

Правительство Российской Федерации  
Санкт-Петербургский государственный университет  
*Геологический факультет*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Аномальная оптика кристаллов  
Anomalous Crystal Optics**

Язык(и) обучения русский  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Трудоёмкость 1 зачётных единиц

Регистрационный номер  
рабочей программы:

|   |   |  |   |  |
|---|---|--|---|--|
| <small>код<br/>года утверждения</small> | / | <small>код факультета или иного<br/>структурного подразделения</small> | / | <small>порядковый номер<br/>или шифр</small> |
|---|---|--|---|--|

Санкт-Петербург  
2012

## Раздел 1. Характеристики, структура и содержание учебных занятий

### 1.1. Цели и задачи учебных занятий

Оптические аномалии – это несоответствие наблюдаемых оптических свойств кристалла его идеализированной структуре. Оптические аномалии несут информацию о реальной структуре кристалла и причинах, вызывающих искажения структуры. Задачи программы – дать студентам представления о причинах оптических аномалий, механизмах их возникновения и «записанной» в оптических характеристиках генетической информации. Данная дисциплина изучается студентами в 3 семестре магистратуры и является дисциплиной по выбору.

### 1.2. Требования к подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)

Для успешного освоения дисциплины магистрант должен обладать знаниями по кристаллооптике, кристаллохимии, кристаллофизике и кристаллогенезису в объеме бакалаврской программы для кристаллографов.

### 1.3. Перечень формируемых компетенций (результаты обучения)

Представления об идеальном и реальном строении кристаллов, связь оптических характеристик со структурой и составом кристалла. Представления об основных источниках оптических аномалий, механизмах их действия, причинах и условиях их возникновения.

### 1.4. Знания, умения, навыки, осваиваемые обучающимся

Владение методами исследования оптических аномалий и искажений структуры кристалла, порождающих эти аномалии. Умение определять источники оптических аномалий, рассчитывать искажения оптической индикатрисы и извлекать генетическую информацию, содержащуюся в аномальных кристаллооптических характеристиках.

### 1.5. Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий

Лекции - 10 часов, практические занятия - 19 часов, самостоятельные занятия - 37 часов.

### 1.6. Организация учебных занятий

Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся

| Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п. | Аудиторная учебная работа обучающихся |          |              |                      |                     |                    |             |                  | Самостоятельная работа   |                                |                             |                                      |                  |                          | Объём активных и интерактивных форм учебных занятий | Трудоёмкость |
|--|---------------------------------------|----------|--------------|----------------------|---------------------|--------------------|-------------|------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------|--------------------------|---|--------------|
|  | лекции                                | семинары | консультации | практические занятия | лабораторные работы | контрольные работы | коллоквиумы | текущий контроль | промежуточная аттестация | под руководством преподавателя | в присутствии преподавателя | в т.ч. с использованием методических | текущий контроль | промежуточная аттестация |   |              |
| <i>по формам обучения</i>                        |                                       |          |              |                      |                     |                    |             |                  |                          |                                |                             |                                      |                  |                          |   |              |
|  | 10                                    | 19       |              |                      |                     |                    |             |                  | 1                        | 16                             |                             | 12                                   |                  | 9                        | 19  | 1            |
| ИТОГО:   | 10                                    | 19       |              |                      |                     |                    |             |                  | 1                        | 16                             |                             | 12                                   |                  | 9                        | 19  | 1            |

Виды, формы и сроки  
текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

| Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п. | Промежуточная аттестация |              | Текущий контроль        |                   |
|--|--------------------------|--------------|-------------------------|-------------------|
|  | Виды                     | Сроки        | Формы                   | Сроки             |
| <i>очная форма обучения</i>                      |                          |              |                         |                   |
| Модули не предусмотрены                          | зачет                    | с 20 декабря | одна проверочная работа | 7 неделя семестра |

### 1.7. Структура и содержание учебных занятий

Тема 1. Введение. История изучения аномальных оптических свойств кристаллов. Понятие оптических аномалий. Зависимость оптических свойств от структуры и состава кристаллов. Источники оптических аномалий. Распространенность оптических аномалий.

Тема 2. Тривиальные источники нестандартной оптики. Неоднородность состава кристаллов. Деформации и автодеформации.

Тема 3. Напряжения в кристаллах и пьезоэффект. Пьезооптические коэффициенты. Проявления пьезоэффекта в средах с разной симметрией и при разных схемах напряженного состояния. Напряжения на твердофазных включениях. Применения в геологической термометрии. Оптические аномалии, связанные с дефектами кристаллов. Термоупругие и конституционные напряжения в кристаллах.

Тема 4. Ростовая диссимметризация кристаллов. Кинетическое упорядочение изоморфных компонент в решетке кристалла. Роль избирательной адсорбции в заполнении разных подсистем одной правильной системы точек. Симметричный анализ диссимметризации. Проявления оптической диссимметризации в кристаллах разных категорий и сингоний. Распространенность явления. Роль условий кристаллизации. Возможность обратного эффекта - кинетического разупорядочения и симметризации.

Тема 5. Гетерогенные кристаллы. Источники и происхождение фазовой гетерогенности. Оптические эффекты, вызванные фазовой гетерогенностью. Изотропные включения в изотропной матрице. Эффект формы. Анизотропные включения в изотропной матрице. Ламеллярные системы. Оптически гомогенные кристаллы. Конструирование результирующей индикатрисы для двух и трехкомпонентных систем. Оптически гетерогенные системы. Эллиптическое двупреломление. Искажение коноскопических фигур. Поведения изохром и изогир в двухкомпонентных оптически гетерогенных кристаллах.

Тема 6. Одновременное проявление разных источников оптических аномалий и композиция оптических эффектов. Способы разделения вкладов разных источников в общую оптическую картину. Значение аномальной оптики в генетической минералогии и технологии синтеза кристаллов.

## Раздел 2. Обеспечение учебных занятий

### 2.1. Методическое обеспечение

#### 2.1.1. Методическое обеспечение аудиторной работы

Не требуется

#### 2.1.2. Методическое обеспечение самостоятельной работы

Не требуется

#### 2.1.3. Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания

Проверочная работа в середине семестра. Магистрантам предлагается вопрос и задача. Работа засчитывается при правильно решенной задаче и развернутом ответе на вопрос.

#### 2.1.4. Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы)

##### 2.1.4.1. Не требуется

##### 2.1.4.2. Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы по всем разделам программы:

###### Вводная часть

- Понятие оптических аномалий
- История изучения оптических аномалий
- Распространенность оптических аномалий
- Факторы, влияющие на величину показателя преломления кристаллов
- Формула Лорентца-Лоренца
- Определение вида оптической индикатрисы по структуре кристалла
- Источники нестандартной оптики кристаллов

###### Тривиальные источники нестандартной оптики

- Отличия между тривиальными источниками нестандартной оптики и истинными оптическими аномалиями
- Источники нестандартной оптики кристаллов
- Типы конституционной неоднородности кристаллов
- Деформации кристаллов на разных масштабных уровнях
- Внешние деформации и автодеформации, их вклад в искажение оптической индикатрисы

###### Напряжения в кристаллах и пьезоэффект

- Понятие пьезоэффекта и фотоупругости
- Тензор пьезооптических коэффициентов и его симметрия
- Искажения оптической индикатрисы, возможные в кристаллах разной симметрии при разных вариантах нагружения
- Оценки величины оптических аномалий, возникающих за счет напряжений в кристаллах
- Применение явления фотоупругости в механике
- Аномальное двупреломление вокруг твердофазного включения
- Поле напряжений и искажение оптической индикатрисы вокруг единичных дислокаций
- Напряжения и оптические аномалии на плоских дислокационных скоплениях

- Сходства и различия в распределении напряжений в случае термоупругих напряжений и напряжений конституционной гетерометрии

- Напряжения и оптические аномалии при выращивании кристаллов из расплава при наличии температурных градиентов

- Напряжения и оптические аномалии в зональных и секториальных кристаллах

#### Ростовая диссимметризация кристаллов

- Термодинамическое и кинетическое упорядочение атомов в кристаллах

- Избирательная адсорбция изоморфных компонентов, секториальность и ростовая диссимметризация

- Теоретическое предсказание возможной формы и ориентировки оптической индикатрисы при диссимметризации в секторах роста разных простых форм кристаллов различной симметрии

- Влияние условий кристаллизации на ростовую диссимметризацию

- Влияние высокотемпературного отжига на ростовую диссимметризацию

- Ростовое разупорядочение и симметризация

#### Гетерогенные кристаллы

- Типы и примеры гетерогенных кристаллов

- Методы изучения гетерогенности кристаллов

- Оптически гомогенные и гетерогенные системы

- Изотропные и анизотропные включения в изотропной матрице

- Двупреломление формы

- Ламеллярные системы. Методы расчета результирующей индикатрисы в оптически гомогенных системах

- Природные ламеллярные оптически гомогенные системы

- Эллиптическое двупреломление в оптически гетерогенных системах

- Искажения коноскопических фигур в оптически гетерогенных системах

- Оценка степени гетерогенности кристалла при исследовании с помощью поляризационного микроскопа.

#### Одновременное проявление разных источников оптических аномалий

- Признаки оптических аномалий разной генетической природы

- Способы разделения вкладов разных источников в общую оптическую картину

### 2.1.4.3. Примерный перечень вопросов к зачету по всем разделам учебной дисциплины

#### Введение. Оптические свойства кристаллов

- Оптическая индикатриса, ее форма и ориентировка в кристаллах разных сингоний

- Зависимость оптических свойств от состава и структуры кристаллов

- Принципы расчета оптической индикатрисы

- Понятие оптических аномалий

- Классификация оптических аномалий

#### Тривиальные источники оптических аномалий

- Неоднородности состава как причина оптических аномалий
- Внешние деформации как причина оптических аномалий
- Автодеформации как причина оптических аномалий

#### Напряжения в кристаллах и пьезоэффект

- Понятие пьезоэффекта и фотоупругости
- Пьезооптические коэффициенты
- Пьезооптический эффект в кристаллах кубической сингонии при разных схемах напряженного состояния
- Пьезооптический эффект в кристаллах средней категории при разных схемах напряженного состояния
- Пьезооптический эффект в кристаллах низшей категории при разных схемах напряженного состояния
- Оптические аномалии на твердофазных включениях
- Использование оптических аномалий на включениях в термобарометрии
- Напряжения и оптические аномалии на единичных дискокациях и дислокационных скоплениях
- Температурная и конституционная гетерометрия. Механизм возникновения напряжений и оптических аномалий
- Термоупругие и термопластические напряжения. Распределение оптических аномалий в кристаллах, выращиваемых из расплава
- Оптические аномалии, связанные с основными типами конституционной гетерометрии

#### Ростовая диссимметризация кристаллов

- Кинетическое упорядочение изоморфных компонент по структуре кристалла
- Роль избирательной адсорбции при диссимметризации. Связь с секториальной неоднородностью химического состава
- Симметрия кристалла при ростовой диссимметризации
- Влияние условий кристаллизации на ростовую диссимметризацию
- Метастабильность кинетического упорядочения атомов
- Кинетическое разупорядочение и симметризация

#### Гетерогенные кристаллы

- Источники и происхождение разных типов гетерогенности кристаллов
- Оптические эффекты, вызванные фазовой гетерогенностью
- Изотропные включения в изотропной матрице. Эффект формы
- Анизотропные включения в изотропной матрице
- Ламеллярные системы. Оптически гомогенные кристаллы
- Конструирование результирующей индикатрисы для двух и трехкомпонентных систем
- Оптически гетерогенные системы. Эллиптическое двупреломление
- Искажение коноскопических фигур. Поведения изохром и изогир в двухкомпонентных оптически гетерогенных кристаллах

#### Одновременное проявление разных источников оптических аномалий

- Характерные признаки оптических аномалий разной природы

- Способы разделения вкладов разных источников в общую оптическую картину
- Значение аномальной оптики в генетической минералогии и для синтеза кристаллов

## 2.2. Кадровое обеспечение

2.2.1. Требования к образованию и (или) квалификации штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к преподаванию дисциплины  
Преподаватели с высшим специальным образованием (специальность - кристаллография)

2.2.2. Требования к обеспеченности учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом  
Не требуется

2.2.3. Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса  
Не предусмотрены

## 2.3. Материально-техническое обеспечение

2.3.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий

Стандартная аудитория

2.3.2. Требования к аудиторному оборудованию, в том числе к неспециализированному компьютерному оборудованию и программному обеспечению общего пользования  
Не требуется

2.3.3. Требования к специализированному оборудованию  
Не требуется

2.3.4. Требования к специализированному программному обеспечению  
Не требуется

2.3.5. Требования к перечню и объёму расходных материалов  
1 пачка бумаги формата А4 для проведения промежуточной проверочной работы и зачета

## 2.4. Информационное обеспечение

2.4.1. Список обязательной литературы

1. Штукенберг А.Г., Пунин Ю.О. Оптические аномалии в кристаллах. СПб: Наука, 2004.

2. Татарский В.Б. Кристаллооптика и иммерсионный метод. Л.: Недра, 1965.

2.4.2. Список дополнительной литературы

1. Пунин Ю.О., Штукенберг А.Г. Автодеформационные дефекты кристаллов. СПб: Изд. СПбГУ, 2008.

2. Най Дж. Физические свойства кристаллов. М.: ИЛ. 1960.

3. Современная кристаллография. Т. 2 - 4. М.: Наука, 1979 - 1981.

2.4.3. Перечень иных информационных источников

Не требуется

### Раздел 3. Процедура разработки и утверждения рабочей программы

#### Разработчик(и) рабочей программы

| Фамилия, имя, отчество | Учёная степень      | Учёное звание | Должность | Контактная информация<br>(служебный адрес электронной почты,<br>служебный телефон) |
|------------------------|---------------------|---------------|-----------|--|
| Пунин Юрий<br>Олегович | д.геол.<br>мин.наук | доц.          | профессор | <a href="mailto:jupcryst@gmail.com">jupcryst@gmail.com</a>                         |

В соответствии с порядком организации внутренней и внешней экспертизы образовательных программ проведена двухуровневая экспертиза:

| первый уровень (оценка качества содержания рабочей программы и применяемых педагогических технологий) |                       |                  |
|---|-----------------------|------------------|
| Наименование кафедры  | Дата заседания        | № протокола      |
| Кристаллографии   | 10.05.2012            | 5                |
| Минералогии   | 04.05.2012            | 6                |
| второй уровень<br>(соответствие целям подготовки и учебному плану образовательной программы)          |                       |                  |
| Экспертиза второго уровня выполнена в порядке, установленном приказом                                 |                       |                  |
| <i>должностное лицо</i>   | <i>дата приказа</i>   | <i>№ приказа</i> |
| Уполномоченный орган<br>(должностное лицо)  | Дата принятия решения | № документа      |
|   |                       |                  |

#### Иные документы об оценке качества рабочей программы

| Документ об оценке качества | Дата документа | № документа |
|-----------------------------|----------------|-------------|
|                             |                |             |
|                             |                |             |
|                             |                |             |
|                             |                |             |

#### Утверждение рабочей программы

| Уполномоченный орган<br>(должностное лицо) | Дата принятия решения | № документа |
|--|-----------------------|-------------|
|  |                       |             |

#### Внесение изменений в рабочую программу

| Уполномоченный орган<br>(должностное лицо) | Дата принятия решения | № документа |
|--|-----------------------|-------------|
|  |                       |             |
|  |                       |             |
|  |                       |             |
|  |                       |             |