

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

Санкт-Петербургский государственный горный институт им.
Г.В.Плеханова (технический университет)

Кафедра минералогии, кристаллографии и петрографии

КРИСТАЛЛООПТИКА

*Программа, методические указания и контрольные задания
для студентов заочной формы обучения специальности 130301 –
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных
ископаемых*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2009**

УДК 549.132:553.1 (075.84)

КРИСТАЛЛООПТИКА. Программа, методические указания и контрольные задания для студентов специальности 130301 заочной формы обучения / Санкт-Петербургский горный ин-т. Сост.: В.И. Алексеев. СПб, 2009. 23 с.

Изложены программа и методические указания по изучению курса «Кристаллооптика». Предложены варианты контрольных заданий и список учебной литературы.

Предназначены для студентов заочной формы обучения специальности 130301 «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых».

Табл. 1. Библиогр.: 14 назв.

Научный редактор проф. *Ю.Б.Марин*

© Санкт-Петербургский горный институт
им. Г.В.Плеханова, 2009 г.

ВВЕДЕНИЕ

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Микроскопический метод является ведущим методом исследования минералов и горных пород, применяемым на всех стадиях геологоразведочных работ и в научных исследованиях. Суть его заключается в кристаллооптическом исследовании минералов с помощью поляризационного микроскопа.

Цель преподавания дисциплины – научить студентов грамотному применению главных методик оптического исследования кристаллов с помощью поляризационного микроскопа для определения порообразующих минералов. Задачи дисциплины:

- 1) обучить студентов основам кристаллооптики;
- 2) привить им практические навыки работы с поляризационным микроскопом;
- 3) научить студентов применению главных методов кристаллооптических исследований;
- 4) обучить их определению минералов под микроскопом.

Знание кристаллооптики необходимо для дальнейшего изучения петрографии магматических, метаморфических и осадочных пород и составляет неотъемлемую часть минимума профессиональных знаний и навыков, которыми должен овладеть студент, обучающийся по специальности 130301 «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых».

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате прохождения курса «Кристаллооптика» студент должен:

знать основы кристаллооптики прозрачных кристаллов (описание оптических свойств с помощью оптической индикатрисы кристалла, особенности формы и положения оптической индикатрисы в кристаллах различных сингоний), методику приближенного определения оптических констант в шлифе при ортоскопическом и коноскопическом наблюдении, а также оптические свойства и диагно-

стические признаки главнейших породообразующих минералов магматических горных пород.

уметь объяснять явления, наблюдаемые при прохождении света через пластинки исследуемых минералов, самостоятельно определять в проходящем свете их важнейшие оптические константы и диагностировать главнейшие минералы горных пород; производить главные поверки поляризационного микроскопа.

иметь представление о точных методах оптического исследования кристаллов минералов под микроскопом, о методах количественного минералогического анализа в шлифах под микроскопом.

Для успешного прохождения курса студент должен успешно освоить курс «Физика»: знать основные положения физической оптики, кинематики волновых процессов, иметь представление о явлениях интерференции и поляризации волн. Изучение кристаллооптики невозможно без предварительного освоения курса «Кристаллография, минералогия», дающего современные знания о строении кристаллического вещества, кристаллических структурах минералов, о симметрии, морфологии и разнообразии природных кристаллов.

В процессе самостоятельного изучения дисциплины до приезда в институт следует тщательно проработать методические указания и ознакомиться с основной рекомендованной литературой. Пользуясь рекомендуемыми литературными источниками, необходимо составить конспект-определитель главнейших минералов магматических пород, образец которого прилагается (прил. 1). В конспект в обязательном порядке должны быть включены минералы, указанные в рекомендуемом списке (прил. 2).

Программа по курсу разбита на отдельные разделы. После названия каждого раздела в квадратных скобках даются ссылки на литературу (номера литературных источников и страницы). Список рекомендованной литературы приведен в конце Методических указаний, после контрольных заданий.

ПРОГРАММА, МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО РАЗДЕЛАМ КУРСА

1. ВВЕДЕНИЕ. ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ И ИССЛЕДОВАНИЯ ИХ БЕЗ АНАЛИЗАТОРА

[1, с. 26-41, с. 42-48, с. 90-92; 2, с. 3-10; 4, с. 9-10; 15-19; 22-23; 5, с. 38-54, 58, 193-199; 9, с. 3-12]

Программа. Основные задачи микроскопического метода исследования минералов и горных пород. Оптические свойства породообразующих минералов как главные их диагностические признаки. Петрографический микроскоп и его особенности. Петрографические шлифы. Показатель преломления. Оптически изотропные и анизотропные минералы. Показатель преломления минералов. Методы определения показателей преломления минералов под микроскопом. Полоска Бекке, шагреневая поверхность и рельеф минералов в шлифе. Дисперсионный эффект. Разделение минералов на группы по величине показателя преломления. Понятие об иммерсионном методе.

Методические указания. Микроскопическая диагностика минералов, слагающих горные породы, основана на изучении их оптических свойств, проявляющихся при прохождении света через тонкие (0,03 мм) препараты – петрографические шлифы. Наибольшее значение при этом имеют свойства, связанные с явлениями преломления света в кристаллах.

Для исследования оптических свойств применяют специальный петрографический микроскоп, снабженный приспособлениями для работы в проходящем поляризованном свете, а также вращающимся предметным столиком с лимбом. Для освоения содержания раздела следует ознакомиться с устройством петрографического микроскопа и с важнейшими его поверками (установка поляризатора и анализатора в скрещенное положение, центрировка объектива, проверка совпадения нитей окулярного креста с направлением колебаний в поляризаторе и анализаторе и определение направления колебаний света, пропускаемого поляризатором).

Важнейшей оптической константой минерала является его показатель преломления. Необходимо знать, как используют явления полосы Бекке, шагреновой поверхности для рельефа минералов в шлифе для оценки величины их показателя преломления. Следует изучить разделение минералов на группы по величине показателя преломления.

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое поляризатор и анализатор и для чего их применяют в микроскопе?
2. Как устроен петрографический шлиф?
3. К какой сингонии принадлежат минералы, являющиеся оптически изотропными?
4. Как определяют относительную величину показателя преломления по полоске Бекке?
5. Каково значение показателя преломления канадского бальзама?
6. Для чего применяют иммерсионный метод?

2. ОПТИЧЕСКАЯ ИНДИКАТРИСА

[1, с. 5-19, с. 21-26; 4, с. 11-15; 5, с. 59-69; 9, с. 13-21]

Программа. Явление двойного лучепреломления. Оптическая индикатриса и ее значение для характеристики оптических свойств кристаллов. Правило индикатрисы. Эллипс сечения оптической индикатрисы; изотропное сечение; главное сечение. Форма оптической индикатрисы в кристаллах различных сингоний. Оптически одноосные и оптически двуосные кристаллы. Оптические оси, угол оптических осей. Оптически положительные и оптически отрицательные кристаллы. Зависимость между величинами главных показателей преломления и углом оптических осей.

Методические указания. Оптическая индикатриса – воображаемая геометрическая поверхность, используемая для описания явлений преломления в кристаллах. Оптическая индикатриса имеет форму эллипсоида, каждый радиус которого пропорционален по

длине показателю преломления той волны, *колебания которой* совершаются в направлении этого радиуса.

Необходимо ясно понимать *правило индикатрисы*, согласно которому явления, наблюдаемые при прохождении света через кристалл в шлифе, определяются *сечением индикатрисы* – плоскостью, перпендикулярной направлению распространения света, т.е. плоскостью шлифа. Сечения индикатрисы – эллипсы, оси которых n_g и n_p указывают направления колебаний двух волн в кристалле и пропорциональны показателям преломления для этих волн.

С самого начала следует усвоить различие между оптическими свойствами минерала (константами, свойственными этому минералу) и свойствами его сечений, наблюдаемых в микроскоп. Важное значение при определении оптических свойств минерала имеют *главное сечение* (сечение, в котором лежат наибольшая ось индикатрисы N_g и ее наименьшая ось N_p) и *изотропное (или круговое) сечение*, перпендикулярно которому располагается оптическая ось. При этом нельзя путать оптические оси с осями симметрии индикатрисы!

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое оптическая индикатриса и как она строится?
2. Какова форма индикатрисы в кристаллах разных сингоний?
3. Что такое оптическая ось кристалла и сколько оптических осей имеют кристаллы средней категории и низшей категории?
4. Чем различаются оптически положительные и оптически отрицательные кристаллы средней категории и низшей категории?
5. Что такое угол $2V$?

3. ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ СКРЕЩЕННЫХ НИКОЛЯХ

[1, с. 51-62; 2, с. 12-23; 4, с. 23-39; 5, с. 73, 82-105, 145-160; 9, с. 27-36]

Программа. Прохождение света через систему поляризатор – кристаллическая пластинка – анализатор. Интерференционная окраска. Определение величины двупреломления минерала. Компенсаторы: кварцевый клин, кварцевая пластинка. Определение наименования осей сечения оптической индикатрисы. Прямое и косое погасание, угол погасания, симметричное погасание. Знак удлинения.

Связь оптических свойств минерала с оптическими свойствами его сечений. Теорема Френеля для одноосных и для двуосных кристаллов.

Методические указания. Необходимо ясно представлять себе причину появления интерференционной окраски у оптически анизотропных веществ при введении анализатора. Следует усвоить, что при вращении столика микроскопа при введенном анализаторе момент погасания зерна минерала соответствует положению, в котором оси эллипса сечения индикатрисы параллельны направлениям колебаний света в поляризаторе и анализаторе.

Наблюдаемая при введенном анализаторе интерференционная окраска определяется возникшей в кристалле разностью хода двух волн, проходящих через кристалл с различной скоростью. Связь разности хода с толщиной кристаллической пластинки (для стандартного шлифа – 0,03 мм) и двупреломлением в данном сечении выражается формулой: $\Delta = d(n_g - n_p)$, в которой Δ – разность хода, d – толщина пластинки. Эту формулу нужно знать и уметь ею пользоваться.

Для разных сечений одного и того же минерала двупреломление может изменяться от нуля (для изотропного сечения) до максимальной величины $N_g - N_p$ (в главном сечении), поэтому при наблюдении с анализатором один и тот же минерал в разных сечениях может иметь различные интерференционные окраски. Это обстоятельство, создающее для начинающего определенные трудности, следует иметь в виду. Для определения двупреломления минерала необходимо всегда выбирать главное сечение. Двупреломление – одна из важнейших оптических констант минерала, поэтому надо хорошо усвоить методы его определения.

Параллельно с определением двупреломления в том же зерне определяют угол погасания и знак удлинения. Не следует путать знак удлинения с оптическим знаком кристалла!

Вопросы для самопроверки:

1. Почему интерференционная окраска не видна при выведенном анализаторе?

2. Какова причина различного окрашивания разных зерен одного минерала при введенном анализаторе?
3. Как определяют порядок интерференционной окраски?
4. Что такое знак удлинения?
5. Что такое симметричное погасание?

4. КОНОСКОПИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ МИНЕРАЛОВ

[1, с. 63-86; 2, с. 23-35; 4, с. 41-56; 5, с. 106-144; 9, с.49-68]

Программа. Коноскопический метод исследования оптической индикатрисы. Интерференционная коноскопическая фигура, причины ее появления и способы наблюдения. Коноскопические фигуры одноосных и двуосных кристаллов в различных сечениях. Определение оптического знака одноосных и двуосных кристаллов. Определение величины угла оптических осей.

Методические указания. Коноскопический метод позволяет в одном зерне исследовать множество различных оптических сечений, что дает возможность определения формы всей индикатрисы. Необходимо понять, что коноскопическая фигура *не является изображением зерна*, а есть лишь суммарный оптический эффект, получающийся в результате интерференции волн, проходящих по множеству направлений в кристалле.

Различные сечения кристалла плоскостью шлифа дают при коноскопическом наблюдении различные интерференционные фигуры. Надо знать, какие сечения наиболее пригодны для определения осности, оптического знака и угла оптических осей минерала, и уметь выбирать такие сечения в шлифе.

Коноскопический метод считается точным методом кристаллооптического исследования и для получения хороших результатов следует тщательно соблюдать всю последовательность необходимых действий. Особенно важен для получения коноскопической фигуры правильный выбор минерального зерна.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие объективы используют для получения коноскопической фигуры?

2. Что такое линза Бертрана и для чего она нужна?
3. Какие сечения минерала следует выбирать для получения коноскопической фигуры?
4. Почему главное сечение не годится для определения оси?
5. Какая коноскопическая фигура наблюдается в изотропном сечении одноосного минерала? Чем будет отличаться такая фигура у минералов с низким и высоким двупреломлением?
6. Какая коноскопическая фигура наблюдается в изотропном сечении двуосного минерала? Как по этой фигуре оценить величину угла оптических осей?

5. ОПТИЧЕСКАЯ ОРИЕНТИРОВКА МИНЕРАЛОВ

[1, с. 19-21, с. 48-50, с. 62-63, с. 84-86; 2, с. 10-12; 4, с. 15, 20-21; 5, с. 74-80; 9, с. 72-80, 87-90]

Программа. Положение оптической индикатрисы в минералах различных сингоний. Спайность минералов под микроскопом. Поведение спайности в минералах различных сингоний. Определение сингонии и оптической ориентировки минерала по наблюдениям различных его сечений. Двойники минералов под микроскопом. Понятие о федоровском методе.

Методические указания. Зная форму оптической индикатрисы в кристаллах различных категорий, можно вывести ее возможное положение, исходя из элементов симметрии, свойственных каждой сингонии. Оптическую ориентировку – положение индикатрисы в кристалле относительно кристаллографических осей, можно определить, если в шлифе имеются определенные кристаллографические элементы: трещины спайности или грани кристалла.

Следует помнить, что спайность видна далеко не во всех сечениях минерала. Для оценки наличия спайности приходится просматривать различные зерна минерала в шлифе. Наиболее информативными для установления оптической ориентировки и сингонии обычно оказываются сечения с двумя пересекающимися системами трещин спайности. В таких сечениях следует определять характер пога-

сания (прямое, симметричное, косое несимметричное) и получать коноскопическую фигуру.

Этих данных часто оказывается достаточно для определения сингонии. Если у минерала нет сечений с пересекающейся спайностью, в определении сингонии поможет характер погасания в главном сечении. В главном сечении измеряют угол погасания минерала cN_g , приводимый в справочниках в качестве оптической константы.

Вопросы для самопроверки:

1. Как располагается оптическая индикатриса моноклинного минерала относительно его кристаллографических осей?

2. Будет ли видна спайность по пинакоиду в изотропном сечении минерала средней сингонии?

3. Как отличить в сечении с пересекающейся спайностью минерала ромбической сингонии спайность по призме от спайности по двум пинакоидам?

4. Что такое полисинтетические двойники?

6. ДИСПЕРСИЯ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ. СХЕМА АБСОРБЦИИ МИНЕРАЛОВ

[1, с. 86-90; 2, с. 7, с. 35-36; 4, с. 39-41; 5, с. 161-176; 9, с. 103-110]

Программа. Дисперсия оптических свойств минералов. Дисперсия показателей преломления, дисперсия двупреломления. Аномальная интерференционная окраска. Дисперсия угла оптических осей, дисперсия осей индикатрисы. Зависимость типа дисперсии от сингонии минерала. Естественная окраска минералов. Плеохроизм, схема абсорбции. Явления псевдоабсорбции и псевдохроизма. Оптические аномалии в минералах.

Методические указания. Для исследования явления дисперсии необходимо знать, какие существуют виды дисперсии и как они проявляются при наблюдении минерала в шлифе под микроскопом. Следует ознакомиться с такими явлениями как аномальная интерференционная окраска, неполное погасание, дисперсионная окраска коноскопической фигуры.

Естественная окраска минерала – это окраска, которая видна при наблюдении без анализатора. Для характеристики плеохроизма минерала необходимо определить его окраску в различных положениях кристалла относительно направления колебаний света в поляризаторе, совмещая с этими направлениями оси оптической индикатрисы. Следует различать схему абсорбции по отношению к удлинению зерна (биотитовая и турмалиновая схемы абсорбции) и схему абсорбции по отношению к осям индикатрисы (прямая и обратная схемы абсорбции).

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое аномальная интерференционная окраска?
2. Как проявляется дисперсия осей индикатрисы при наблюдении в шлифе под микроскопом?
3. Какие типы дисперсии могут иметь место в минералах средних сингоний?
4. Может ли наблюдаться плеохроизм в минерале кубической сингонии?
5. Какое сечение минерала нужно выбрать, чтобы определить окраски по осям N_g и N_p ?
6. Что такое псевдоабсорбция?

7. ВАЖНЕЙШИЕ ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

[1, с. 90-92; 2, с. 37-42; 3; 4, с. 60-99, 107-112; 6; 7; 8; 11; 14]

Программа. Оптические свойства и диагностические признаки важнейших породообразующих минералов магматических горных пород. Полевые шпаты. Оптические методы определения состава плагиоклазов. Feldшпатоиды: нефелин, лейцит, минералы группы содалита. Кварц. Слюды: биотит, мусковит. Амфиболы: роговая обманка, тремолит, актинолит, арфведсонит, рибекит. Пироксены: ромбические пироксены, диопсид, авгит, эгирин, эгирин-авгит. Оливины. Мелилит.

Важнейшие акцессорные минералы: апатит, циркон, титанит, алланит, хромит, шпинель, гранаты, рутил, турмалин, флюорит. Важнейшие постмагматические минералы: серпентин, хлорит, тальк, эпидот, кальцит, цеолиты, канкринит, актинолит, тремолит.

Методические указания. Для понимания и запоминания диагностических признаков важнейших породообразующих минералов необходимо составить конспект-определитель минералов, содержащий все главные оптические свойства (окраска, плеохроизм и схема абсорбции, спайность, показатель преломления, величина двупреломления, угол погасания и знак удлинения, оптический знак, наличие двойников, сходные минералы и др.). Рекомендуемая форма конспекта-определителя и список минералов приведены в конце Методических указаний (прил. 1, 2).

Вопросы для самопроверки:

1. Какие сечения нужно использовать для того, чтобы определить состав плагиоклаза по углам погасания?
2. Что такое опацификация? У каких минералов может наблюдаться опацификация?
3. Каковы наиболее распространенные продукты постмагматического изменения нефелина?
4. Назовите минералы, для которых диагностическим признаком является аномальная интерференционная окраска.

**8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ МИНЕРАЛЬНЫХ ЗЕРЕН.
КОЛИЧЕСТВЕННО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**
[1, с. 42; 4, с. 131-135; 5, с. 55-57; 9, с. 123-128]

Программа. Измерение размеров минеральных зерен под микроскопом. Окуляр-микрометр, объект-микрометр. Методы количественного минералогического анализа: площадной, линейный, точечный. Приборы, используемые для количественного минералогического анализа. Возможности автоматизации и компьютеризации количественного минералогического анализа.

Методические указания. Точные измерения минеральных зерен с помощью микрометров необходимы при монографических описаниях горных пород и породообразующих минералов. В случае рядового определения достаточно произвести приблизительную оценку размера зерен путем сравнения его с диаметром поля зрения микроскопа. При этом нужно помнить, что в шлифе мы видим сече-

ния зерен, которые могут быть значительно меньшими, нежели истинные размеры зерна.

Количественную оценку минерального состава выполняют с помощью специальных окуляров и приспособлений, а также с использованием компьютерных приставок. При рядовом определении обычно оценивают содержание минералов в горной породе приближенно, не прибегая к специальным приборам.

Вопросы для самопроверки:

1. Что представляет собой объект-микрометр и для чего он применяется?
2. Для чего применяется сетчатый окуляр-микрометр?

КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Контрольное задание состоит из двух частей: 1) составление конспекта-определителя минералов; 2) решение контрольных задач и составление ответов на контрольные вопросы.

Конспект-определитель минералов должен быть составлен для всех минералов, указанных в программе (прил. 2), по приложенной форме (прил. 1). Конспект оформляют в форме таблицы на развернутом листе общей тетради. Этот конспект в дальнейшем понадобится при практическом изучении петрографии, поэтому следует рассчитывать на его долговременное использование. Следует помнить, что рекомендуемый список минералов минимален, и конспект-определитель будет в дальнейшем пополняться новыми минералами, в том числе минералами метаморфических и осадочных пород.

Вопросы и задачи предложены в 10 вариантах. Студент выполняет вариант, номер которого совпадает с последней цифрой шифра его зачетной книжки.

Вариант 0

1. Параллельный пучок света проходит через шлиф нормальной толщины с исландским шпатом, вырезанным параллельно оптической оси. Какова разность хода обыкновенной и необыкновенной

волн, прошедших через шлиф, если показатели преломления исландского шпата $N_p = 1,486$, $N_g = 1,658$?

2. Будут ли видны ветви гиперболы на разрезе, перпендикулярном к острой биссектрисе диопсида, если его показатели преломления $N_g = 1,700$, $N_m = 1,678$, $N_p = 1,671$ и максимальный угол $2E$, при котором обе ветви гиперболы видны одновременно в поле зрения микроскопа, равен 70° ?

3. По каким диагностическим признакам в шлифе можно отличить кварц от ортоклаза?

Вариант 1

1. Какова должна быть толщина спайного выколка мусковита, чтобы он мог служить в качестве пластинки « $\frac{1}{4}$ волны» для натриевого света, если показатели преломления мусковита $N_g = 1,5997$, $N_m = 1,5941$, $N_p = 1,5632$, а длина световой волны $\lambda_{Na} = 588$ нм?

2. Как с помощью кварцевой пластинки отличить друг от друга в сходящемся свете разрезы оптически положительного минерала, перпендикулярные к острой и тупой биссектрисе, если он имеет большой ($>75^\circ$) угол оптических осей?

3. По каким диагностическим признакам в шлифе можно отличить оливин от эпидота?

Вариант 2

1. Какова должна быть толщина спайного выколка гипса, чтобы она могла служить в качестве пластинки « $\frac{1}{4}$ волны» для света зеленой линии ртути, если показатели преломления гипса $N_g = 1,5296$, $N_m = 1,5226$, $N_p = 1,5205$, а длина световой волны $\lambda_{Hg} = 546$ нм?

2. Что будет наблюдаться в коноскопическом режиме в спайной пластинке мусковита с углом оптических осей $2E = 60^\circ$ (оптический знак (-), ось N_p перпендикулярна (001)), если перпендикулярно к линии, соединяющей вершины гиперболы ввести кварцевую пластинку?

3. По каким диагностическим признакам в шлифе можно отличить хлорит от зеленой роговой обманки?

Вариант 3

1. Какую максимальную окраску при скрещенных николях в шлифе нормальной толщины должен иметь лабрадор, если его показатели преломления $N_g = 1,563$, $N_m = 1,558$, $N_p = 1,555$?
2. Угол оптических осей мусковита, измеренный в воздухе, равен $68^{\circ}51'$. Каков истинный угол оптических осей, если $N_m = 1,5941$?
3. По каким диагностическим признакам в шлифе можно отличить циркон от титанита?

Вариант 4

1. Какую максимальную окраску при скрещенных николях в шлифе нормальной толщины должен иметь геденбергит, если его показатели преломления $N_g = 1,751$, $N_m = 1,737$, $N_p = 1,732$?
2. Как найти разрез, перпендикулярный к N_g андезина, если его показатели преломления $N_g = 1,555$, $N_m = 1,553$, $N_p = 1,549$?
3. По каким диагностическим признакам в шлифе можно отличить биотит от базальтической роговой обманки?

Вариант 5

1. Какова толщина шлифа, если битовнит при скрещенных николях имеет оранжевую окраску первого порядка ($\Delta = 450$ нм), а величина двупреломления битовнита равна $0,008$?
2. Как определить оптический знак одноосного кристалла на разрезе, параллельном оптической оси?
3. По каким диагностическим признакам в шлифе можно отличить флюорит от граната?

Вариант 6

1. Какова толщина шлифа, если ортоклаз при скрещенных николях имеет максимальную интерференционную окраску – желтую первого порядка ($\Delta = 350$ нм), а величина двупреломления ортоклаза равна $0,006$?

2. При наблюдении минерала в сходящемся свете на разрезе, перпендикулярном острой биссектрисе, наблюдается резко выраженная окраска одной из ветвей гиперболы: вогнутая часть синесерая, выпуклая – красновато-бурая. Другая ветвь не обнаруживает этого явления. Каковы характер и вид дисперсии и какова ориентировка плоскости оптических осей в кристалле, если N_m совпадает с осью b ?

3. По каким диагностическим признакам в шлифе можно отличить энстатит от апатита?

Вариант 7

1. Какие интерференционные окраски будет иметь оливин в шлифе нормальной толщины на разрезе, перпендикулярном к тупой биссектрисе, и на разрезе, параллельном плоскости оптических осей, если его показатели преломления $N_g = 1,689$, $N_m = 1,670$, $N_p = 1,654$?

2. При наблюдении минерала в сходящемся свете две ветви гиперболы окрашиваются на вогнутых частях в красновато-бурый цвет, а на выпуклых – в сизо-серый. Что это за явление и почему оно наблюдается? К каким сингониям может принадлежать минерал?

3. По каким диагностическим признакам в шлифе можно отличить серпентин от натролита?

Вариант 8

1. Какие интерференционные окраски при скрещенных николях будет иметь мусковит в шлифе нормальной толщины на разрезе, перпендикулярном к тупой биссектрисе, и на разрезе, параллельном плоскости оптических осей. если его показатели преломления $N_g = 1,588$, $N_m = 1,582$, $N_p = 1,552$?

2. Зерна оптически одноосного минерала с максимальной интерференционной окраской имеют удлиненную форму и трещины совершенной спайности вдоль удлинения; удлинение сечения положительное, погасание прямое; в изотропном сечении трещин спайности не видно. По грани какой простой формы проходит спайность? Каков оптический знак минерала?

3. По каким диагностическим признакам в шлифе можно отличить лабрадор от микроклина?

Вариант 9

1. Кристаллы авгита при скрещенных николях дают максимальную окраску – желтую второго порядка ($\Delta = 880$ нм). Разрез, перпендикулярный к острой биссектрисе, имеет светло-серую окраску первого порядка ($\Delta = 210$ нм). Какова толщина шлифа, если $N_g - N_m = 0,019$ и оптический знак авгита положительный?

2. Зерна одноосного минерала с максимальной интерференционной окраской имеют сильно удлиненную форму, трещины спайности вдоль удлинения; знак удлинения положительный, погасание прямое. Изотропные сечения этого минерала имеют небольшие размеры, квадратные очертания и трещины спайности по двум направлениям под углом 90° . Какова сингония минерала? По граням какой простой формы проходит спайность? Каков оптический знак минерала?

3. По каким диагностическим признакам в шлифе можно отличить эгирин от актинолита?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основная литература

1. *Доливо-Добровольский В.В.* Методы петрографических исследований. Учебное пособие. СПб.: РИЦ СПГГИ, 2003.

2. *Доливо-Добровольский В.В.* Методы петрографических исследований. Методические указания по выполнению лабораторных работ. СПб.: РИЦ СПГГИ, 2003.

3. *Лодочников В.Н.* Главнейшие породообразующие минералы. М.: Недра, 1974.

4. Петрография и петрология магматических, метаморфических и метасоматических горных пород / Учебник. М.: Логос, 2001.

5. *Татарский В.Б.* Кристаллооптика и иммерсионный метод. М.: Недра, 1965.

Дополнительная литература

6. *Бетехтин А.Г.* Курс минералогии. М.: Книжный Дом Университет, 2008.
7. *Булах А.Г.* Общая минералогия. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2002.
8. *Даминова А.М.* Породообразующие минералы. М., Высшая школа, 1974.
9. *Заварицкий В.А.* Петрография. Конспект лекций. Ч. III. Микроскопический метод в петрографии. Л.: Изд-во ЛГИ, 1970.
10. *Оникиенко С.К.* Методика исследования породообразующих минералов в прозрачных шлифах. М.: Недра, 1982.
11. *Саранчина Г.М.* Породообразующие минералы (методика определения кристаллооптических констант, характеристика минералов): Учеб. Пособие. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1998.
12. *Соболев Р.Н.* Методы оптического исследования минералов: Справочник. М.: Недра, 1990.
13. Современные методы исследования минералов, горных пород и руд. Учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГГИ, 1997.
14. *Треггер В.Е.* Оптическое определение породообразующих минералов. Справочник. Пер. с нем. М.: Недра, 1980.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ФОРМА КОНСПЕКТА-ОПРЕДЕЛИТЕЛЯ (ЛЕВАЯ СТОРОНА)

Название, кристаллохимическая формула минерала	Сингония, габитусные формы, двойники	Морфология индивидов и агрегатов	Спайность	Оптическая ориентировка, угол погасания, знак удлинения	
1	2	3	4	5	6
<p>ОЛИВИН</p> <p>форстерит $Mg_2[SiO_4]$</p> <p>фаялит $Fe_2[SiO_4]$</p>	<p>Ромбическая синг., призмы {110}, {021}, {120}, {101}, пинакоиды {010}, {001};</p> <p>двойники {011}, редко; {031}, {012}, очень редко</p>	<p>Изометрический облик. Характерны округлые зерна. Кристаллически-зернистые агрегаты</p>	<p>(010) ясн., вдоль удлинения;</p> <p>(100) несов.</p>	<p>$Np \parallel b;$ $Nm \parallel c;$ П.О.О. (001); $Ng \parallel a$</p> <p>+ -</p>	
3 см	3,5 см	2 см	1,5 см	2 см	4 см

Приложение 1 (продолжение)

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ФОРМА КОНСПЕКТА-ОПРЕДЕЛИТЕЛЯ (правая сторона)

Показатели преломления, группа по В.Н. Лодочкинову, дву-преломление, оптический знак	Угол и дисперсия оптических осей	Окраска в шлифе, схема абсорбции	Сходные минералы и их отличия. Вторичные минералы	Геологические процессы образования и парагенезисы
6	7	8	9	10
<p>Фо Фа</p> <p>$n_p = 1.636$ -1.827</p> <p>$n_m = 1.651$ -1.869</p> <p>$n_g = 1.669$ -1.879</p> <p>V группа VI группа</p> <p>$N_g - N_p =$ $(+) 0.033$ $-(-) 0.052$</p>	<p>$2V_{N_g} = 86^\circ$, форстерит; $r < v$;</p> <p>$2V_{N_g} = 86^\circ$, фаялит; $r > v$</p>	<p>Почти бесцветный, реже при окислении:</p> <p>N_p – зеленовато-желтый;</p> <p>N_m – оранжево-желтый;</p> <p>N_g – зеленовато-желтый;</p> <p>$N_m > N_p > N_g$</p>	<p>Клинопироксены – лучшая спайность и косое погасание; эпидот – другая окраска, сильная дисперсия, косое погасание.</p> <p>Серпентин, тальк, хлорит, иддингсит, нонтронит</p>	<p>Первично-магматический в ультраосновных и основных породах. Встречается с пироксенами и основными плагиоклазами. Форстерит – контактово-метаморфический.</p>
4,5 см	2 см	3 см	3 см	3.5 см

Примечание: Цифрой в конце каждого столбца указана рекомендуемая ширина столбца.

**РЕКОМЕНДУЕМЫЙ СПИСОК ГЛАВНЕЙШИХ МИНЕРАЛОВ
МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД
для составления конспекта-определителя**

Салические породообразующие минералы

- | | |
|---------------------------------------|-------------|
| 1. Плагиоклазы | 4. Нефелин |
| 2. Калиево-натриевые
полевые шпаты | 5. Содалит |
| 3. Кварц | 6. Лейцит |
| | 7. Анальцим |

Фемические породообразующие минералы

- | | |
|---------------|---------------------|
| 8. Оливин | 15. Эгирин-авгит |
| 9. Мелилит | 16. Роговая обманка |
| 10. Авгит | 17. Керсутит |
| 11. Диопсид | 18. Арфведсонит |
| 12. Гиперстен | 19. Рибекит |
| 13. Энстатит | 20. Биотит |
| 14. Эгирин | 21. Мусковит |

Акцессорные минералы

- | | |
|---------------------|---------------|
| 22. Хромит | 28. Флюорит |
| 23. Шпинель | 29. Турмалин |
| 24. Титанит (сфен) | 30. Рутил |
| 25. Апатит | 31. Пироп |
| 26. Циркон | 32. Альмандин |
| 27. Алланит (ортит) | 33. Эвдиалит |

Вторичные минералы

- | | |
|-----------------|---------------|
| 34. Хлориты | 39. Серпентин |
| 35. Клиноцоизит | 40. Тальк |
| 36. Эпидот | 41. Кальцит |
| 37. Актинолит | 42. Цеолиты |
| 38. Тремолит | 43. Канкринит |

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Цели и задачи дисциплины.....	3
Требования к уровню освоения содержания дисциплины.....	3
Программа, методические указания и контрольные вопросы по разделам курса	5
1. Введение. Показатель преломления минералов и исследования их без анализатора.....	5
2. Оптическая индикатриса.....	6
3. Исследования при скрещенных николях.....	7
4. Коноскопический метод исследования минералов.....	9
5. Оптическая ориентировка минералов	10
6. Дисперсия оптических свойств. схема абсорбции минералов.....	11
7. Важнейшие породообразующие минералы.....	12
8. Определение размеров минеральных зерен. Количественно-минералогический анализ.....	13
Контрольное задание	14
Список рекомендуемых литературных источников	18
Рекомендуемая форма конспекта-определителя.....	20
Рекомендуемый список главнейших минералов магматических пород.....	22