

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Кристаллогенезис  
Crystallogenesis**

Язык(и) обучения русский

Трудоёмкость 1 зачётных единиц

Регистрационный номер  
рабочей программы:

<i>11 код года утверждения</i>	/	<i>86 код факультета или иного структурного подразделения</i>	/	<i>00002 порядковый номер или шифр</i>
------------------------------------	---	---	---	--

Санкт-Петербург  
2011

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

### 1.1. Цели и задачи учебных занятий

Основной целью курса «Кристаллогенезис» является формирование теоретических знаний об основных закономерностях кристаллообразования в природных и технологических процессах.

Поставленная цель достигается путём решения следующих задач курса:

- изучение основных разделов кристаллогенезиса; обеспечение базы для анализа природных процессов минералообразования и изучения методов синтеза кристаллических материалов.
- обучение методологии установления связей между условиями кристаллизации и морфологией, структурой и свойствами кристаллов и агрегатов;
- обеспечение базы для анализа природных процессов минералообразования и изучения методов синтеза кристаллических материалов.

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

Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь предварительную подготовку по кристаллографии, минералогии, оптической минералогии, физики и химии в пределах курсов, читаемых на геологическом факультете.

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

В процессе изучения курса у студентов должны быть сформированы компетенции:

- Способность анализировать природные процессы минералообразования с позиций кристаллогенезиса;
- Готовность и способность практически осваивать методы синтеза кристаллических материалов.

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

- представление о физико-химических основах образования кристаллического вещества;
- понимание условий и механизмов формирования морфологии, конституционных особенностей и реального строения кристаллов и структур кристаллических агрегатов.
- знакомство с основными методами выращивания монокристаллов и управления их качеством.

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

Лекции - 15 часов, семинары - 16 часов, промежуточная аттестация - 1 час, самостоятельная работа - 12 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>																
	15	16										12			16	1
	студентов	студентов	студентов	студентов	студентов	студентов	студентов	студентов	студентов	студентов	студентов	студентов	студентов	студентов		
<b>ИТОГО:</b>	14	16										12			16	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	конец декабря - январь	Текущий контроль не предусмотрен	

### 1.7. Структура и содержание учебных занятий

#### Равновесие «кристалл-среда» и зарождение кристаллов

Тема 1. Фазовое и химическое равновесие, химическое сродство. Смещение равновесия, управляющие параметры, термодинамическое пересыщение. Выражение термодинамического пересыщения через управляющие параметры.

Тема 2. Равновесие в дисперсных системах, фазовый и изоморфный размерные эффекты. Теории равновесных форм кристаллов. Смещение равновесия под действием механических напряжений. Кристаллизационное давление.

Тема 3. Устойчивость равновесия. Коэффициенты устойчивости и флуктуации. Флуктуационные фазовые переходы. Лабильное состояние и спинодальный распад. Устойчивость метастабильного состояния. Термодинамика и кинетика зародышеобразования в газовой, жидкой и твердых фазах. Гетерогенное зарождение. Эпитаксия и топотаксия. Стеклование.

#### Рост и морфология кристаллов

Тема 4. Связь морфологии со структурой кристаллов. Анизотропия скоростей роста, кинетический коэффициент. Уравнения тепло- и массопереноса. Стадии и режимы роста, лимитирующая стадия.

Тема 5. Теплоотвод и формы роста при кристаллизации из расплава. Эффект грани. Неустойчивость фронта роста, ячеистый рост. Диффузия и морфологическая неустойчивость при росте из раствора. Скелетный рост. Факторы, стабилизирующие фронт роста при кристаллизации из расплава и раствора. Конвективный перенос и гидродинамические режимы роста. Симметрия среды и морфология кристаллов.

Тема 6. Механизмы роста кристаллов. Кинетика роста при разных механизмах. Влияние дефектности на скорости роста и микроморфологию поверхности. Примесное отравление роста. Механизмы отравления и кинетика роста. Влияние примесей на габитус кристаллов и микроморфологию поверхности.

Адсорбционная морфологическая неустойчивость и аномальные формы роста.

## Сегрегация примесей при росте кристаллов.

Тема 7. Равновесное распределение примесей, коэффициенты распределения при кристаллизации из расплавов и растворов. Термодинамика твердых растворов, их распад и упорядочение. Диффузионная сегрегация примесей. Концентрационная неоднородность в диффузионном пограничном слое. Эффективный коэффициент распределения. Типы зональности. Распределение примесей при направленной кристаллизации. Зонная очистка и выравнивание. Адсорбционная сегрегация примесей. Коэффициент захвата. Статистический отбор и диффузионная релаксация при адсорбционном захвате. Секториальность и субсекториальность. Ростовое упорядочение изоморфных компонентов и диссимметризация. Температурная и конституционная гетерометрия. Ростовые напряжения и автодеформации.

## **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

Учебно-научная экспозиция кафедры кристаллографии «Образование кристаллов».

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

#### 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:

По темам 1 – 3:

Способы создания пересыщения.

- Выражение пересыщения через управляющие параметры.
- Влияние поверхностной энергии на равновесие.
- Влияние механических напряжений на равновесие.
- Условия устойчивости однородной фазы
- Термодинамика зародышеобразования.

- Скорость зародышеобразования. Стеклование.

По темам 4 – 6:

- Потоки и силы при кристаллизации

- Скорость встраивания и кинетический коэффициент. -

Стадии и режимы роста. Способы управления режимом роста.

- Тепло- и массоперенос при росте кристаллов.

- Рост в режимах естественной и вынужденной конвекции.

- Виды морфологической неустойчивости.

- Шероховатость поверхности. Нормальный механизм роста. -

Механизмы генерации ступеней роста

- Влияние примесей на кинетику роста кристаллов.

- Факторы, определяющие огранку и габитус кристаллов.

По теме 7:

- Избирательная адсорбция примесей

- Равновесный и неравновесный захват примесей кристаллом.

- Зональность и секториальность.

- Источники напряжений в кристаллах. Автодеформационные дефекты.

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

- Способы создания пересыщения. Выражение пересыщения через управляющие параметры.
- Влияние поверхностной энергии на равновесие.
- Влияние напряжений на равновесие. Кристаллизационное давление.
- Термодинамика зародышеобразования.
- Гетерогенное зародышеобразование и эпитаксия.
- Скорость зародышеобразования. Стеклование.
- Устойчивость равновесия. Спинодальный распад.
- Структура поверхности, кинетический коэффициент.
- Тепло- и массоперенос при росте кристаллов.
- Способы управления режимом роста.
- Диффузионная неустойчивость, скелетный рост.
- Концентрационное переохлаждение. Ячеистый рост.
- Рост в режимах вынужденной и естественной конвекции.
- Симметрия среды и морфология кристалла.
- Шероховатость поверхности. Нормальный рост.
- Механизмы генерации ступеней.
- Кинетика дислокационного роста .
- Влияние примесей на кинетику роста кристаллов.
- Торможение ступеней роста примесями. Образование усов.
- Факторы, определяющие огранку и габитус кристаллов.
- Равновесный коэффициент распределения
- Распределение примесей между кристаллом и расплавом . Зонная плавка
- Неравновесный захват примесей кристаллом.
- Диффузионная примесная неоднородность.
- Избирательная адсорбция примесей и адсорбционный захват примеси.
- Источники напряжений в кристаллах.
- Основные типы автодеформационных дефектов.

#### 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 предусмотрено
- 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

Не требуется

## 2.4. Информационное обеспечение

### 2.4.1. Список обязательной литературы

1. Петров Т.Г., Трейвус Е.Б., Пунин Ю.О., Касаткин А.П. Выращивание кристаллов из растворов. Л.: Недра, 1983. 200 с.
2. Современная кристаллография. Т.3. М.: Наука, 1980. 408 с.
3. Асхабов А.М. Процессы и механизмы кристаллизации. Л.: Наука, 1984. 168 с..

### 2.4.2. Список дополнительной литературы

1. Рао Ч.Н.Р., Гопалакришнан Дж. Новые направления в химии твердого тела. Новосибирск: Наука. 1990. 520 с.
2. Урусов В.С., Таусон В.Л., Акимов В.В. Геохимия твердого тела. М.: ГЕОС, 1997. 264 с.
3. Штукенберг А.Г., Пунин Ю.О. Оптические аномалии в кристаллах. СПб.: Наука, 2004. 264 с.
4. Пунин Ю.О., Штукенберг А.Г. Автодеформационные дефекты кристаллов. СПб.: Изд. СПбГУ. 2008. 316 с.
5. Краснова Н.И., Петров Т.Г. Генезис минеральных индивидов и агрегатов. Невский курьер, 1997. 228 с.

### 2.4.3. Перечень иных информационных источников

Презентации лекций, опубликованные на сайте каф. кристаллографии  
Тематические статьи из периодических изданий

### 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)
Пунин Юрий Олегович	д. геол. мин. наук	нет	Профессор	<a href="mailto:jupcryst@gmail.com">jupcryst@gmail.com</a> (812)324-12-63

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	05.04.2013	№2
минералогии	12.04.2013	№6
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
		Выписка из протокола заседания М.К.

#### 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
Декан .....		

#### Внесение изменений в рабочую программу

Уполномоченный орган (должностное лицо)	Дата принятия решения	№ документа