

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Кристаллография с основами кристаллохимии**

Язык(и) обучения русский

---

---

Трудоёмкость 2 зачётных единиц

Регистрационный номер  
рабочей программы:

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

Санкт-Петербург  
2012

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

### 1.1. Цели и задачи учебных занятий

Дисциплина «Кристаллография» является базовой в подготовке профессионального геолога по основной образовательной программе и фундаментом для изучения других геологических дисциплин. Данная дисциплина изучается студентами во 2 семестре и является обязательной.

Задачи программы:

Дать студентам основные представления о кристаллическом состоянии как преобладающей форме существования минерального вещества в Земной Коре и подготовить к восприятию комплекса наук минералого-геохимического цикла.

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

Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь предварительную подготовку по математике, химии и физике в объеме средней школы.

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

Достаточно полное представление об идеальном и реальном строении кристаллов, основных категориях кристаллохимии, природном и техническом кристаллообразовании, применении кристаллов в современных технологиях.

Практические навыки симметричного анализа и описания морфологии и структуры кристаллов. Способность использовать полученные знания в своей профессиональной деятельности.

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

Изучение в тесной взаимосвязи симметрии, морфологии, строения и физических свойств кристаллов; развитие навыков грамотного описания внешней формы и атомной структуры кристаллов; ознакомление с основными методами исследования кристаллического вещества.

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

Лекции - 30 часов, практические занятия - 32 часа, самостоятельные занятия - 18 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>																
	30			32		3			2			8		10	32	2
	<small>студентов</small>	<small>студентов</small>	<small>студентов</small>	<small>студентов</small>	<small>студентов</small>	<small>студентов</small>	<small>студентов</small>	<small>студентов</small>	<small>студентов</small>	<small>студентов</small>	<small>студентов</small>	<small>студентов</small>	<small>студентов</small>	<small>студентов</small>		
<b>ИТОГО:</b>	30			32		3			2			8		10	32	2

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	экзамен	с 15 мая	две контрольные работы	5 и 10 недели семестра

### 1.7. Структура и содержание учебных занятий

#### 1. Геометрическая кристаллография. Лекций -12 час., практика - 18 час.

Тема 1. Кристаллография как наука о кристаллическом веществе. Краткие сведения по истории кристаллографии. Нобелевские премии в области кристаллографии и рентгеновских методов исследования вещества. Современные направления в изучении кристаллических структур.

Тема 2. Симметрия кристаллов. Симметрия пространственных объектов. Преобразования симметрии I и II рода. Элементы симметрии конечных фигур. Закон симметрии. Теоремы сложения элементов симметрии. Точечные группы (виды) симметрии. Категории и сингонии. Распределение минералов по видам симметрии как следствие геологической эволюции. Симметрично равные и единичные направления. Полярные направления.

Тема 3. Морфология кристаллов. Простые формы. Частные и общие формы. Разновидности простых форм. Энантиоморфизм. Гониометрический метод изучения морфологии кристаллов. Закон постоянства граничных углов. Стереографическое проектирование.

Тема 4. Индицирование граней кристаллов. Кристаллографические системы координат. Индексы граней Вейсса и Миллера. Закон рациональности параметров Аюи и морфологическое индицирование граней. Символы направлений. Закон зон Вейсса. Вывод возможных граней кристалла ( метод развития зон). Соотношение между символами граней и ребер. Индицирование методами сложения и перекрестного умножения индексов.

#### 2. Образование и реальное строение кристаллов. Лекций – 4 час.

Тема 1. Дефекты кристаллов. Геометрическая классификация дефектов. Точечные дефекты – виды и происхождение. Дислокации и пластичность кристаллов. Блочность, расщепление и сферолиты. Двойники – симметрия, морфология и механизмы образования. Деформационные микроструктуры минералов и тектонические напряжения.

Тема 2. Среды кристаллизации. Простейшие диаграммы состояния. Мера отклонения от равновесия (пересыщение). Способы создания пересыщения. Кристаллизация из разных сред в основных типах геологических процессов и в кристаллизационных технологиях.

Тема 3. Зарождение кристаллов. Устойчивость пересыщенного состояния, метастабильная область. Барьер зарождения. Скорость зарождения и дисперсность кристаллических горных пород и материалов. Стеклование и структуры вулканических пород.. Гетерогенное зарождение и эпитаксия.

Тема 4. Рост кристаллов. Морфология и структура кристаллов, правило Браве. Рост при высоких температурах, нормальный механизм роста, некристаллографические формы кристаллов. Неоднородность тепло- и массопереноса, предельные виды симметрии. Искажение внешней симметрии кристаллов, принцип Кюри, ложные простые формы. Определение симметрии минералообразующей среды. Механизмы послойного роста кристаллов – двумерное зарождение и дислокационный рост. Избирательная адсорбция примесей и изменение формы кристаллов. Связь морфологии природных кристаллов с условиями минералообразования, типоморфизм и поисковая кристалломорфология. Захват примесей, секториальность и зональность. Типы зональности и динамика минералообразования. Гетерометрия и внутренние напряжения в кристаллах, автодеформационные дефекты.

#### 3. Кристаллохимия. Лекций – 10 час., практика – 14 час.

Тема 1. Симметрия кристаллических структур. Трансляционные решетки Браве. Винтовые оси и плоскости скользящего отражения. Понятие о пространственных (Федоровских) группах симметрии. Вывод и проецирование пространственных групп моноклинной сингонии. Правильные системы точек (ПСТ). Кратность, симметрия и координаты ПСТ. Распределение атомов в структуре минералов по ПСТ.

Тема 2. Принципы построения кристаллических структур. Типы химической связи. Правила Полинга. Координационные числа и координационные полиэдры. Структурные мотивы. Плотнейшие упаковки в кристаллических структурах. Геометрические пределы устойчивости ионных структур, морфотропия.

Тема 3. Основные категории кристаллохимии. Термодинамическая устойчивость структур. Полиморфизм. Структурные типы полиморфных превращений. Метастабильные модификации. Полиморфизм и геологическая термо-, баро- и спидометрия. Полиморфные превращения минералов в Земных оболочках. Твердые растворы, изоморфизм. Ограниченный изоморфизм, распад твердых растворов. Структуры распада и скорость охлаждения горных пород. Типы изоморфизма. Правила изоморфизма. Одномерный, двумерный и блоковый изоморфизм. Геохимическое значение изоморфизма, концентрирование и рассеяние элементов в геологических процессах. Технологическое использование изоморфизма.

#### 4. Кристаллофизика. Лекций -4 час.

Тема 1. Оптические свойства кристаллов. Явление дупреломления света. Волновые поверхности. Связь оптических свойств с симметрией кристаллов. Поляризационно-оптический метод изучения и определения минералов. Некоторые явления нелинейной оптики. Электрооптический эффект. Генерация второй гармоники. Применение нелинейно-оптических материалов.

Тема 2. Электрические свойства кристаллов. Пьезоэлектричество и сегнетоэлектричество. Пьезоэлектричество. Применение пьезо- и пьезоэлектриков.

Тема 3. Магнитные свойства кристаллов. Неупорядоченные магнетики. Парамагнитные дефекты и метод ЭПР в исследовании минералов. Упорядоченные магнетики. Ферромагнитные минералы и магнетизм горных пород.

Тема 4. Рентгеновские методы исследования кристаллических веществ (монокристаллические и поликристаллические). Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах. Уравнение Брэгга-Вульфа.

## 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

Учебные коллекции кристаллических многогранников и кристаллических структур с описаниями коллекций

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

Контрольные работы на контрольных коллекциях. Правильное описание всех моделей - 5, отдельные ошибки - 4, правильное описание 50% моделей - 3, менее 50% - 2.

#### 2.1.4. Методические материалы для проведения текущего контроля

успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы)

##### 2.1.4.1. Контрольные коллекции многогранников и структур

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

###### Геометрическая кристаллография

- определение элементов симметрии на учебных моделях многогранников
- теоремы сложения, вывод видов симметрии
- определение сингонии и вида симметрии на учебных моделях
- проектирование элементов симметрии и граней кристаллов – учебных моделей
- определение простых форм на моделях
- определение символов граней разными методами

###### Образование и реальное строение кристаллов

- диаграммы состояния, способы задания пересыщения
- среды кристаллизации в процессах минералообразования
- методы выращивания кристаллов из разных сред
- гомогенное зарождение кристаллов, барьер кристаллизации
- гетерогенное зарождение кристаллов, явление эпитаксии
- механизмы роста кристаллов
- факторы, управляющие формой кристаллов
- типы дефектов кристаллов, происхождение дефектов

###### Кристаллохимия

- определение элементов симметрии структур на моделях
- описание структур учебного набора
- расчет содержимого элементарной ячейки
- определение координат атомов на структурах учебного набора
- анализ упаковки атомов в структуре на учебных моделях, определение заполнения пустот упаковки

- полиморфные и морфотропные превращения – разбор на моделях структур

### Кристаллофизика

- двупреломление и волновые поверхности
- ориентация волновых поверхностей в кристаллах разных сингоний
- схема поляризационно-оптического метода исследования минералов
- пирозлектрические, пьезоэлектрические и сегнетоэлектрические структуры – разбор на учебных моделях
- волновой синхронизм и схема генерации второй гармоники
- неупорядоченные и упорядоченные магнетики, ферримагнетизм на примере структуры шпинели
- рентгеновские методы изучения минералов – способы удовлетворения уравнению Брегга-Вульфа

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

### Геометрическая кристаллография

- Элементы симметрии кристаллических многогранников
  - Теоремы сложения элементов симметрии
  - Кристаллографические проекции
  - Сингонии. Характеристика сингоний по единичным направлениям
  - Полярные и неполярные направления
  - Вывод видов симметрии низшей категории.
  - Вывод видов симметрии тетрагональной сингонии
  - Вывод видов симметрии тригональной сингонии
  - Вывод видов симметрии гексагональной сингонии
  - Вывод видов симметрии кубической сингонии
  - Простые формы низшей категории
  - Простые формы тригональной сингонии
  - Простые формы тетрагональной сингонии
  - Простые формы гексагональной сингонии
  - Общие простые формы кристаллов кубической сингонии
  - Частные простые формы кристаллов кубической сингонии – производные куба
  - Частные простые формы кристаллов кубической сингонии – производные октаэдра и тетраэдра
  - Разновидности простых форм. Энантиоморфизм
  - Предельные виды симметрии. Принцип Кюри. Ложные простые формы
  - Кристаллографические системы координат. Установка кристаллов.
- Международные обозначения видов симметрии
- Символы граней. Закон рациональности параметров Аюи
  - Закон зон Вейсса. Метод развития зон. Определение символов граней методом сложения
  - Символы направлений. Уравнение Вейсса. Определение символов граней методом перекрестного умножения
  - Основные законы геометрической кристаллографии

### Образование и реальное строение кристаллов

- Формирование габитуса кристаллов. Закон Браве
- Дислокации в кристаллах
- Точечные (нульмерные) дефекты кристаллов
- Блочность и двойникование кристаллов. Симметрия и морфология двойников
- Образование кристаллов из газовой фазы
- Образование кристаллов из расплавов
- Образования кристаллов из растворов
- Зарождение кристаллов
- Механизмы роста кристаллов. Дислокационный рост
- Влияние массопереноса на форму кристаллов. Скелетные кристаллы
- Влияние температуры и примесей на форму кристаллов
- Захват примесей кристаллами при их росте. Зональность и секториальность

### Кристаллохимия

- Кристаллическое состояние. Пространственная решетка
- Плотнейшие упаковки в кристаллических структурах
- Полиморфизм
- Типы химической связи в кристаллах
- Структурные мотивы
- Координационные числа
- Пределы устойчивости структур и морфотропия
- Ячейки Браве
- Изоморфизм
- Правила Полинга
- Элементы симметрии кристаллических структур
- Вывод пространственных групп моноклинной сингонии

### Кристаллофизика

- Получение и свойства рентгеновских лучей
- Уравнение Брега-Вульфа. Рентгеновские методы исследования кристаллов
- Оптические свойства кристаллов (линейная оптика)
- Оптические свойства кристаллов (нелинейная оптика)
- Магнитные свойства кристаллов
- Электрические свойства 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

Учебно-вспомогательный персонал должен обладать навыками организации работы с учебными и контрольными коллекциями

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

Аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием

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

Мультимедиа проектор, проекционный экран

2.3.4. Требования к специализированному программному обеспечению

Не требуется

2.3.5. Требования к перечню и объёму расходных материалов

2 пачки бумаги формата А4 для проведения контрольных работ и экзамена

### 2.4. Информационное обеспечение

2.4.1. Список обязательной литературы

1. Егоров-Тисменко Ю.К., Литвинская Г.П., Загальская Ю.Г. Кристаллография. М: Изд. МГУ, 2006.

2. Нардов В.В. Практическое руководство по геометрической кристаллографии. Л: Изд. ЛГУ, 1974.

3. Бокий Г.Б. Кристаллохимия. М.: Наука, 1971.

4. Урусов В.С., Еремин Н.Н. Кристаллохимия. Краткий курс. М.: Изд. МГУ, 2010

2.4.2. Список дополнительной литературы

1. Шаскольская М.П. Кристаллография. М.: Высшая школа, 1984.

2. Чупрунов Е.В., Хохлов А.Ф., Фадеев М.А. Кристаллография. М.: ФМ, 2000.

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

4. Доливо-Добровольская Е.М., Доливо-Добровольский В.В.

Пространственные группы симметрии. СПб.: Изд. СПбГУ. 2011.

5. Современная кристаллография. Т.1 - 4. М.: Наука, 1979 - 1981.

2.4.3. Перечень иных информационных источников

Презентации лекций, опубликованные на сайте каф. кристаллографии



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

#### Разработчик(и) рабочей программы

Фамилия, имя, отчество	Учёная степень	Учёное звание	Должность	Контактная информация (служебный адрес электронной почты, служебный телефон)
Гуржий Владислав Владимирович	к.геол. мин.наук	нет	ст. преподаватель	<a href="mailto:vladislav.gurzhiy@spbu.ru">vladislav.gurzhiy@spbu.ru</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
второй уровень (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 (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 (должностное лицо)	Дата принятия решения	№ документа

#### Внесение изменений в рабочую программу

Уполномоченный орган (должностное лицо)	Дата принятия решения	№ документа