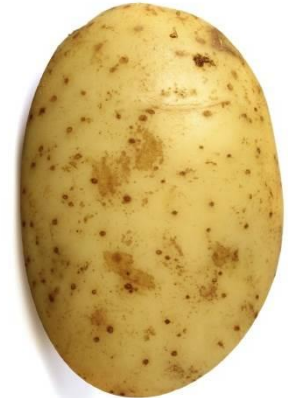
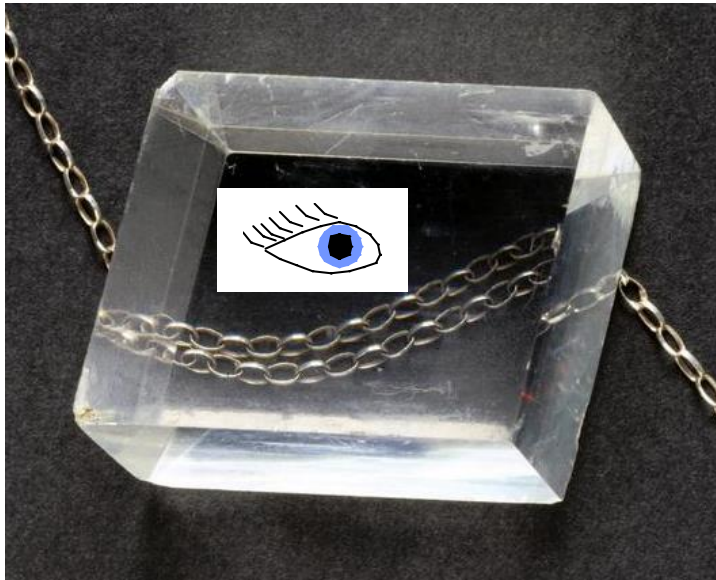

Оптическая индикатриса

(материалы к практическому занятию)

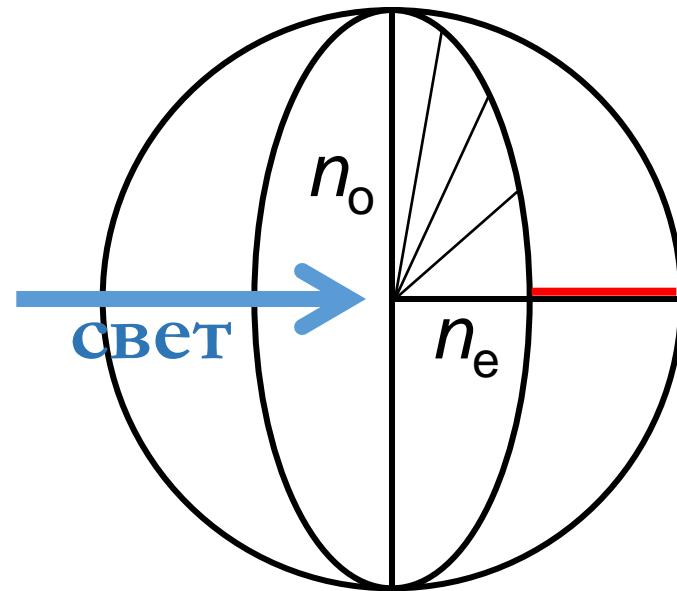


Поверхность показателей преломления

Поверхность показателей преломления является объемным отображением изменения величин показателей преломления (скоростей распространения) световых волн в кристалле в зависимости от выбранного направления.



двулучепреломление есть



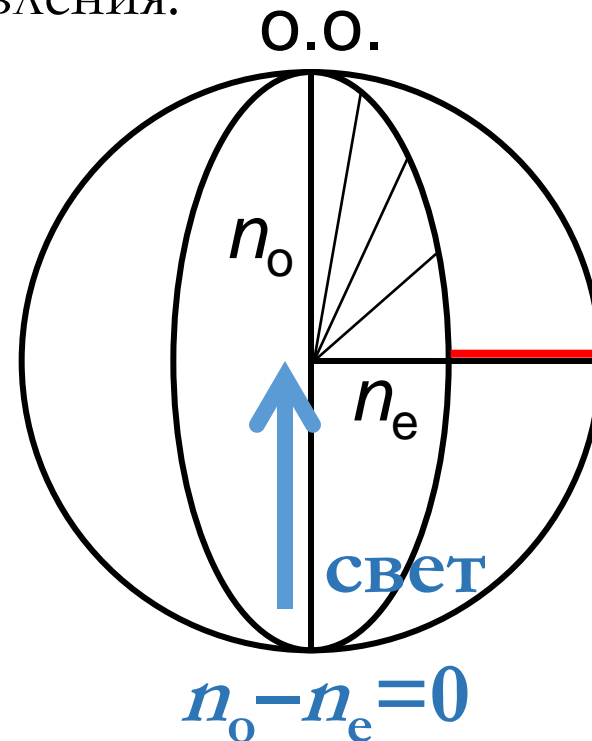
$$n_o - n_e = \max$$

Поверхность показателей преломления

Поверхность показателей преломления является объемным отображением изменения величин показателей преломления (скоростей распространения) световых волн в кристалле в зависимости от выбранного направления.



двулучепреломления нет



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

Оптическая индикатриса

Оптическая индикатриса – вспомогательная поверхность, построенная на величинах показателей преломления, отложенных в направлении колебаний световых волн.

Эта поверхность позволяет связать **показатель преломления** минерала и **колебания световых волн**.

Оптические индикатрисы отличаются для минералов различных категорий:

высшей (кубическая сингония);

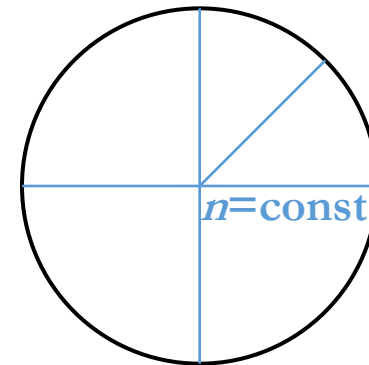
средней (гексагональная, тетрагональная и тригональная сингонии);

низшей (ромбическая, моноклинная и триклинная сингония).

В указанной последовательности **снижается симметрия** минералов.

Минералы высшей категории

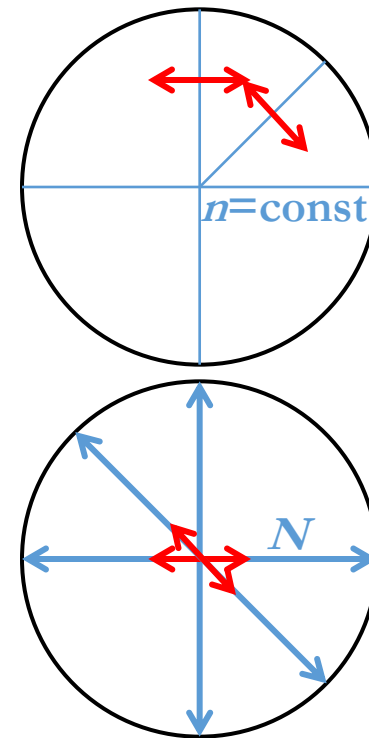
Кубическая сингония. Эти минералы *оптически изотропны*. величина показателя преломления *постоянна*. Поверхность показателей преломления имеет форму **шара** с радиусом, равным показателю преломления. Например, у флюорита $n = 1,4338$.



Любое сечение поверхности показателей преломления представляет собой **круг**.

Минералы высшей категории

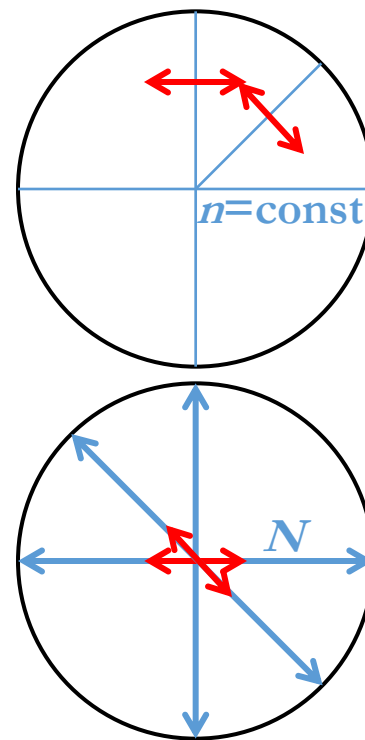
Кубическая сингония. Эти минералы *оптически изотропны*. величина показателя преломления *постоянна*. Поверхность показателей преломления имеет форму **шара** с радиусом, равным показателю преломления. Например, у флюорита $n = 1,4338$.



Индикатриса кубического минерала представляет собой **шар**, а любое ее сечение – **круг**.

Минералы высшей категории

Кубическая сингония. Эти минералы *оптически изотропны*. величина показателя преломления *постоянна*. Поверхность показателей преломления имеет форму **шара** с радиусом, равным показателю преломления. Например, у флюорита $n = 1,4338$.



Под микроскопом любое сечение такого минерала будет изотропным (черным) в скрещенных николях.

Минералы средней категории

Гексагональная, тетрагональная и тригональная сингонии. Эти минералы *оптически анизотропны*: величина показателя преломления *изменяется* в зависимости от направления между величинами n_o и n_e .

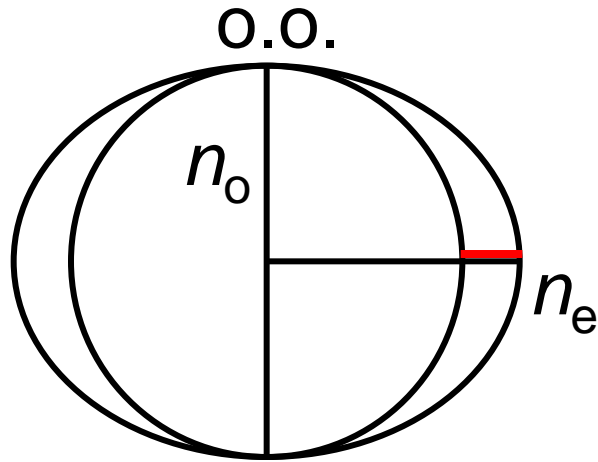


кварц



исландский шпат
(кальцит)

Поверхность показателей преломления кварца



$$n_e = 1,553, n_o = 1,544$$

$$n_e - n_o = 0,009.$$

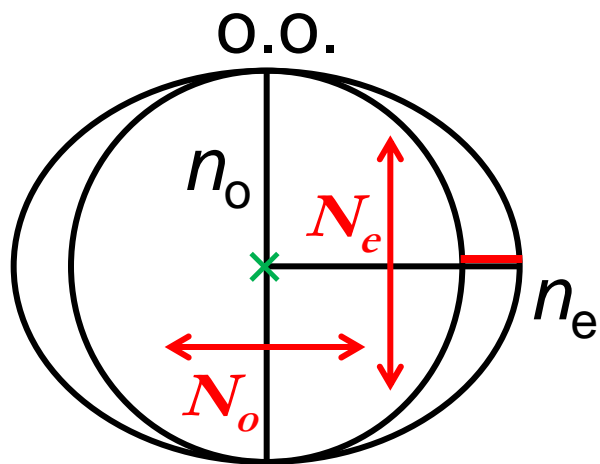
Сечение поверхности показателей преломления – **эллипс** с вписанной в него **окружностью**.

Вращением вокруг оптической оси можно получить объемную фигуру – **эллипсоид вращения**, внутри которого находится **шар**.

$n_e - n_o$ – величина двойного лучепреломления.

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

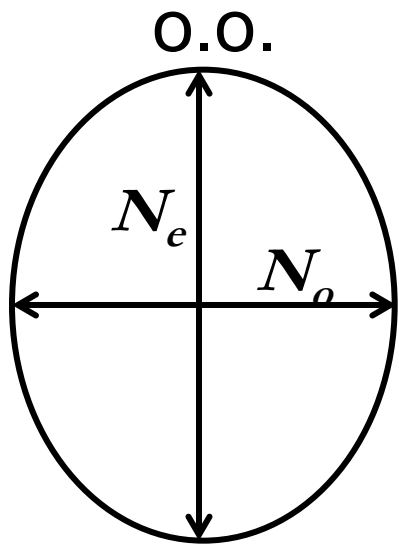
Построение оптической индикатрисы кварца



1. Выбираем (произвольно) направление распространения света.

2. Задаем направления **осей индикатрисы** N_e и N_o , соответствующие направлениям колебания обыкновенного и необыкновенного луча (их принято брать перпендикулярными отрезкам показателей преломления на сечении их поверхности).

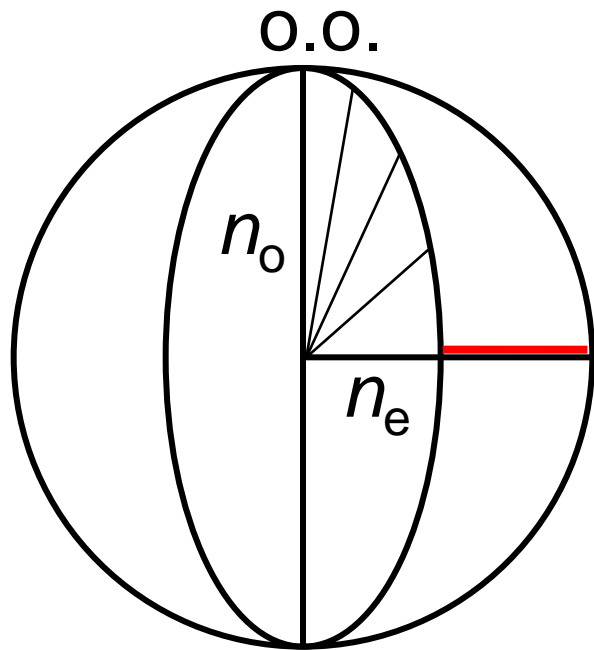
3. Откладываем отрезки N_e и N_o на плоскости пропорционально их длине.



4. Получаем на плоскости эллипс с полуосями N_e и N_o . Обратите внимание: оптическая ось сохраняет свое положение. В оптически положительных минералах она соответствует оси индикатрисы N_e .

5. Вращением вокруг оптической оси получаем объемную фигуру – **эллипсоид вращения.**

Построение оптической индикатрисы кальцита



$$n_e = 1,486, n_o = 1,658, n_e - n_o = 0,172.$$

Минерал **оптически отрицательный**.

Попробуйте сделать самостоятельно...

Проверочный вопрос: с какой осью индикатрисы совпадет оптическая ось в оптически отрицательном минерале?



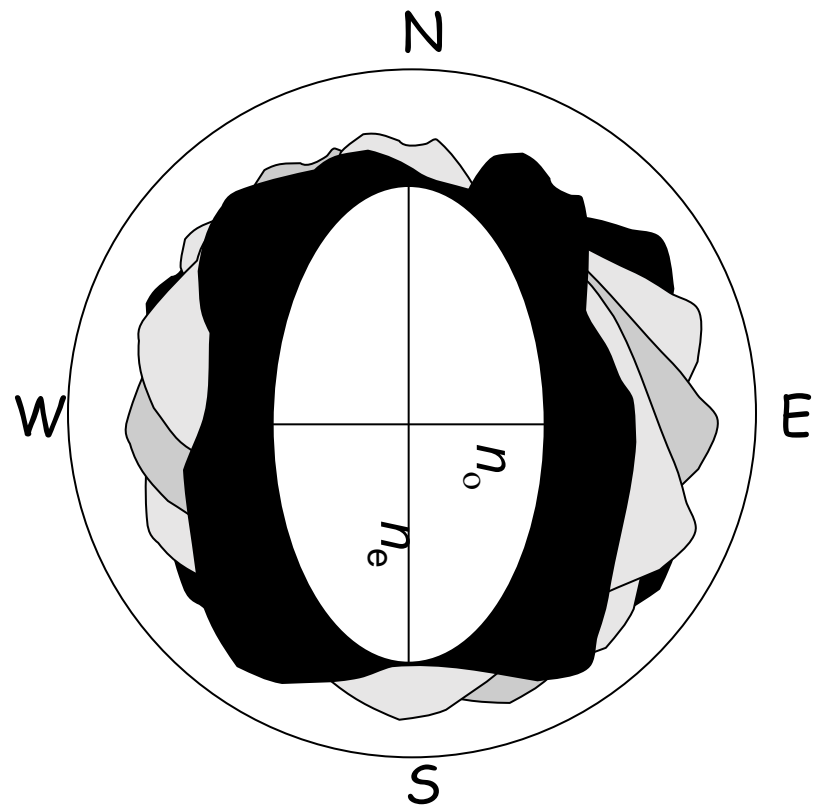
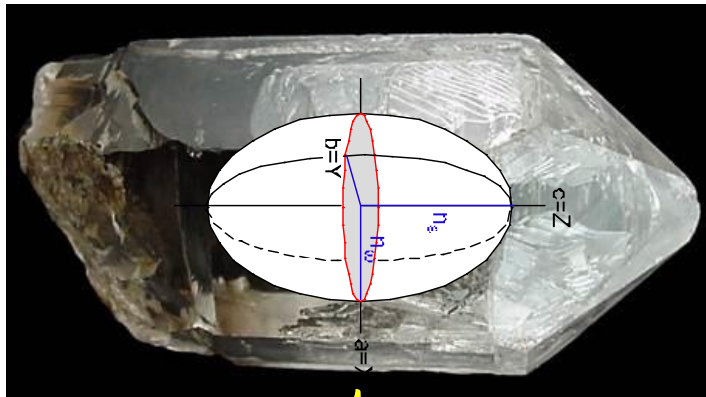
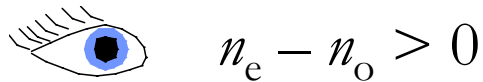
Подсказка...)

Подведем итоги

- **Минералы средней категории** – анизотропные, оптически **одноосные**, то есть в них имеется только одно направление, в котором отсутствует *двойное лучепреломление*.
- Оптическая индикатриса этих минералов представляет собой **эллипсоид вращения с двумя осями индикатрисы** – N_e и N_o . Соотношение их длин (величин показателей преломления) определяет оптический знак минерала.
- Ключевые сечения минерала относительно его индикатрисы, которые можно увидеть под микроскопом:
 - сечение, параллельное оптической оси;
 - сечение, перпендикулярное оптической оси.

Ключевые сечения минерала под микроскопом

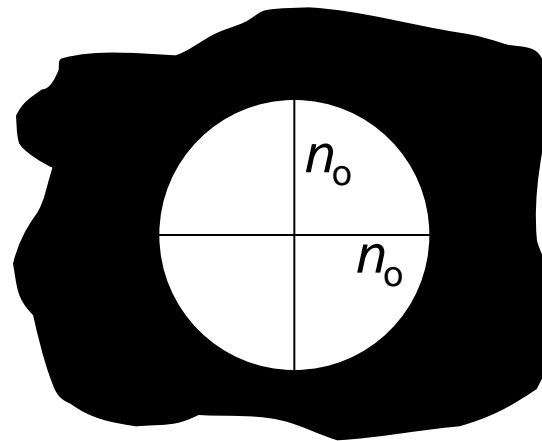
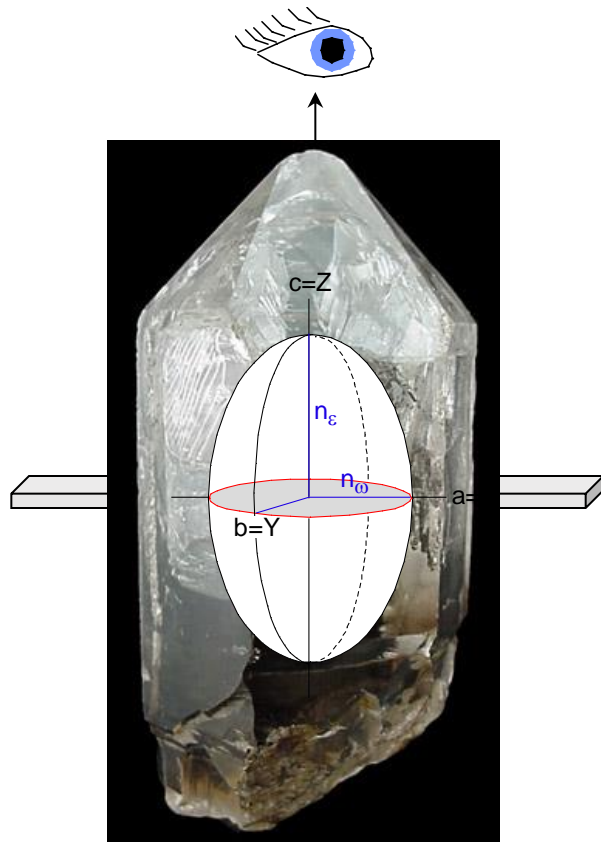
□ Сечение, параллельное оптической оси



В этом сечении минерала определяется максимальная величина двойного лучепреломления.

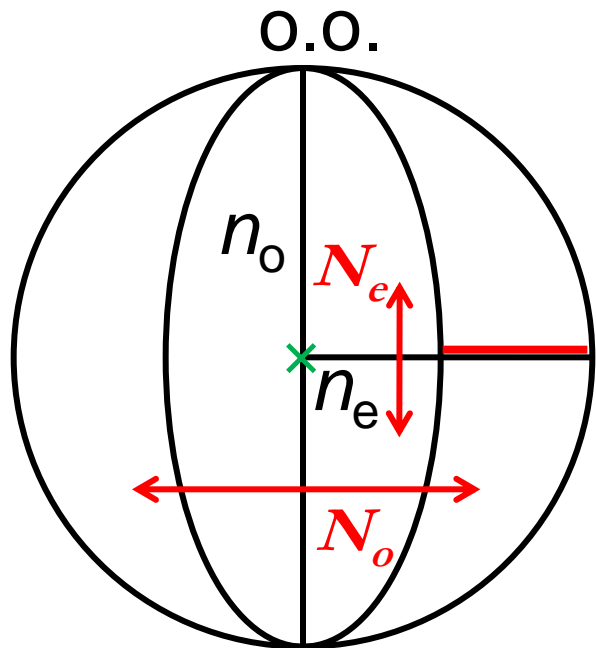
Ключевые сечения минерала под микроскопом

□ Сечение, перпендикулярное оптической оси



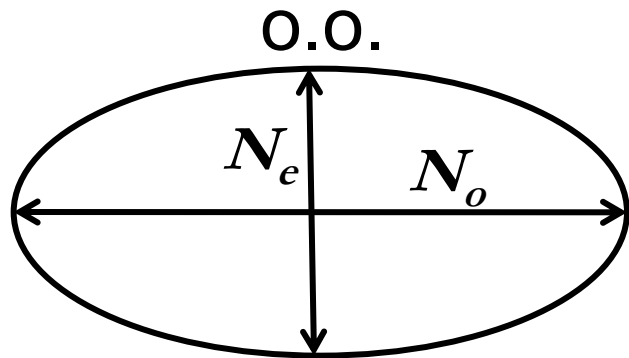
В этом сечении минерала двойное лучепреломление отсутствует – кристалл постоянно остается темным в скрещенных николях при вращении столика микроскопа.

Проверьте себя



Построение оптической индикатрисы кальцита (оптически отрицательного минерала)

Ответ на контрольный вопрос:
с оптической осью совпадает ось индикатрисы N_e .



Минералы низшей категории

Ромбическая, моноклинная и триклинная сингонии. Эти минералы также *оптически анизотропны*. Однако наблюдается более *сложная закономерность* изменения величины показателя преломления необыкновенного луча.



ОЛИВИН



АВГИТ

Показатели преломления минерала низшей категории

В различных сечениях кристалла величина изменяющегося показателя преломления *необыкновенного луча* **не привязана** к величине постоянного показателя преломления *обыкновенного луча*. По этой причине, для минералов низшей категории необходимо рассматривать **три показателя преломления** в каждом сечении кристалла (поверхности показателей преломления): один – постоянный и два – изменяющихся в определенном диапазоне:

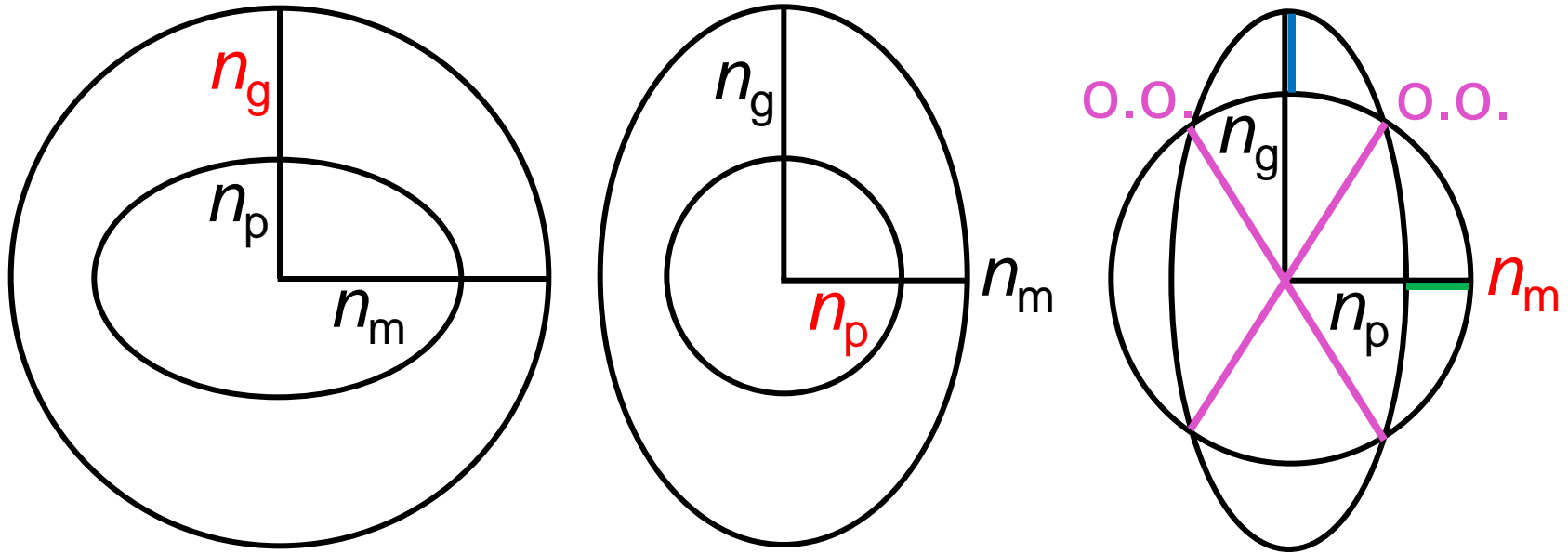
n_g – самый высокий (*фр.* grande – большой);

n_m – средний (*фр.* moyen – средний);

n_p – самый низкий (*фр.* petit – маленький).

Поверхность показателей преломления минерала низшей категории

Эту поверхность можно представить тремя главными сечениями:



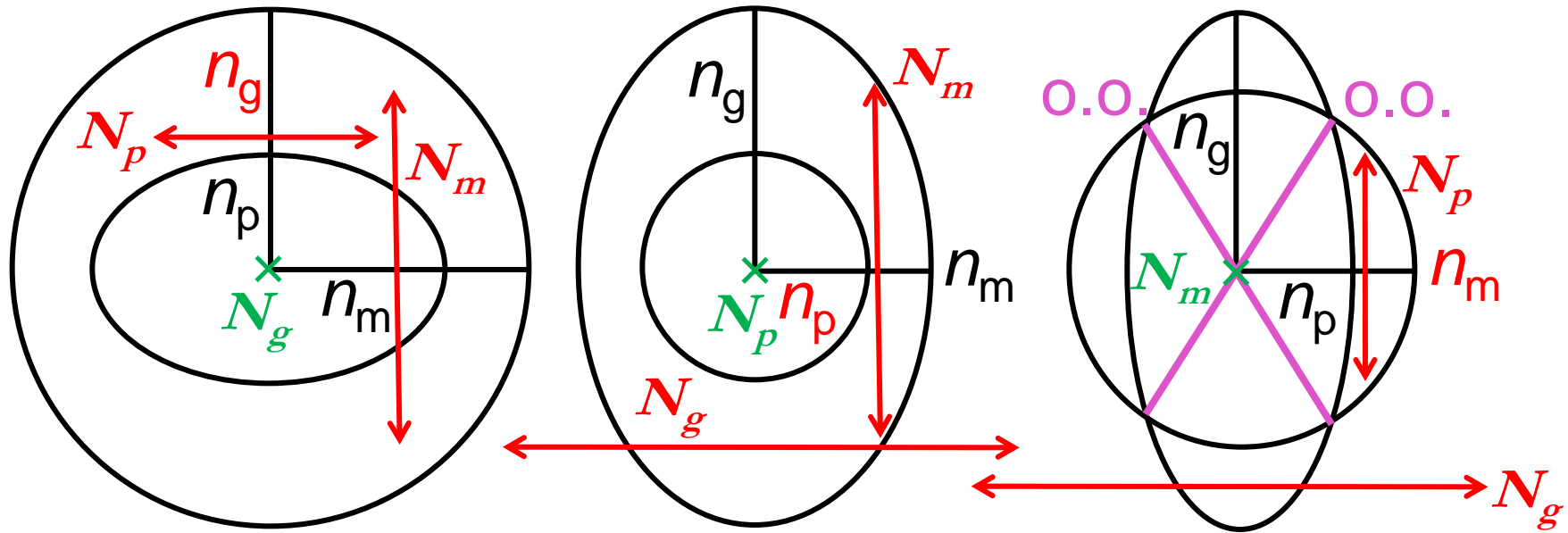
У минерала низшей категории есть **две оптических оси**.

Определение оптического знака: необходимо сравнить величины $n_g - n_m$ и $n_m - n_p$.

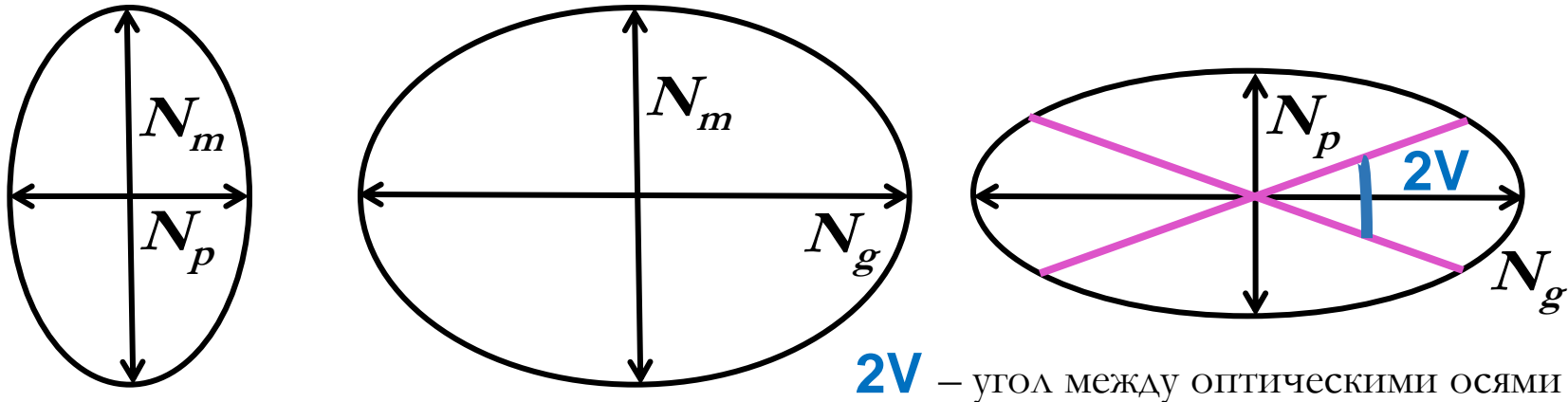
“+”, если $n_g - n_m > n_m - n_p$

“-”, если $n_g - n_m < n_m - n_p$

Построение оптической индикатрисы



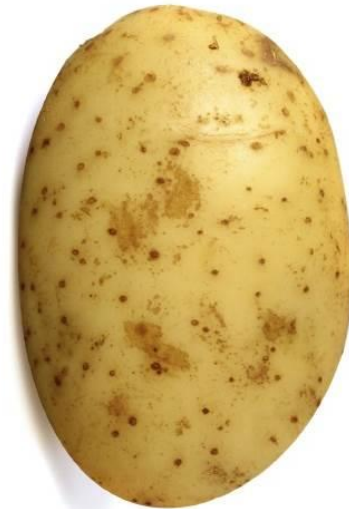
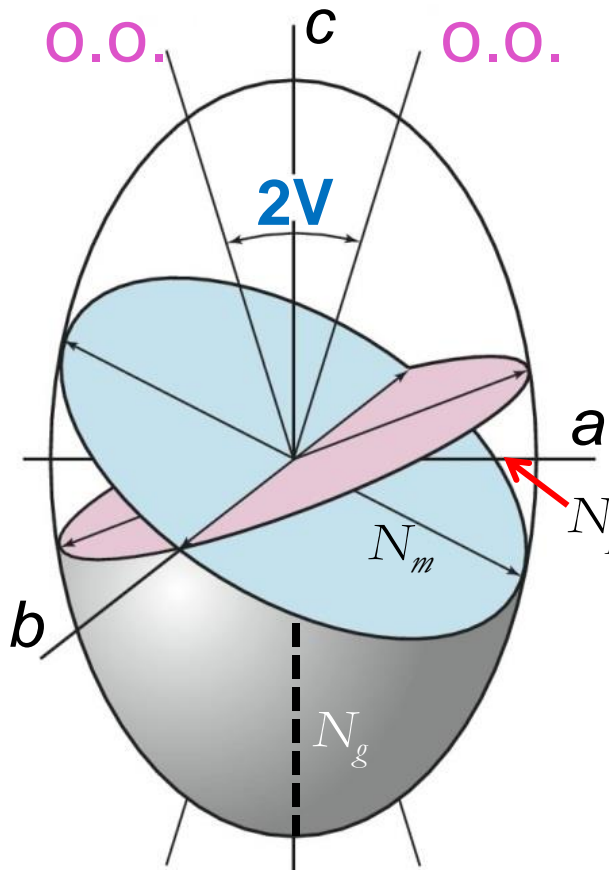
Условно принимают, что направление распространения света *совпадает* с осью индикатрисы, соответствующей *постоянному* значению показателя преломления для данного сечения (как будто бы обыкновенного луча) – показано **зеленым** цветом.



$2V$ – угол между оптическими осями

Объемное изображение индикатрисы

В отличие от кристаллов более высокой симметрии, для минералов низшей категории **объемную фигуру индикатрисы** можно получить только путем **интерполяции** трех *взаимно перпендикулярных сечений*.



Похожа?

Важно!

Оси индикатрисы N_g и N_p всегда находятся в **плоскости оптических осей**, где у минерала самое высокое двойное лучепреломление ($n_g - n_p$).
 N_m – **оптическая нормаль**, характеризует сечение, перпендикулярное оптической оси. В этом сечении показатель преломления **постоянный** (n_m) и двулучепреломление равно 0.

Подведем итоги

- ❑ Минералы низшей категории – анизотропные, оптически **двуосные**, то есть в них имеются два направления, в которых отсутствует *двойное лучепреломление*.
- ❑ Оптическая индикатриса этих минералов представляет собой эллипсоид с тремя осями индикатрисы – N_g , N_m и N_p (трехосный эллипсоид).
- ❑ Соотношение величин показателей преломления) определяет оптический знак минерала: “+”, если $n_g - n_m > n_m - n_p$, “–”, если $n_g - n_m < n_m - n_p$.
- ❑ Оптический знак минерала можно также определить по положению осей N_g и N_p в индикатрисе. Если N_g является биссектрисой острого угла между оптическими осями [*кратк. острой биссектрисой*], то минерал оптически **положительный**, если N_p – острая биссектриса, то минерал оптически **отрицательный**.

Подведем итоги

- Ключевые сечения минерала низшей категории относительно его индикатрисы, которые можно найти под микроскопом:
- 1) сечение, перпендикулярное оптической оси;
 - 2) сечение, перпендикулярное острой биссектрисе;
 - 3) сечение, перпендикулярное тупой биссектрисе;
 - 4) сечение, параллельное плоскости оптических осей.

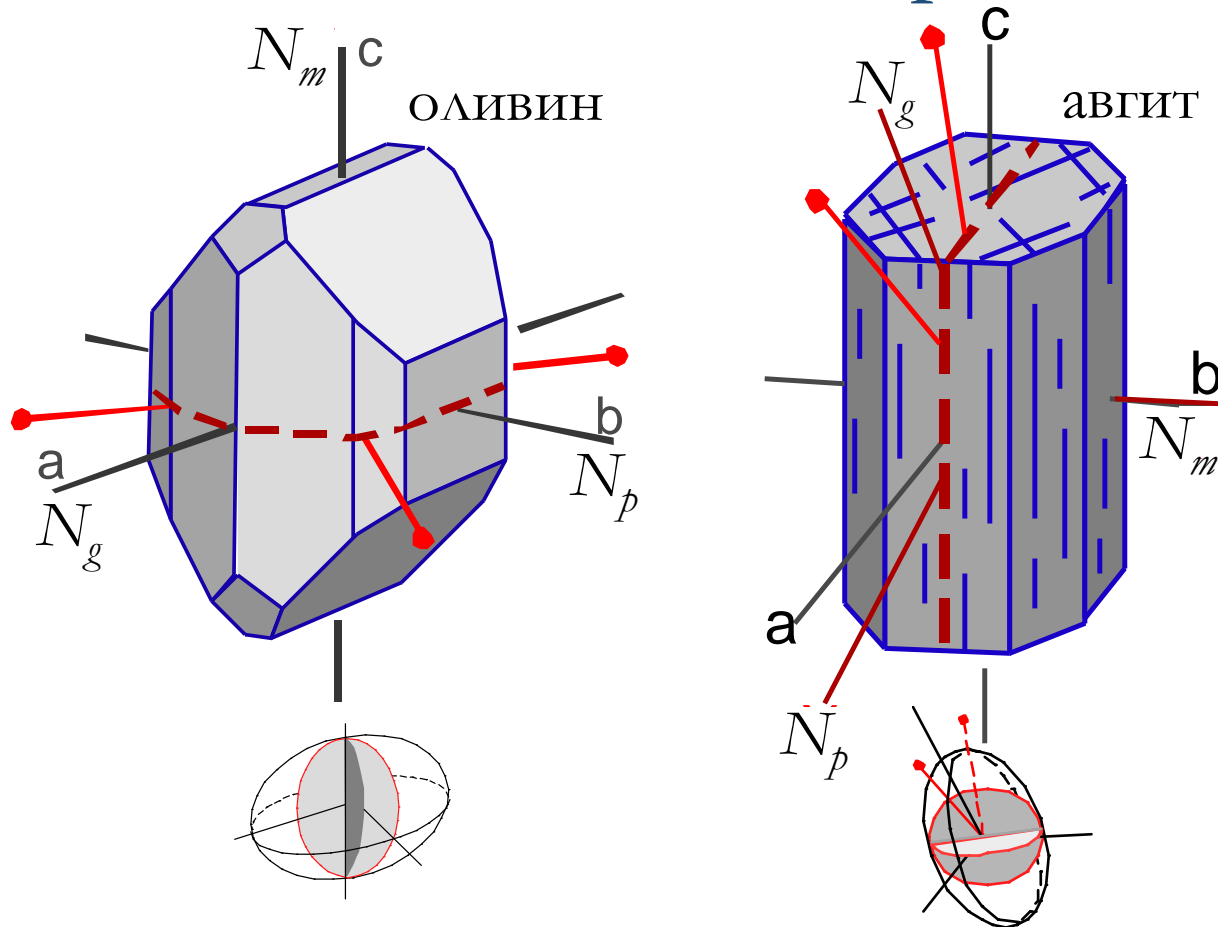
Дома...

1. Заполните таблицу, используя сечения индикатрисы:

Опт. знак	Сечение			
	(1)	(2)	(3)	(4)
“+”				
“-”				

2. Расставьте между полученными значениями знаки $>$ или $<$.

Расположение индикатрисы в кристалле



У минералов **ромбической сингонии** (оливин) все оси индикатрисы совпадают с кристаллографическими направлениями; у минералов **моноклинной сингонии** (авгит) только одна ось индикатрисы (обычно N_m) совпадает с кристаллографическим направлением, индикатриса минералов **триклинной сингонии** полностью разориентирована в кристалле.