

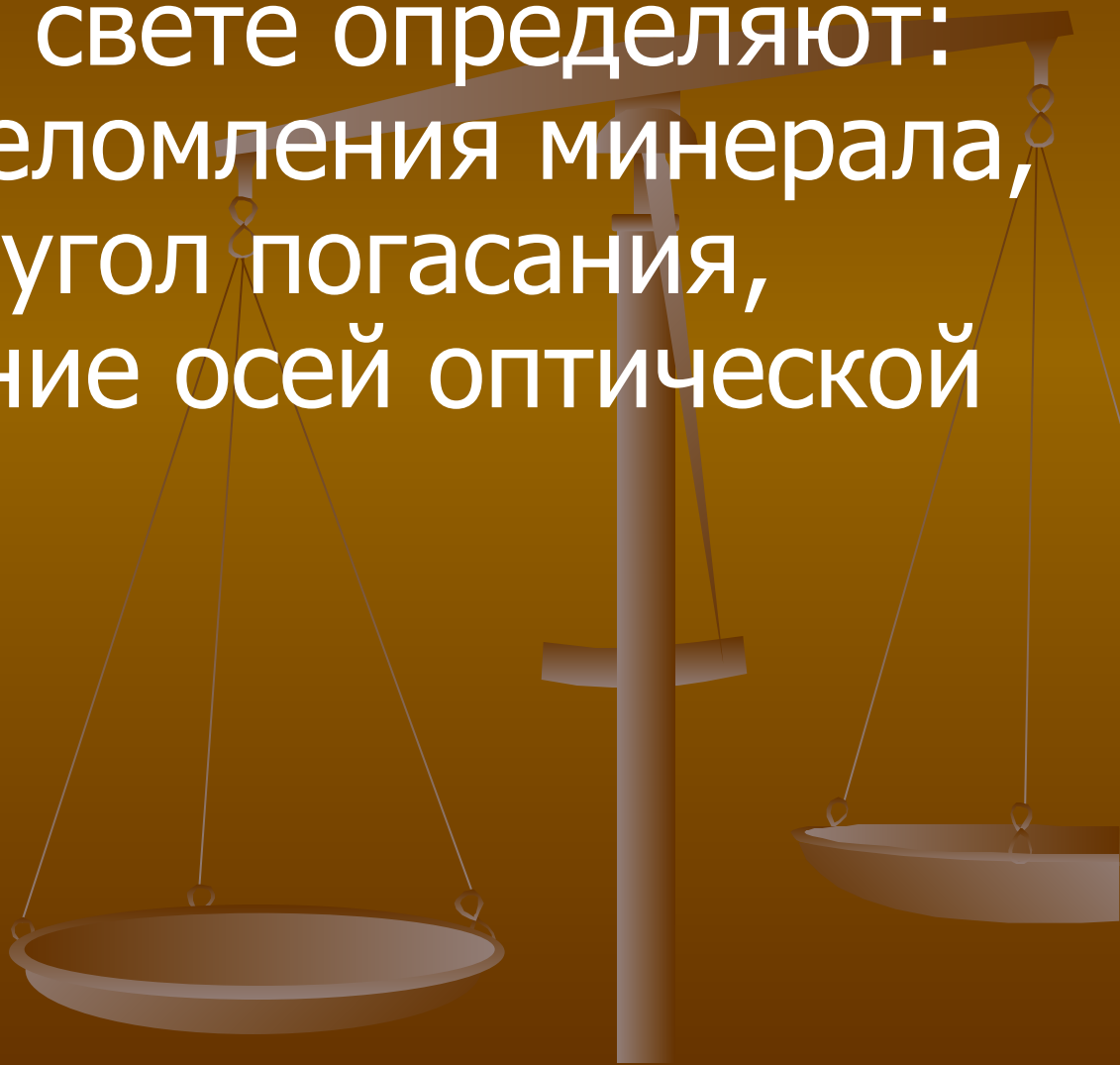
**Изучение минералов  
в скрещенных николях  
в проходящем свете**



■ **В скрещенных николях  
(при включенном анализаторе)**

в проходящем свете определяют:

- 1) силу двупреломления минерала,
- 2) характер и угол погасания,
- 3) расположение осей оптической индикатрисы.

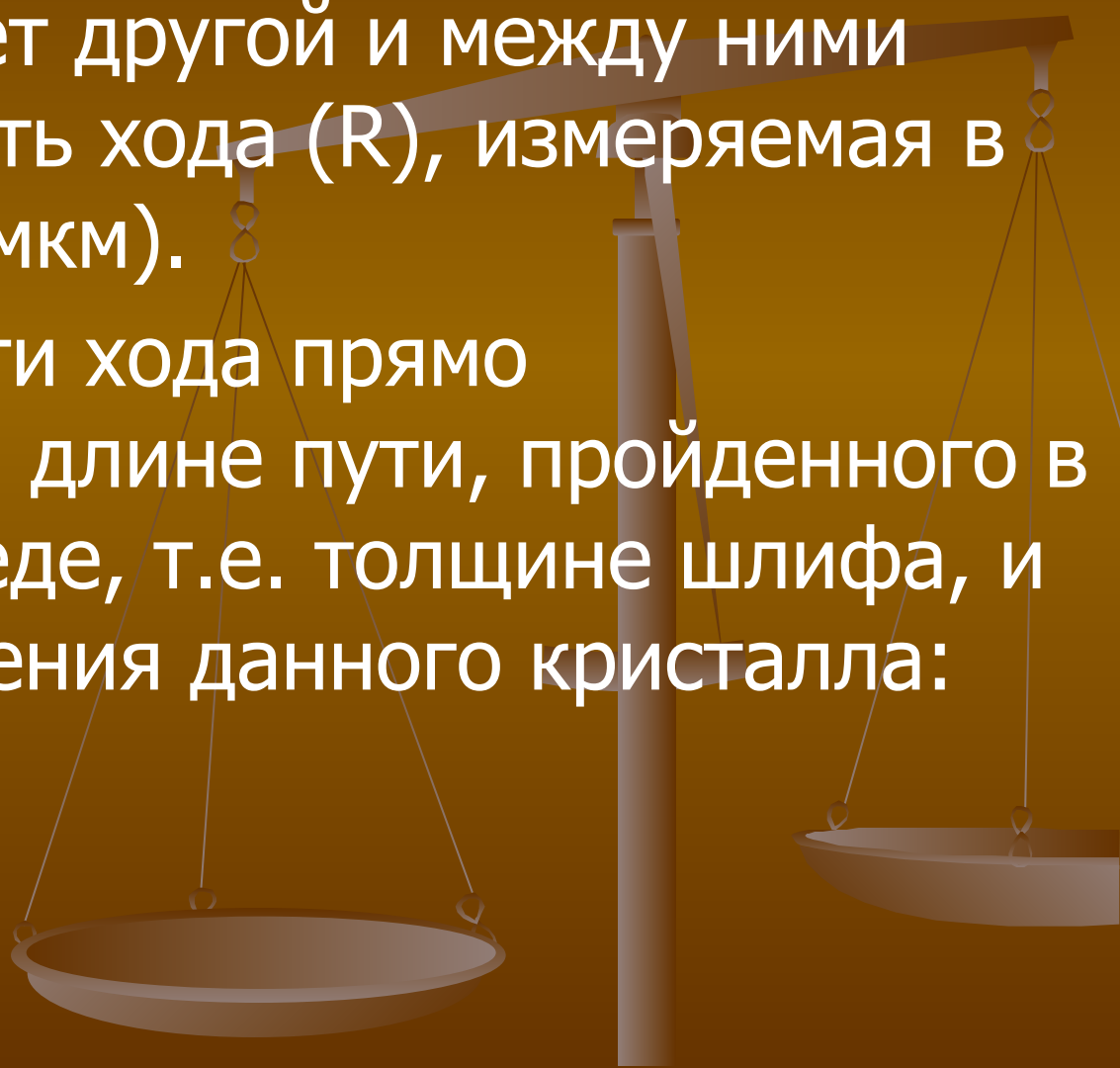


# Сила двупреломления – величина непостоянная и зависит от направления прохождения света в кристалле

- Максимальное значение силы двупреломления, которое принято называть истинным, будет наблюдаться в главном сечении индикатрисы минерала:
- $\Delta_{\text{ист}} = \Delta_{\text{max}} = n_g - n_p$ ,
- где  $n_g$  – наибольший показатель преломления данного минерала,  $n_p$  – наименьший, соответствующие скоростям распространения лучей в направлении главных осей индикатрисы.

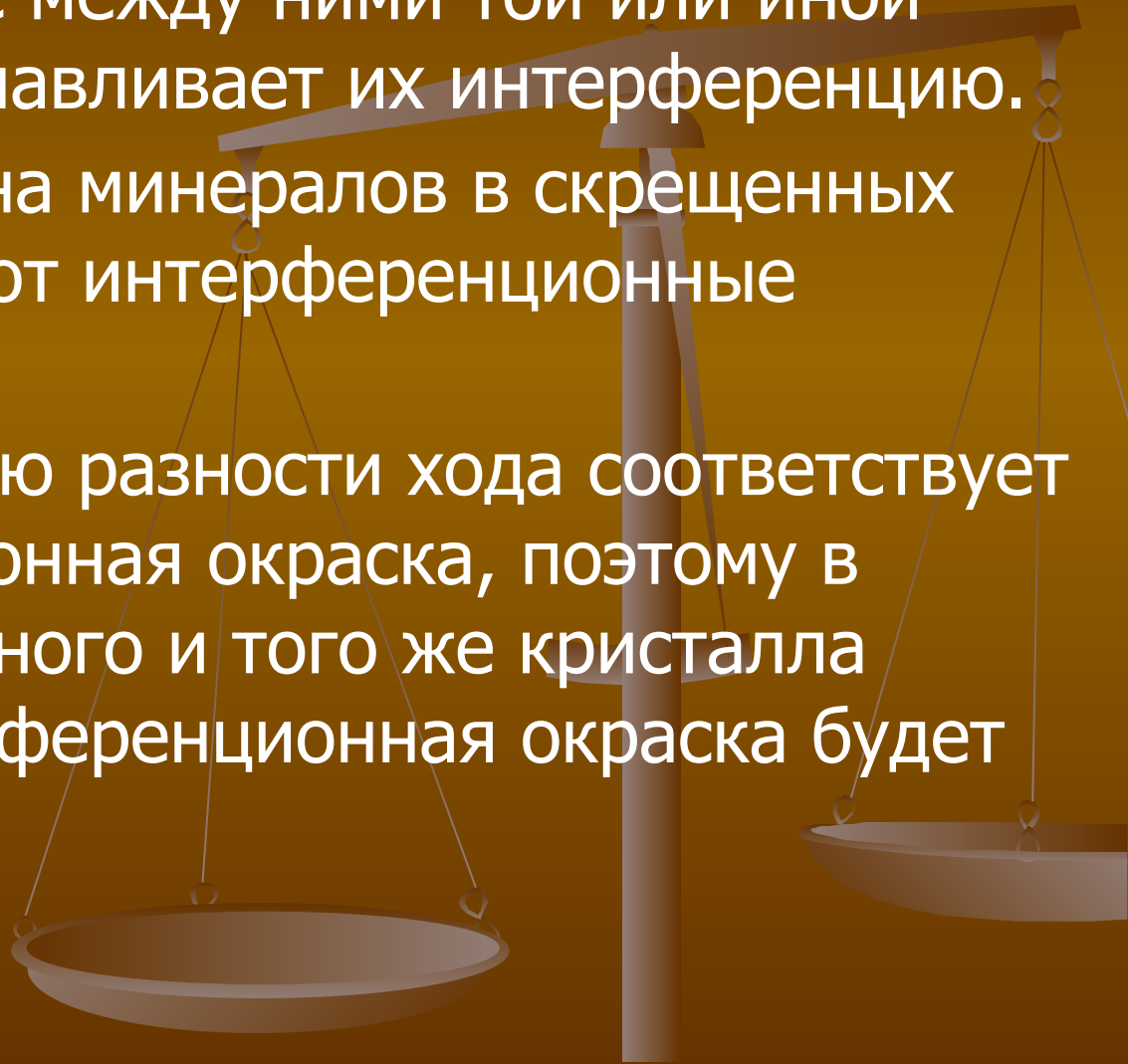
# Разность хода

- Один луч обгоняет другой и между ними возникает разность хода ( $R$ ), измеряемая в миллимикронах (мкм).
- Величина разности хода прямо пропорциональна длине пути, пройденного в анизотропной среде, т.е. толщине шлифа, и силе двупреломления данного кристалла:
- $R = d\Delta = d(n_g - n_p)$ .

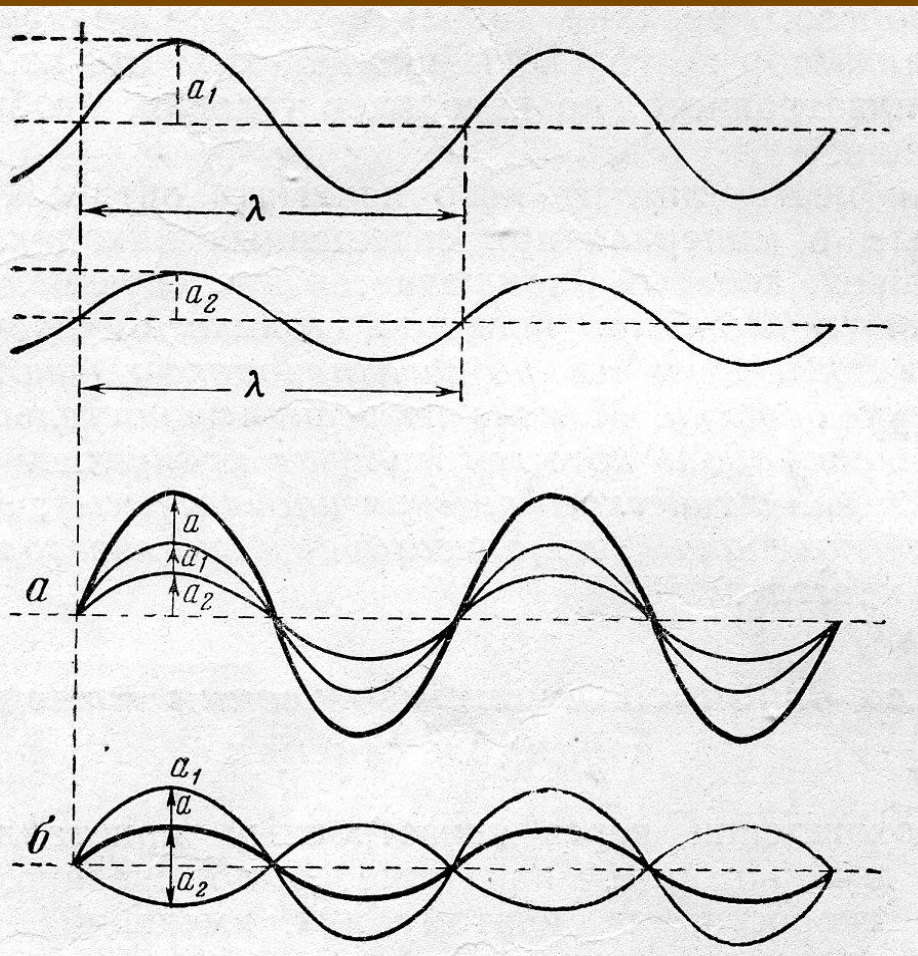


# Интерференционная окраска

- 1. При прохождении световых лучей через анализатор наличие между ними той или иной разности хода обуславливает их интерференцию.
- 2. В результате зерна минералов в скрещенных николях приобретают интерференционные окраски.
- 3. Каждому значению разности хода соответствует своя интерференционная окраска, поэтому в разных сечениях одного и того же кристалла возникающая интерференционная окраска будет неодинаковой.
- 



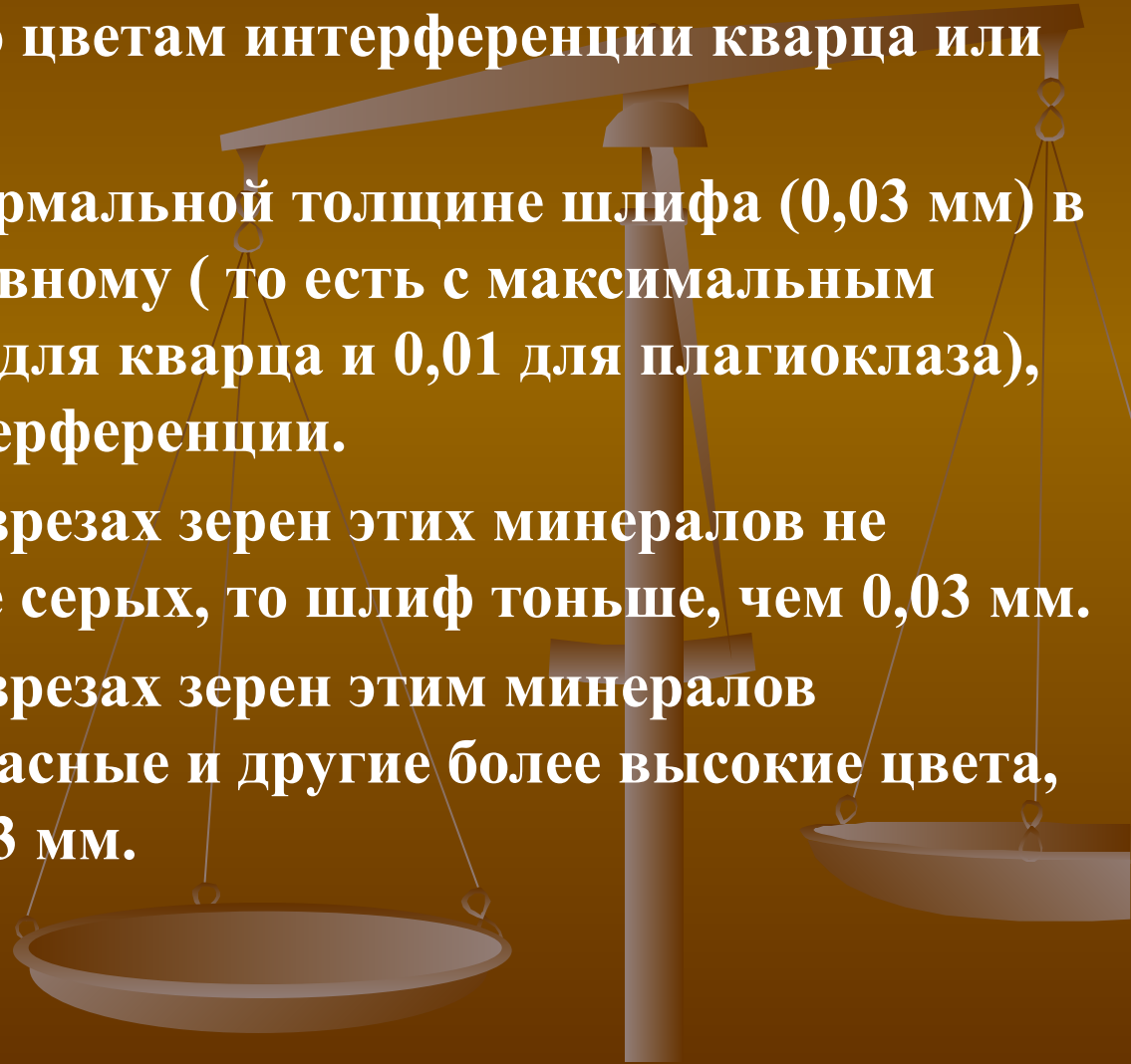
# Схема интерференции плоскополяризованных волн монохроматического света



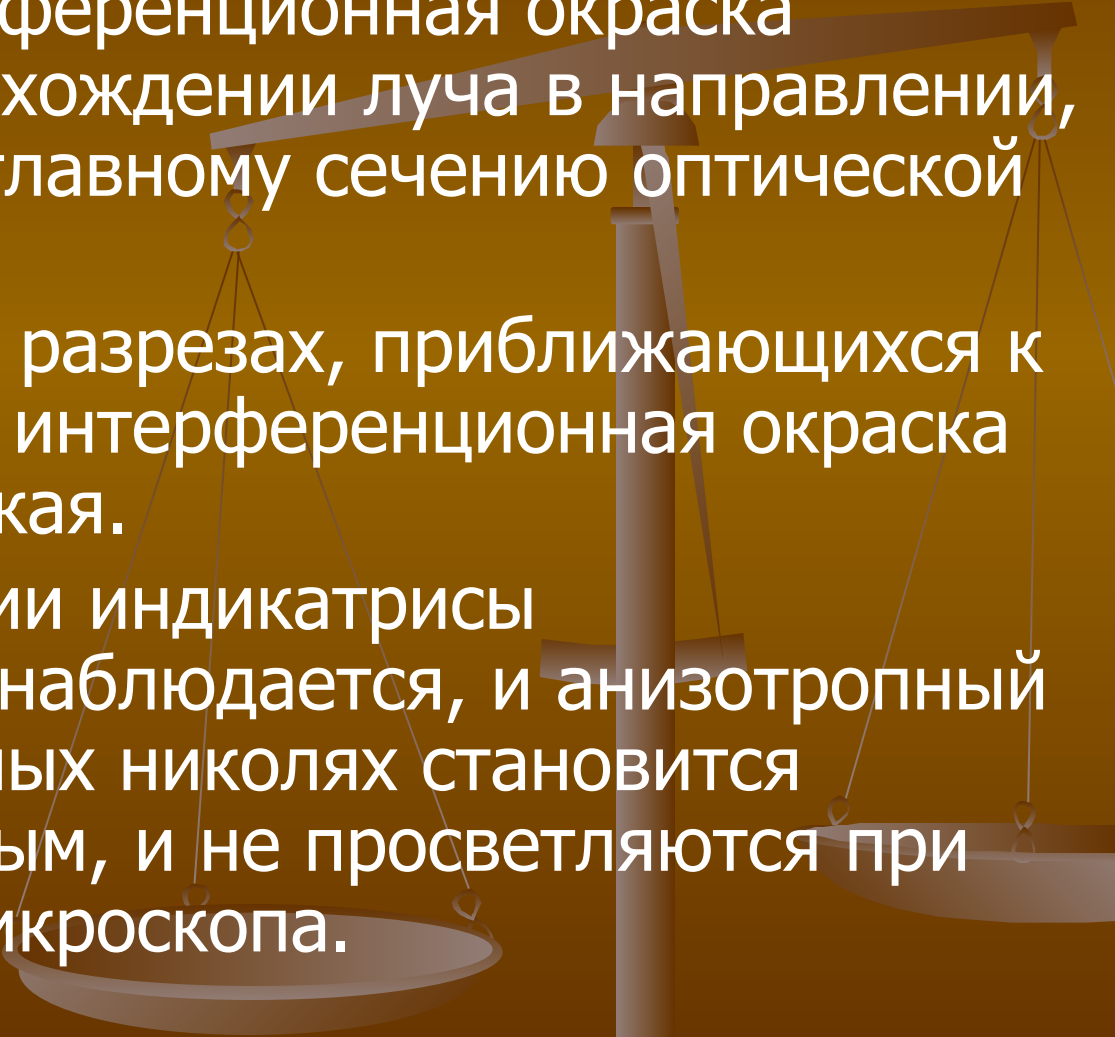
- а – взаимодействие волн, колеблющихся в одинаковых фазах;
- б – взаимодействие волн, колеблющихся в разных фазах

# Кроме того, интерференционная окраска зависит от толщины шлифа

- 1. При обычных рядовых исследованиях оценка толщины шлифа производится по цветам интерференции кварца или плагиоклаза.
- 2. Оба минерала при нормальной толщине шлифа (0,03 мм) в сечениях, близких к главному ( то есть с максимальным двупреломлением 0,009 для кварца и 0,01 для плагиоклаза), имеют белые цвета интерференции.
- 3. Если в различных разрезах зерен этих минералов не наблюдает цветов выше серых, то шлиф тоньше, чем 0,03 мм.
- 4. Если в различных разрезах зерен этим минералов появляются желтые, красные и другие более высокие цвета, то шлиф толще, чем 0,03 мм.

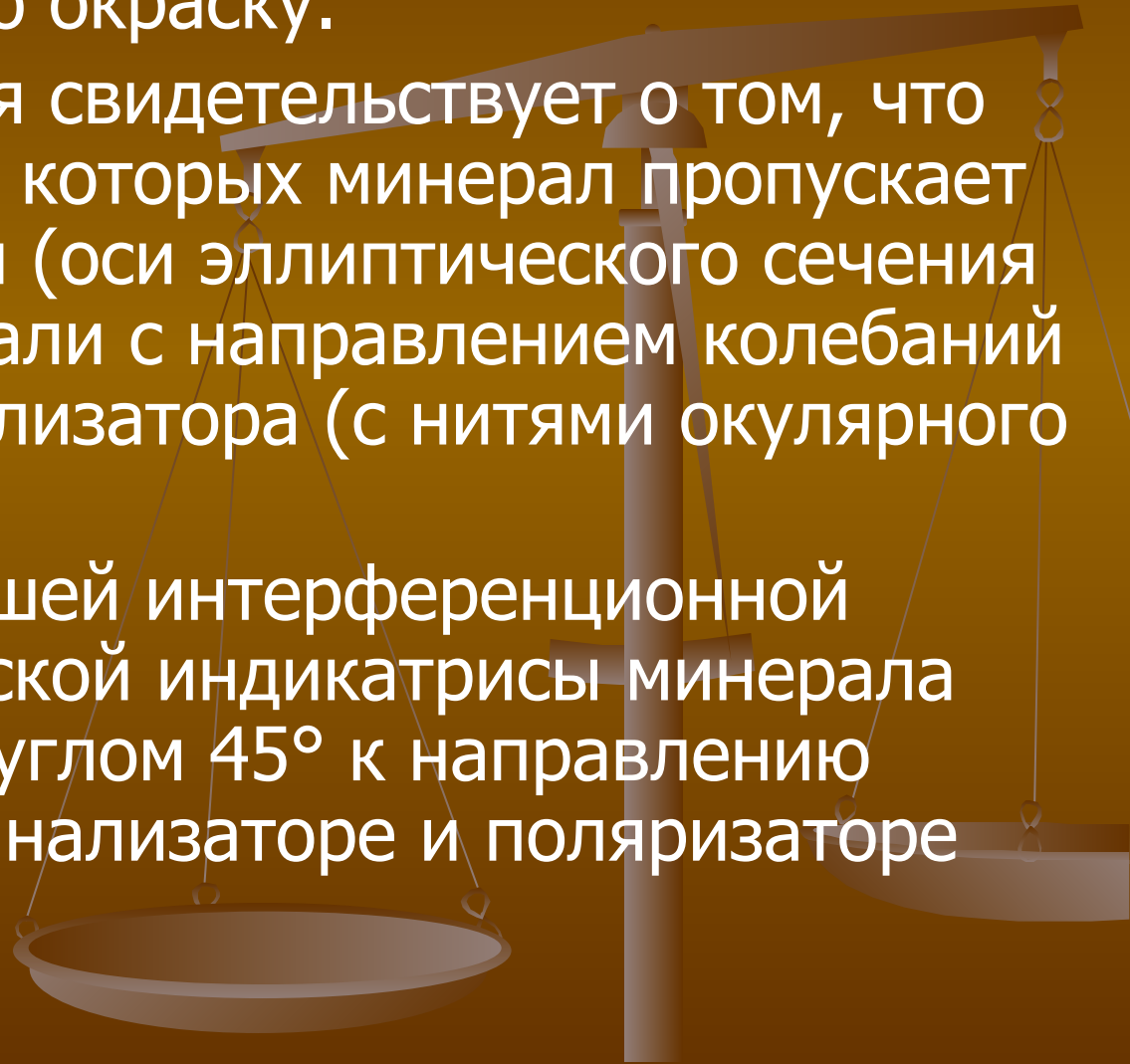


# Наивысшая интерференционная окраска и погасание

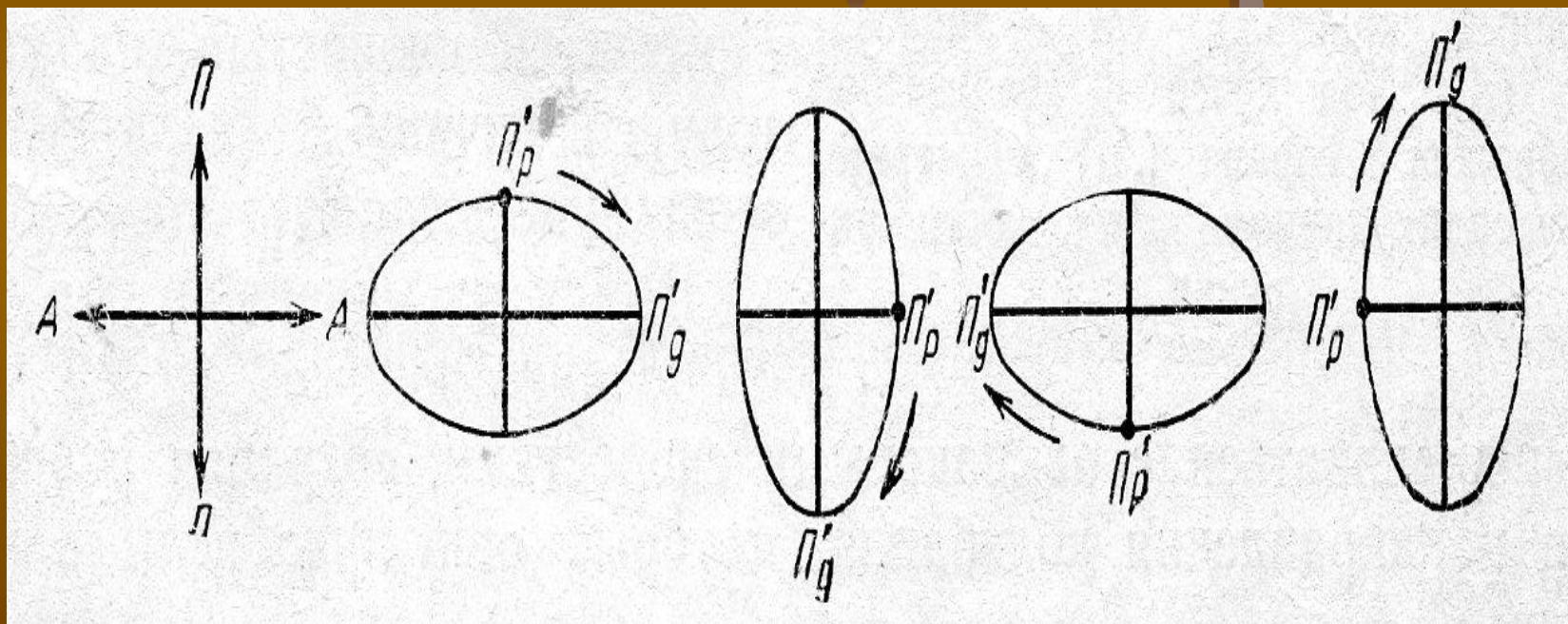
- 1. Наивысшая интерференционная окраска достигается при прохождении луча в направлении, перпендикулярном главному сечению оптической индикатрисы.
  - 2. В промежуточных разрезах, приближающихся к круговым сечениям, интерференционная окраска минерала самая низкая.
  - 3. В круговом сечении индикатрисы двупреломления не наблюдается, и анизотропный минерал в скрещенных николях становится темным, почти черным, и не просветляется при повороте столика микроскопа.
- 



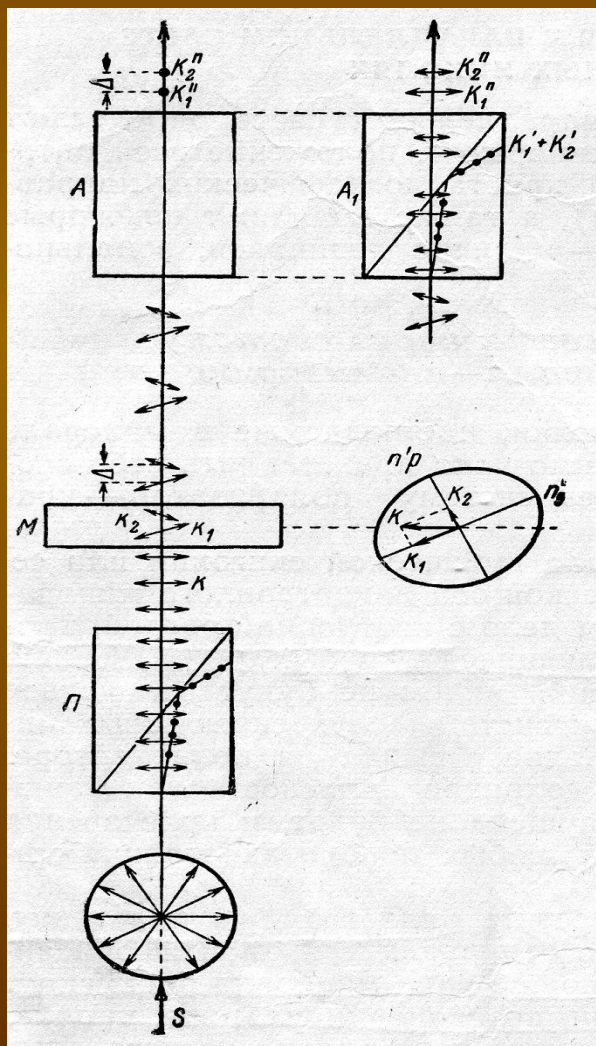
- 1. Минерал в анизотропном сечении при повороте столика микроскопа на  $360^\circ$  четыре раза погаснет и четыре раза приобретет некоторую интерференционную окраску.
- 2. Момент погасания свидетельствует о том, что направления, вдоль которых минерал пропускает световые колебания (оси эллиптического сечения индикатрисы), совпали с направлением колебаний поляризатора и анализатора (с нитями окулярного перекрестья).
- 3. В момент наивысшей интерференционной окраски оси оптической индикатрисы минерала располагаются под углом  $45^\circ$  к направлению колебаний света в анализаторе и поляризаторе микроскопа.



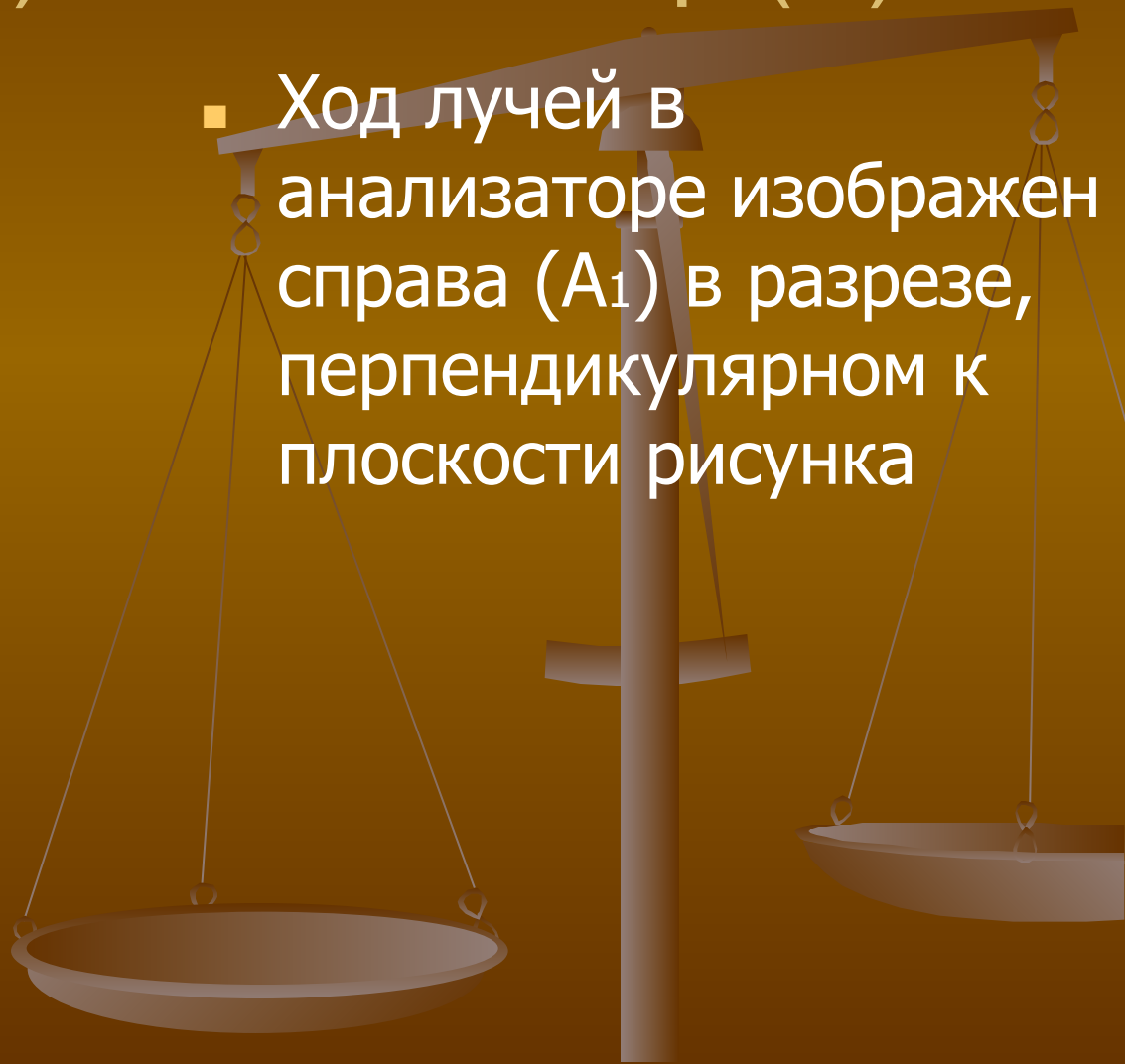
# Четырехкратное погасание минерала в анизотропном сечении при повороте столика микроскопа на $360^\circ$



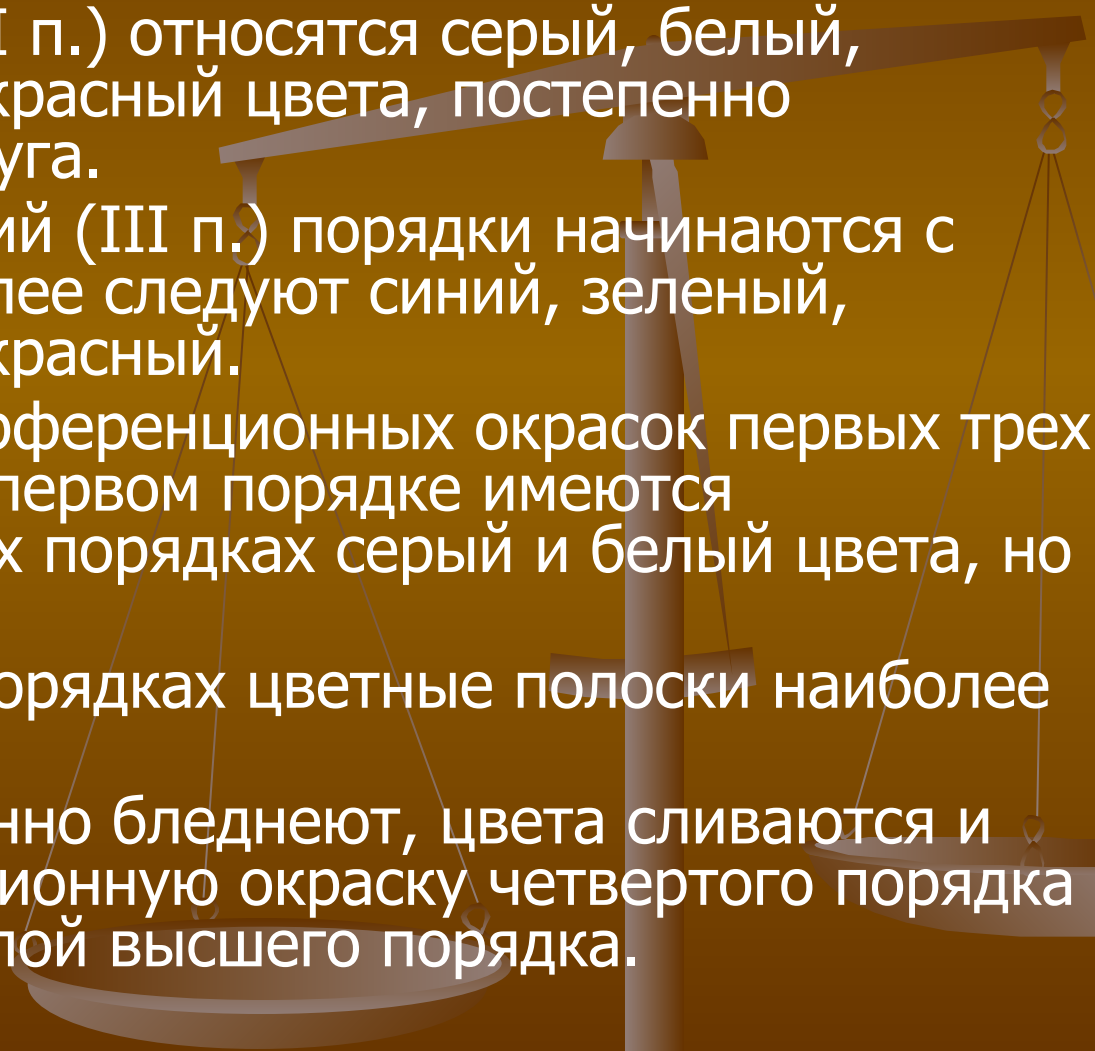
# Схема хода лучей через систему поляризатор (П) – анизотропный кристалл (М) – анализатор (А)



- Ход лучей в анализаторе изображен справа (А<sub>1</sub>) в разрезе, перпендикулярном к плоскости рисунка

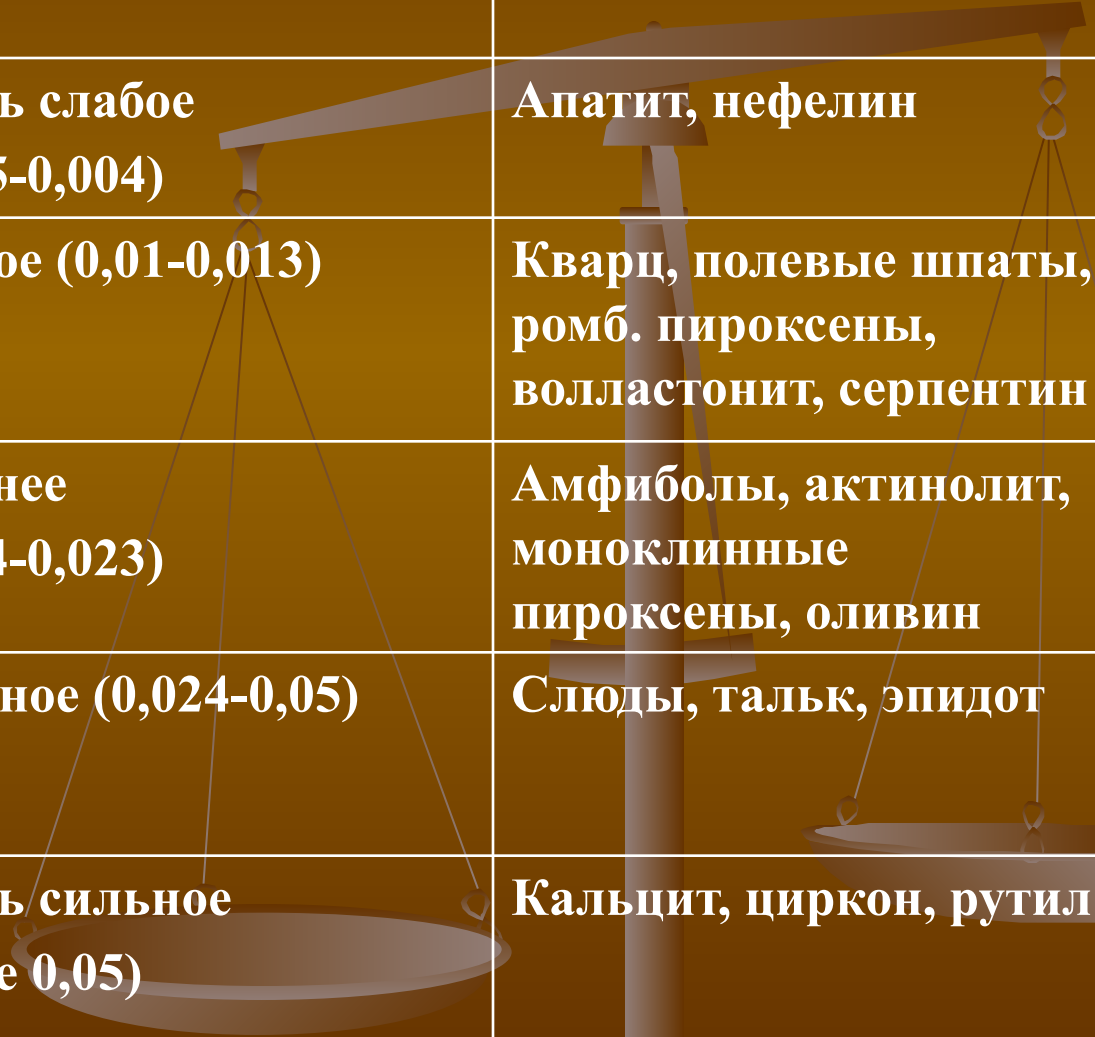


# Порядок интерференционной окраски

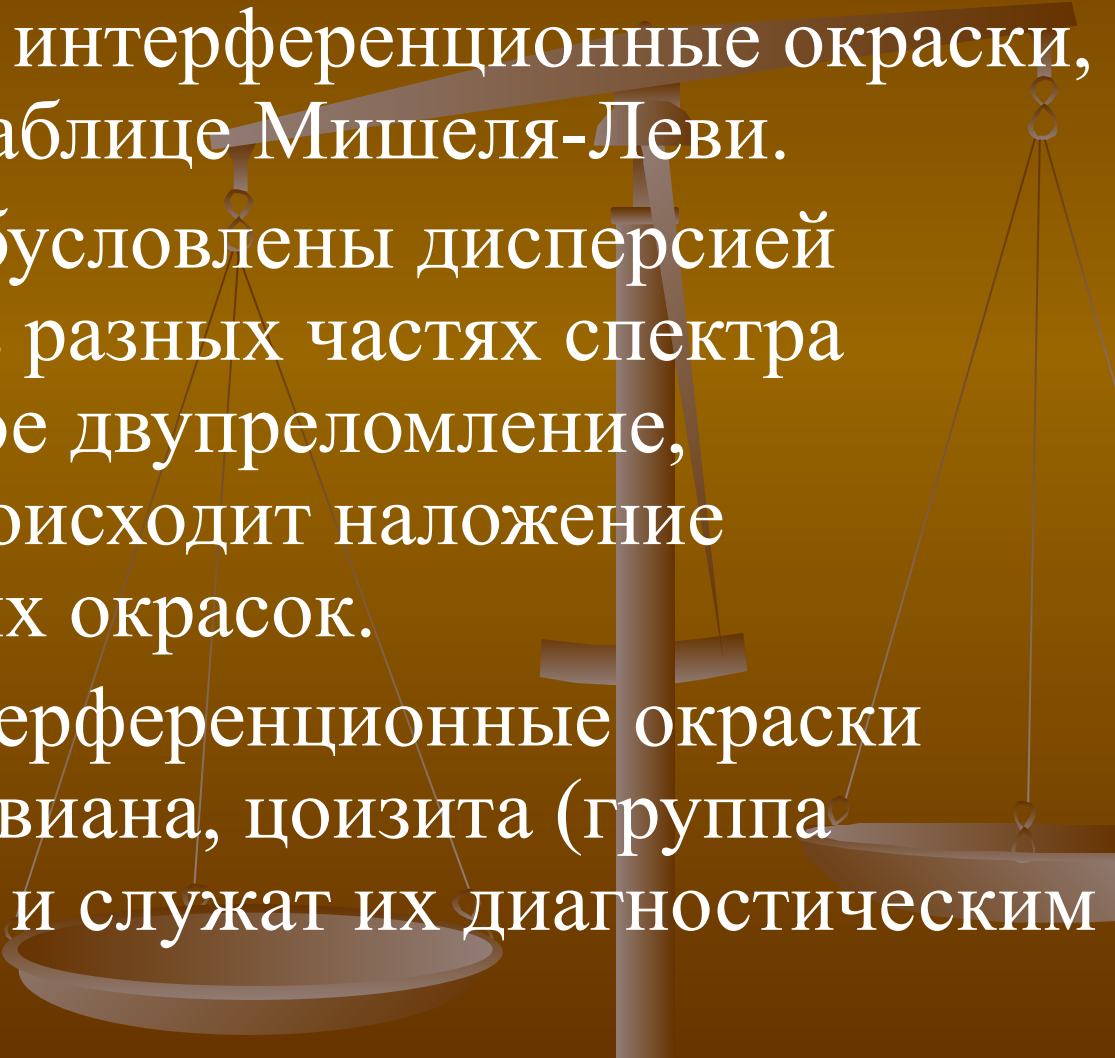
- 1. При увеличении разности хода цветные полосы периодически повторяются, что позволяет разбить их на порядки.
  - 2. К первому порядку (I п.) относятся серый, белый, желтый, оранжевый и красный цвета, постепенно переходящие друг в друга.
  - 3. Второй (II п.) и третий (III п.) порядки начинаются с фиолетового цвета, далее следуют синий, зеленый, желтый, оранжевый и красный.
  - 4. При сравнении интерференционных окрасок первых трех порядков видно, что в первом порядке имеются отсутствующие в других порядках серый и белый цвета, но нет синего и зеленого.
  - 5. Во втором третьем порядках цветные полосы наиболее яркие.
  - 6. Дальше они постепенно бледнеют, цвета сливаются и образуют интерференционную окраску четвертого порядка (IV п.), называемую белой высшего порядка.
- 

# Интерференционную окраску можно использовать для приближенной оценки величины двупреломления минерала

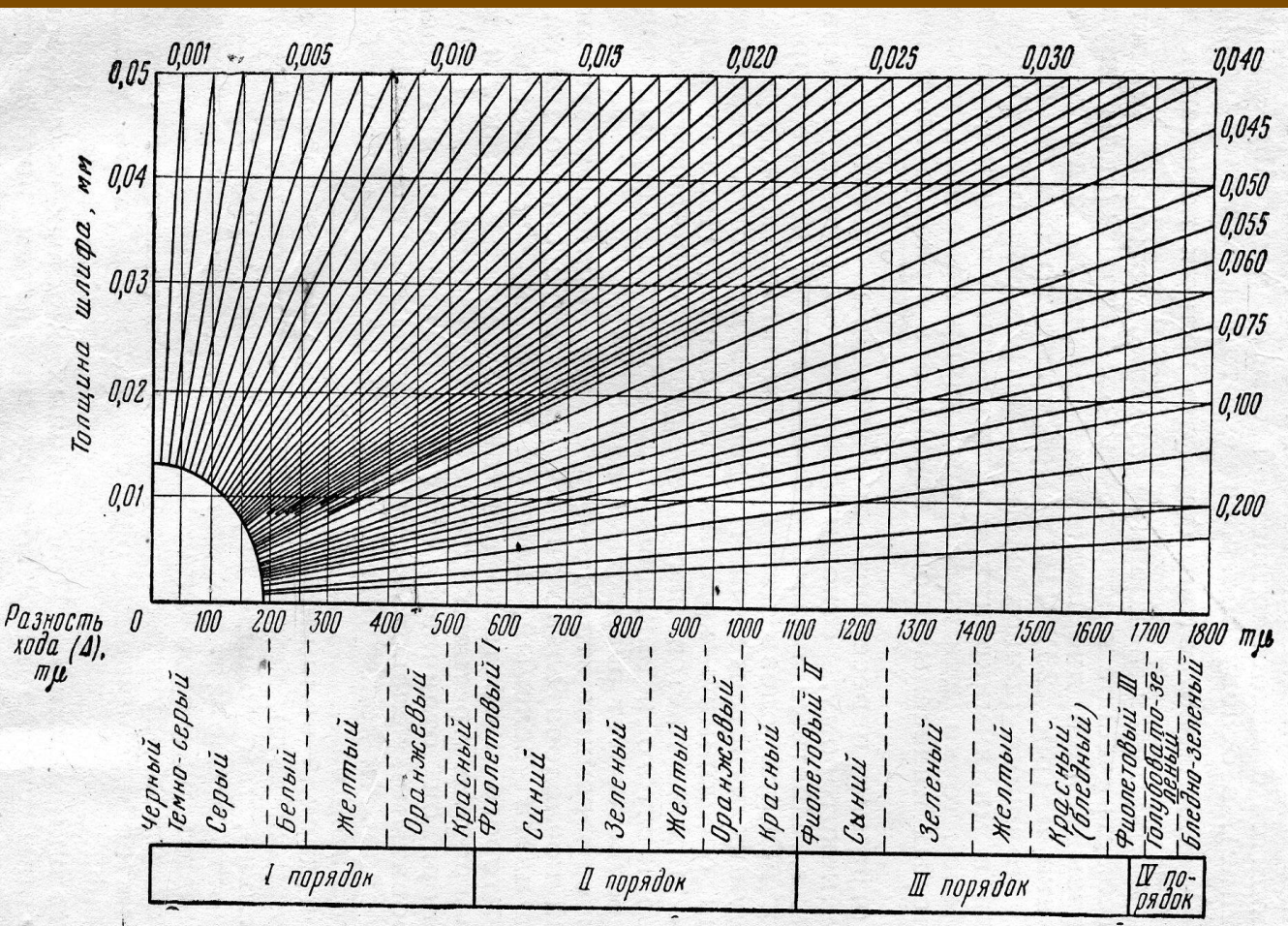
Наивысшая интерференционная окраска	Двупреломление ( $N_g - N_p$ )	Минералы
От серой до темно-серой I порядка	Очень слабое (0,005-0,004)	Апатит, нефелин
От светло-серой и светло-желтой до белой I порядка	Слабое (0,01-0,013)	Кварц, полевые шпаты, ромб. пироксены, волластонит, серпентин
От синей до зеленой II порядка	Среднее (0,014-0,023)	Амфиболы, актинолит, моноклинные пироксены, оливин
Все окраски III порядка	Сильное (0,024-0,05)	Слюды, тальк, эпидот
От перламутровой до высшей белой IV порядка	Очень сильное (более 0,05)	Кальцит, циркон, рутил



# Аномальная интерференционная окраска

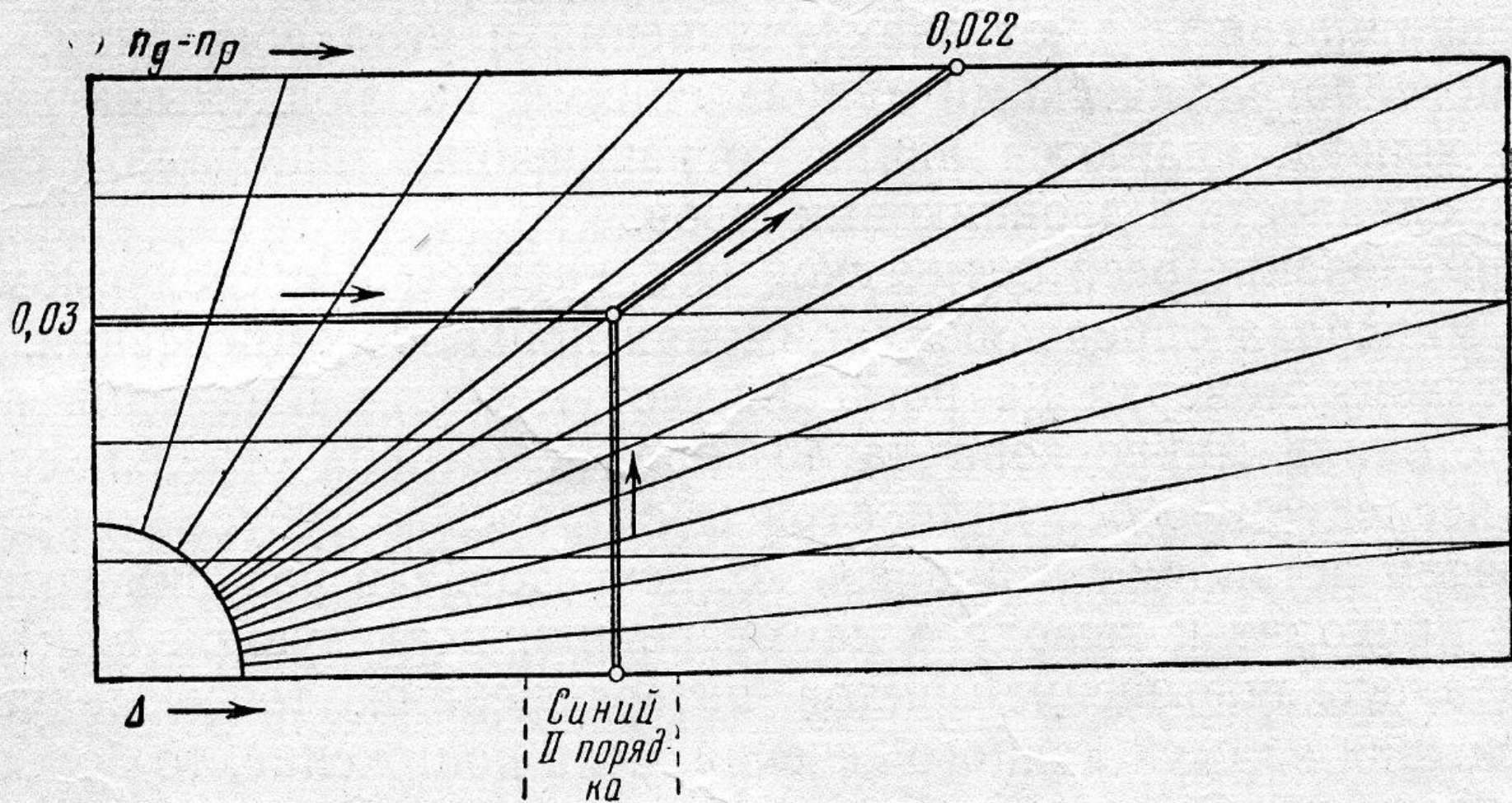
- 1. Некоторые минералы в скрещенных николях имеют аномальные интерференционные окраски, отсутствующие в таблице Мишеля-Леви.
  - 2. Такие окраски обусловлены дисперсией двупреломления - в разных частях спектра возникает различное двупреломление, вследствие чего происходит наложение интерференционных окрасок.
  - 3. Аномальные интерференционные окраски наблюдается у везувиана, цоизита (группа эпидота), хлоритов и служат их диагностическим признаком.
- 

# Таблица Мишеля-Леви графически отражает зависимость интерференционной окраски от значения двупреломления



- по оси абсцисс отложены значения разности хода в миллимикронах, каждому из которых отвечает определенная интерференционная окраска.
- Слева по оси ординат на таблице отложена толщина шлифа.
- Из нижнего левого угла таблицы веерообразно вверх и вправо расходятся прямые линии, на концах которых указаны значения силы двупреломления.

# Определение цифрового значения двупреломления по номограмме Мишеля Леви





# Порядок определения величины двупреломления

- 1. Регулируют микроскоп (освещение, центрировка объектива, скрещенность николей).
- 2. Находят разрез минерала с наивысшей интерференционной окраской (главное сечение). При выборе разреза необходимо просмотреть все сечения данного минерала в скрещенных николях и, пользуясь шкалой интерференционных цветов, определяют максимальную окраску. Например, если встречаются сечения данного минерала с желтой, серой, красной и зеленой интерференционными окрасками, то наивысшей из них является зеленая.
- 3. Поворотом столика микроскопа ставят выбранное зерно на погасание. Этим добиваются совмещения осей индикатрисы минерала и плоскостей колебания световых лучей в поляризаторе и анализаторе.
- 4. От положения погасания поворачивают столик микроскопа на  $45^\circ$  против часовой стрелки. Этим добиваются максимального просветления зерна, во-первых, и совмещения осей индикатрисы минерала с осями индикатрисы компенсатора, вставляемого в прорезь тубуса микроскопа, во-вторых.
- 5. В прорезь тубуса микроскопа вставляют кварцевый компенсатор (клин или пластину) и наблюдают за изменением интерференционных окрасок в данном зерне.
- 6. По реакции компенсатора устанавливают порядок интерференционной окраски данного минерала.
- 7. По таблице Мишеля-Леви устанавливают место пересечения горизонтальной линии, соответствующей толщине шлифа, и цветной полосы, соответствующей интерференционной окраске минерала. По проходящей здесь из угла диаграммы линии на верхней части диаграммы определяют значение двупреломления.

# Правило компенсации

- 1. Если над минералом поместить компенсатор так, что одноименные оси оптической индикатрисы минерала и компенсатора совпадут, то результирующая разность хода будет равна сумме разности хода минерала и разности хода компенсатора, и интерференционная окраска минерала повысится.
- 2. Если же оси индикатрисы минерала и компенсатора будут перекрещиваться, то результирующая разность хода будет равна разности хода минерала и разности хода компенсатора, а интерференционная окраска минерала понизится.
- 3. Если же разность хода минерала равна разности хода компенсатора, то при скрещивании осей индикатрисы минерала и компенсатора результирующая разность хода будет равна нулю, наступит полная компенсация, и зерно минерала станет темным.

# Пример определения порядка интерференционной окраски с помощью кварцевой пластины

## ■ Интерференционная окраска исследуемого минерала - зеленая.

1. Помещаем исследуемое зерно в перекрестие нитей окуляра и поворотом столика микроскопа выставляем его на погасание.
2. Поворачиваем столик микроскопа на  $45^\circ$  против часовой стрелки, добиваясь максимального просветления минерала. В таком положении главные оси оптической индикатрисы данного минерала совпадают по направлениям с главными осями индикатрисы кварца.
3. В прорезь тубуса микроскопа вставляем компенсатор с постоянной разностью хода - кварцевую пластину и следим за изменением интерференционной окраски минерала. Зеленая интерференционная окраска минерала изменилась на желто-зеленую.
4. Поворачиваем столик микроскопа на  $90^\circ$ , компенсатор при этом остается в прорези тубуса. Интерференционная окраска минерала стала белой.

## ■ Вывод:

1. При сопоставлении с номограммой Мишеля-Леви получается, что зеленый цвет исследуемого минерала соответствует II порядку с разностью хода около 795 мкм.
2. При введении компенсатора произошло изменение интерференционной окраски минерала на желто-зеленую III п (результатирующая разность хода в данном случае представляет собой сумму разности хода лучей в минерале и в компенсаторе:  $795+560=1355$  мкм, что соответствует желто-зеленой интерференционной окраске III п).
3. Во втором случае интерференционная окраска минерала изменилась на белую I п (результатирующая разность хода в данном случае представляет собой разность разности хода лучей в минерале и в компенсаторе:  $795-560=235$  мкм).

# Пример определения порядка интерференционной окраски с помощью кварцевого клина

■ **Порядок определения такой же, как при работе с кварцевой пластиной.**

■ 1. Оси индикатрисы минерала выставляем параллельно осям индикатрисы компенсатора.

■ 2. Вдвигаем кварцевый клин в прорезь тубуса микроскопа острым концом вперед.

■ 3. Если интерференционная окраска минерала повышается или картина неясная, поворачиваем столик микроскопа на  $90^\circ$ , добиваясь понижения интерференционной окраски до полного затемнения минерала (результатирующая разность хода будет равна нулю).

■ 4. Убираем шлиф со столика микроскопа, интерференционная окраска компенсатора, вставленного в прорезь тубуса, становится такой же, какой была у исследуемого минерала.

■ 5. Медленно вытаскиваем кварцевый клин из прорези тубуса и следим за появлением красного цвета.

■ **Вывод:** Если красный цвет появится один раз, интерференционная окраска данного минерала соответствует II порядку, если дважды - III порядку, если ни разу - I порядку.

- 1. После определения порядка интерференционной окраски минерала одним из методов, находим по номограмме Мишеля-Леви значение силы двупреломления.
- 2. Следует помнить, что определение силы двупреломления необходимо производить в разрезе, параллельном главному сечению индикатрисы, соответствующему максимальной интерференционной окраске для исследуемого минерала.
- 3. Так как не всегда есть уверенность в том, что выбранный разрез параллелен главному сечению, метод является приближенным.

