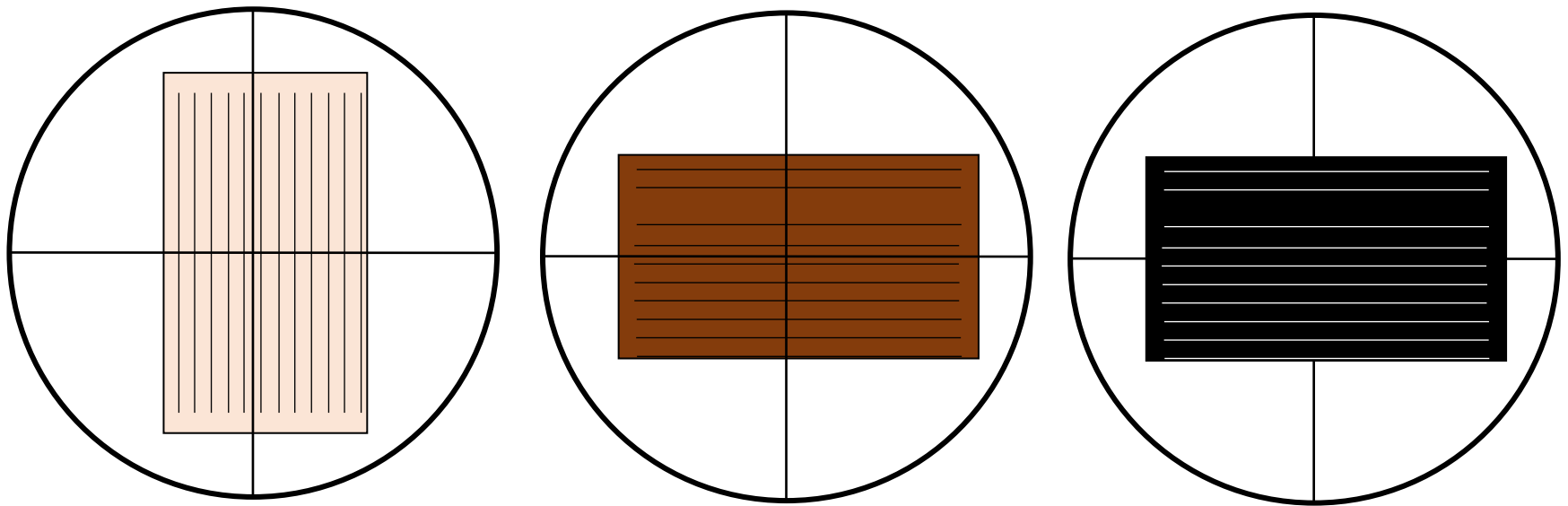
Для этой цели используем опять шлиф с *биотитом*. Ставим спайность параллельно одной из нитей креста. Включаем **анализатор** – кристалл должен стать абсолютно черным.

Изображение с включенным анализатором



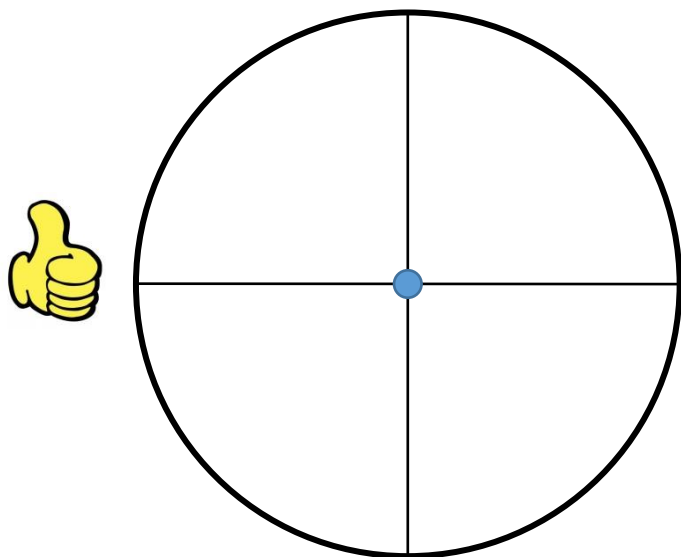
5. Проверка совпадения направлений колебания света в николях с крестом нитей окуляра.

Для этой цели используем опять шлиф с *биотитом*. Ставим спайность параллельно одной из нитей креста. Включаем **анализатор** – кристалл должен стать абсолютно черным.

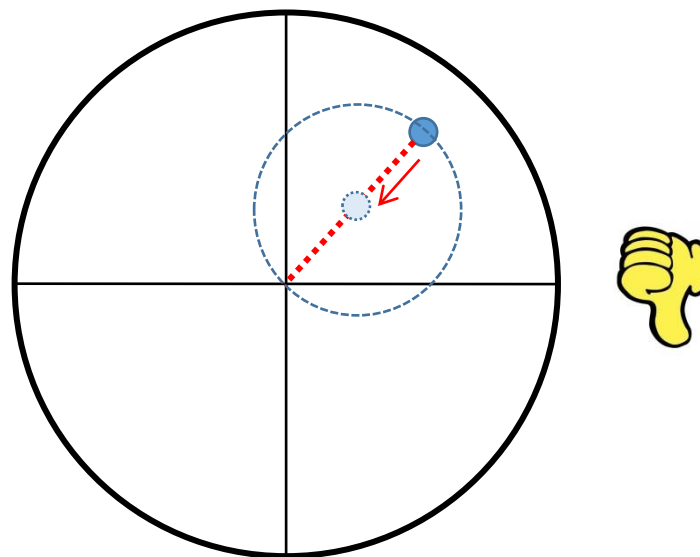


6. Центрировка объектива.

При вращении столика выбранная точка остается на перекрестье – объектив центрирован.



Точка при вращении столика описывает окружность, удаляясь от перекрестья – нужна центрировка.



Для центрировки объектива следует повернуть столик на 180° , чтобы точка ушла на максимальное расстояние от перекрестья. Затем, *с помощью центрировочных винтов*, нужно сместить точку вдоль линии, соединяющей ее новое положение и перекрестье, на половину диаметра окружности. Далее сдвигаем шлиф *руками*, чтобы точка снова заняла положение на перекрестье. При необходимости, эти операции повторяются 2–3 раза.