

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Тензорное описание физических свойств кристаллов  
Tensor Definition of Physical Properties of Crystals**

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

Трудоёмкость \_\_\_\_\_ **1** \_\_\_\_\_ **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 «Тензорное описание физических свойств кристаллов» изучается студентами в 1 семестре и является учебной дисциплиной по выбору.

Задачи программы:

Научить студентов пользоваться тензорным аппаратом для описания физических свойств кристаллов.

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

Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь подготовку по математике и физике (в объеме дающемся на геологическом факультете), а также прослушать

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

Достаточно полное представление о тензорном аппарате описания физических свойств кристаллов. Представление о взаимосвязи равновесных свойств. Способность использовать полученные знания в своей профессиональной деятельности.

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

Практические навыки использования тензоров разных рангов для описания свойств кристаллов различной симметрии. Умение анализировать влияние симметрии на вид тензора.

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

Лекции - 20 часов, семинары-10 часов, практические занятия - 10 часов, контрольные работы-5 часов, самостоятельные занятия - 66 час.

### 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>																
	20	10		10		5			2	40	10	16		25	25	1
ИТОГО:	20	10		10		5			2	40	10	16		25	25	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	экзамен	с 10 января	две контрольные работы	5 и 10 недели семестра
-------------------------	---------	-------------	------------------------	------------------------

## 1.7. Структура и содержание учебных занятий

### **1. Механические свойства кристаллов. Лекций -8 час., семинары -4 часа, практика - 4 час.**

Тема 1. Тензор напряжений. Однородные напряжения. Физический смысл компонент. Главные напряжения. Связь с симметрией кристалла. Материальные и полевые тензоры. Поверхность напряжений. Решение задач.

Тема 2. Тензор деформаций. Одномерная, двумерная и трехмерная однородные деформации. Физический смысл компонент. Тензор вращения. Изменение угла между направлениями, параллельными координатным осям. Главные деформации, их геометрическое свойство, связь с симметрией кристалла. Объемное расширение. Поверхность деформаций. Деформация в определенном направлении. Частные случаи тензора деформаций. Решение задач.

Тема 3. Тензор теплового расширения. Коэффициенты теплового расширения. Главные компоненты теплового расширения, связь с симметрией кристалла. Коэффициент объемного теплового расширения. Характеристическая поверхность тензора коэффициентов теплового расширения. Поверхность коэффициентов теплового расширения. Решение задач.

Тема 4. Упругость. Тензоры IV ранга. Закон Гука. Определение тензора IV ранга. Тензоры констант упругой податливости и жесткости. Матричные обозначения. Энергия деформированного кристалла.

### **2. Электрические свойства кристаллов. Лекций – 6 час, семинары - 2 часа, практика - 2 часа**

Тема 1. Электрическая поляризация. Дипольный момент кристалла. Электронная, ионная и ориентационная поляризуемости. Причины отсутствия влияния симметрии кристалла. Тензоры диэлектрической восприимчивости и проницаемости. Решение задач.

Тема 2. Пиро- и сегнетоэлектричество. Пирозлектрики и сегнетоэлектрики. Уравнения пирозлектрического и электрокалорического эффектов. Влияние симметрии кристалла. Решение задач.

Тема 3. Пьезоэлектричество. Тензоры III ранга. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффекты. Определение тензора III ранга. Тензор пьезоэлектрических модулей. Матричные обозначения. Влияние симметрии кристалла. Физический смысл матриц пьезоэлектрических модулей. Прямой пьезоэффект при гидростатическом сжатии. Характеристическая поверхность продольного пьезоэлектрического эффекта.

### **3. Термодинамика равновесных свойств кристаллов. Лекций –2 часа., семинары – 2 часа, практика -2 часа.**

Тема 1. Взаимосвязь равновесных свойств. Связь между коэффициентами, описывающими сопряженные эффекты. Типы экспериментальных условий. Соотношения между коэффициентами, измеренными при различных условиях (на примере констант упругой податливости пирозлектрического эффекта).

### **4. Свойства, характеризующие процессы переноса. Лекции -2 часа**

Тема 1. Тензоры электропроводности и удельного электрического сопротивления. Тензоры теплопроводности и теплового сопротивления. Термоэлектрические эффекты.

## **5. Оптические свойства. Лекций -2 часа, семинары - 2 часа, практика-2 часа**

Тема 1. Двойное лучепреломление. Индикатриса, волновая поверхность, оптические оси. Влияние симметрии кристалла. Электрооптический эффект и фотоупругость. Тензорное описание. Первичный и вторичный электрооптические эффекты. Влияние симметрии. Эффекты второго порядка. Электрострикция и морфические эффекты. Вращение плоскости поляризации. Тензорные свойства. Влияние симметрии

### **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

Методические пособия, учебники.

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

Контрольные работы: решение задач. Правильное решение 3 задач - 5, отдельные ошибки - 4, правильное решение 2 задач - 3, менее 2 задач - 2.

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

###### 2.1.4.1. Калькуляторы, справочники

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

###### **Механические свойства кристаллов.**

- Тензор напряжений. Решение задач.
- Тензор деформаций . Решение задач.
- Тензор теплового расширения. Решение задач.
- Упругость. Закон Гука. Решение задач.

Анализ влияния симметрии кристалла на коэффициенты упругой

###### **Электрические свойства кристаллов**

- Поляризация диэлектриков в электрическом поле.
  - Пиро- и сегнетоэлектричество. Решение задач.
  - Пьезоэлектричество. Решение задач.
  - Анализ симметрийным ограничений на проявление электрических свойств
- Анализ влияния симметрии кристалла на матрицу пьезомодулей.

###### **Термодинамика равновесных свойств кристаллов.**

- Анализ связи между свойствами с использованием треугольной
- Связь между коэффициентами, описывающими сопряженные эффекты.
-

• **Свойства, характеризующие процессы переноса**

• Вывод уравнений электропроводности и удельного электрического сопротивления с использованием учебной литературы. .

• Вывод уравнений теплопроводности и теплового сопротивления с использованием учебной литературы.

**Оптические свойства**

• Индикатриса, волновая поверхность, оптические оси. Анализ влияния

•

• Вращение плоскости поляризации. Разбор примеров проявления.

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

**Механические свойства кристаллов**

• Тензор напряжений

• Одномерная деформация.

• Двумерная деформация

• Трехмерная деформация

• Характеристическая поверхность модуля Юнга

• Объемная и линейная сжимаемости

• Закон Гука. Определение тензора IV ранга. Тензоры констант упругой

• Тепловое расширение

**Электрические свойства кристаллов**

• Будет ли диэлектрический кристалл симметрии 422 поляризоваться в

• Электрическая поляризация.

• Прямой пьезоэффект при гидростатическом сжатии.

• Пиро- и сегнетоэлектричество.

• Может ли кристалл симметрии 32 быть пиро- или сегнетоэлектриком

• Будет ли диэлектрический кристалл симметрии  $m\bar{3}m$  поляризоваться в

• Прямой пьезоэлектрический эффект

• Будет ли диэлектрический кристалл симметрии  $4/m\bar{3}m$  поляризоваться в

• Электрокалорический эффект

• Обратный пьезоэлектрический эффект

• Влияние симметрии кристалла на матрицу пьезоэлектрических модулей

• Может ли кристалл симметрии 422 быть пиро- или сегнетоэлектриком

• Характеристическая поверхность продольного пьезоэлектрического эффекта

**Термодинамика равновесных свойств кристаллов**

• Взаимосвязь равновесных свойств

• Связь между коэффициентами, описывающими сопряженные эффекты.

• Типы экспериментальных условий

• Соотношения между коэффициентами, измеренными при различных

**Свойства, характеризующие процессы переноса**

• Тензоры электропроводности и удельного электрического сопротивления.

• Тензоры теплопроводности и теплового сопротивления

**Оптические свойства кристаллов**

• Двойное лучепреломление. Индикатриса, волновая поверхность,

• Электрооптический эффект и фотоупругость. Тензорное описание.

• Эффекты второго порядка. Электрострикция и морфические эффекты.

## 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 работы со справочным отделом библиотеки кафедры

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

2 пачки бумаги формата А4 для проведения контрольных работ и экзамена

## 2.4. Информационное обеспечение

2.4.1. Список обязательной литературы

1. Най Дж. Физические свойства кристаллов/ перевод Л.А. Шувалова. - М.:Изд-во ин.лит, 1960. - 385 с.;-М.:Изд-во Мир, 1967. - 386с.

2. Современная кристаллография. Т.4, Физические свойства кристаллов /ред. Б.К. Вайнштейн, А. А. Чернов; авторы:Л.А. Шувалов, А.А.

3.Переломова Н.В., Тагиева М.М. Задачник по кристаллофизике/ ред. М.П.

2.4.2. Список дополнительной литературы

1. Сиротин Ю.И., Шаскольская М.П. Основы кристаллофизики. - М.: Наука, 1979. - 640 с.

2. Егоров-Тисменко Ю.К. Кристаллография и кристаллохимия. - М.:

3. Сонин А.С. Курс макроскопической кристаллофизики: Учеб. пособ.

4. Шаскольская М.П. Очерки о свойствах кристаллов. - М., Наука, 1978. -

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 (служебный адрес электронной почты, служебный телефон)
Франк-Каменецкая Ольга Викторовна	д.геол. мин.наук	снс	профессор	<a href="mailto:ofrank-kam@mail.ru">ofrank-kam@mail.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
Кристаллография	10.05.2012	5
Минералогия	04.05.2012	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

#### 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