

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 31.08.2023 18:57:32  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:



Руководитель ООП

О.Н. Медведева

«30» мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

**Технологии кристаллических материалов**

Направление подготовки

27.03.05 Инноватика

профиль

Управление инновациями (по отраслям и сферам экономики)

Для студентов

4 курса, очной формы обучения

Составитель: к.ф.-м.н. Третьяков С.А.

Тверь, 2023

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины**

Курс основан на классической теории симметрических преобразований. Математический аппарат курса - симметрия и теория групп. В курсах изучаются симметрия идеальных и реальных кристаллов, а также основные понятия кристаллохимии. В курсе студенты изучают кристаллографические и кристаллохимические свойства веществ, теорию и практику роста кристаллов, основные области их использования. Курс является основой для ряда специальных предметов.

**Целью и задачами** изучения дисциплины является получение знаний по основным направлениям описания, систематики и исследования характеристик кристаллов, умение правильно определить и описать классы кристаллов и их структуры.

На практических занятиях студенты решают задачи на взаимодействие элементов симметрии, определение символов и соотношения между символами граней и ребер, расчеты физических свойств кристаллов.

Подготовка к решению задач является самостоятельной. Студенты изучают в процессе самостоятельной проработки разделы, посвященные морфологии кристаллов, кристаллизации в природе, методам выращивания кристаллов в условиях средней школы, методам исследования свойств. Курс рассчитан на подготовку к освоению последующих специальных курсов.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Технологии кристаллических материалов» изучается в модуле Элективные дисциплины 5 Блока 1. Дисциплины части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

Для успешного освоения дисциплины нужны знания курсов «Электричество и магнетизм», «Молекулярная физика», «Основы физического материаловедения».

**3. Объем дисциплины: 3 зачетные единицы, 108**

академических часов, **в том числе:**

**контактная аудиторная работа:** лекции 26 часов, практические занятия 26 часов;

**самостоятельная работа:** 56 часов, в том числе контроль 27 часов.

**4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие. УК-1.5. Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки.
ПК-1. Способен выполнять анализ результатов технологических исследований продуктов.	ПК-1.1. Осуществляет постановку задачи на технологические исследования. ПК-1.3. Анализирует результаты технологических исследований.

**5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения**

Экзамен в 8 семестре.

**6. Язык преподавания: русский.**

**II. Структура дисциплины**

**1. Структура дисциплины для студентов очной формы обучения**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Практические (лабораторные) работы	
<b>1. Основные понятия о кристаллах. Кристаллы в науке и технике.</b> 1.1. Определение кристаллов. Предмет кристаллографии. Природные и технические кристаллы. 1.2. Строение кристаллов.	28	4		24

<p>Пространственная решетка. Важнейшие свойства кристаллов.</p> <p>1.3. Применение кристаллов. Инфракрасная оптика. Акустооптика. Пьезотехника. Фото-электроника. Датчики излучений. Кристаллооптика. Регистрация излучений. Ювелирная техника и внедрения.</p>				
<p><b>2. Виды симметрии. Сингонии.</b></p> <p>2.1. Сингонии, категории, виды - определения. Симметрия идеальных и реальных кристаллов.</p> <p>2.2. Низшая категория. Средняя категория. Высшая категория.</p>	24	4		20
<p><b>3. Кристаллизация и рост кристаллов.</b></p> <p>3.1. Кристаллизация как фазовый переход. Термодинамические силы и потоки при росте кристаллов. Симметрия процессов роста. Взаимодействие групп симметрии.</p> <p>3.2. Кристаллизация из газообразных и жидких сред. Способы получения монокристаллов.</p>	22	2		20
<p><b>4. Кристаллизация в природе.</b></p> <p>Кристаллизационные природные процессы. Рекристаллизация. Скорости роста кристаллов. Генетические ряды. Природные моно- и подикристаллы.</p>	16	2		14
<p><b>5. Основы методов исследования свойств кристаллов.</b></p> <p>Оптические исследования. Рентгено-структурные исследования. ИК спектроскопия. Профилометрия. Тепловизионный контроль.</p>	20	2		18
<p><b>6. Простейшие способы выращивания и исследования кристаллов.</b></p> <p>6.1. Оборудование для роста кристаллов. Техника безопасности. Методы выращивания кристаллов из растворов. Лабораторное оборудование.</p> <p>6.2. Выращивание кристаллов из гелей.</p>	22	2		20
<p><b>7. Гетероструктуры</b></p> <p>Ширина запрещенной зоны. Методы получения гетероструктур.</p>	24	4		20
<p><b>8. Наноструктуры.</b></p>	26	4		22
<p><b>9. Фазовые переходы.</b></p> <p>Полиморфизм. Фазовые переходы первого и второго рода. Фазовые переходы и структура.</p>	20	2		18
<p><b>10. Твердые растворы и изоморфизм.</b></p>	20	2		18

Изоструктурность. Изоморфизм. Твердые растворы замещения				
<b>11. Кристаллы в инноватике</b>	18	2		16
Практические занятия.				
1. Изучение элементов симметрии.	6		4	2
2. Решение кристаллографических задач.	10		6	4
3. Изучение кристаллографии сложных форм кристаллов.	10		6	4
4. Определение простых форм на кристаллографических моделях.	6		4	2
5. Изучение комбинаций на кристаллографических моделях.	10		6	4
6. Изучения технологии роста кристаллов методом Чохральского.				
<b>Экзамен</b>				36
<b>ИТОГО</b>	324	30	30	264

### III. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

- Материал для самостоятельной проработки
- методические рекомендации

### IV. Фонды оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

**Форма проведения промежуточного контроля:** студенты, освоившие программу курса могут получить оценку по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положению о рейтинговой системе обучения ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то экзамен сдается согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.)

Контроль сформированности компетенции осуществляется с помощью оценочных средств на основе критериев, которые разрабатываются с целью выявления соответствия этапов освоения компетенции планируемым результатам обучения (см. карту компетенций).

### 1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ОПК-7 «Способности применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения, теории управления и информационные технологии в инновационной сфере»

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
заключительный Уметь – применять методы анализа вариантов проектных, конструкторских и технологических решений для выбора оптимального решения	Провести анализ существующего производства по росту кристаллов и предложить инновационные решения для оптимизации производства.	тема полностью раскрыта в докладе; корректно использован понятийный аппарат; продемонстрирован большой лексический запас, логичность и ясность изложения – 2 балла;

<p>Знать - инструментальные средства (в том числе математические теории и пакеты прикладных программ) для решения прикладных инженерно-технических и технико-экономических задач, планирования и проведения работ по проекту</p>	<p>Дать оценку рынку кристаллов (вещество на выбор), определить целевую аудиторию. Устные ответы на семинарах</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• использованы публикации последних лет – 2 балл;</li> <li>• определена позиция автора; предложен и аргументирован собственный взгляд на проблему – 2 балл;</li> <li>подготовлена презентация к докладу – 1 балл</li> </ul>
--	---	--

**2. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-10 «Способности спланировать необходимый эксперимент, получить адекватную модель и исследовать её»**

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
<p>заключительный</p> <p>Уметь: осваивать технологии обработки кристаллических материалов, проектировать маршрутную и операционную технологии.</p> <p>Знать: Физические основы и производственные возможности современных промышленных технологий по росту кристаллов.</p>	<p>Провести анализ оборудования, предназначенного для роста кристаллов</p> <p>Оценить перспективу создания производства по выращиванию кристаллов (вещество на выбор)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• корректно использован понятийный аппарат; продемонстрирован большой лексический запас, логичность и ясность изложения – 2 балла;</li> <li>• использованы публикации последних лет – 2 балл;</li> <li>• определена позиция автора; предложен и аргументирован собственный взгляд на проблему – 2 балл;</li> <li>• подготовлена презентация к докладу – 1 балл</li> </ul>

**V. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

**а) основная литература:**

1. Ахмедшина В.А. Кристаллизация энергонасыщенных соединений из растворов / В. А. Ахмедшина, В. Базотов; В.А. Ахмедшина; Базотов В. Я. - Казань : Издательство КНИТУ, 2012. - 124 с. - ISBN 978-5-7882-1249-4.

Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258696>

2. Пугачев В.М. Кристаллохимия / В. М. Пугачев; В.М. Пугачев. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2013. - 104 с. - ISBN 978-5-8353-1322-8.

Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232461>

**б) дополнительная литература**

1. Четверикова А. Г. Кристаллография. - Оренбург, 2012. –

Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260745>

**VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины**

<http://acoustooptics.phys.msu.su>

<http://dic.academic.ru/>

[http://dssp.petrsu.ru/p/tutorial/ftt/Part1\\_/part1\\_1.htm](http://dssp.petrsu.ru/p/tutorial/ftt/Part1_/part1_1.htm)

**VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

**1) Материал для самостоятельной проработки**

1. Внешняя и внутренняя морфология кристаллов.
2. Кристаллизация в природе.
3. Методы исследования свойств кристаллов.
4. Выращивание и исследование свойств кристаллов.

**2) методические рекомендации**

Предметом оценки является подготовка студентов к занятиям, работа студентов на практических занятиях, выполнение ими творческих заданий.

К основным средствам оценки текущего контроля по дисциплине «Введение в инноватику» относятся:

- Индивидуальные или групповые проекты;
- Контрольно-коррекционные беседы и обсуждения по изучаемым темам;

Оценки успеваемости студентов проходит в модульную неделю в соответствии с графиком учебного процесса.

Практические задания по демонстрации компетенций заключаются в устных или письменных ответах на поставленные преподавателем или составленным самими студентами вопросы (традиционные или в форме тестов). При этом оценивается обоснованность ответа, ясность и последовательность изложения мысли. Такая демонстрация компетенций проверяет уровень владения теоретическим и практическим материалом.

**Промежуточная аттестация** проводится в форме зачета, который включает письменные или устные ответы на теоретические вопросы.

### **3) Текущий контроль успеваемости**

Вопросы для текущего контроля успеваемости

#### Контрольные задания №1

1. Проанализировать формулы симметрии классов кристаллов ромбической сингонии. Указать отличия в количестве и существо элементов симметрии и их взаимном расположении.
2. Определить категорию, сингонию и вид кристаллографической модели (по указанию преподавателя). Записать формулу симметрии по Герману Могену и Флинту.
3. Проанализировать простые формы, составляющие указанную модель. Указать замкнутые и незамкнутые формы.
4. К каким категориям относятся кристаллы со следующими формулами симметрии:  $L_2PC$ ,  $L_4L_25PC$ ,  $3L_24L_3$ .

#### Контрольные задания №2

- 1 Проанализировать формулы симметрии классов кристаллов тетрагональной сингонии. Указать отличия в количестве и существо элементов симметрии и их взаимном расположении.
2. Определить категорию, сингонию и вид кристаллографической модели (по указанию преподавателя). Записать формулу симметрии по Герману Могену и Флинту.
3. Проанализировать простые формы, составляющие указанную модель. Указать замкнутые и незамкнутые формы.
4. К каким категориям относятся кристаллы со следующими формулами симметрии:  $1$ ,  $mm2$ ,  $m3$ .

#### Контрольные задания №3

- 1 Проанализировать формулы симметрии классов кристаллов гексагональной сингонии. Указать отличия в количестве и существо элементов симметрии и их взаимном расположении.
2. Определить категорию, сингонию и вид кристаллографической модели (по указанию преподавателя). Записать формулу симметрии по Герману Могену и Флинту.
3. Проанализировать простые формы, составляющие указанную модель. Указать замкнутые и незамкнутые формы.
4. К каким категориям относятся кристаллы со следующими формулами симметрии:  $3m$ ,  $4mm$ ,  $m3m$ .

#### Контрольные задания №4

- 1 Проанализировать формулы симметрии классов кристаллов кубической сингонии. Указать отличия в количестве и существо элементов симметрии и их взаимном расположении.
2. Определить категорию, сингонию и вид кристаллографической модели (по указанию преподавателя). Записать формулу симметрии по Герману Могену и Флинту.
3. Проанализировать простые формы, составляющие указанную модель. Указать замкнутые и незамкнутые формы.



4. К каким категориям относятся кристаллы со следующими формулами симметрии:  $C$ ,  $L_44L_2$ ,  $3L_44L_36L_29PC$

### **VIII. Перечень педагогических и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (по необходимости)**

Процесс обучения включает аудиторные занятия путем проведения лекционных и семинарских занятий, групповые и индивидуальные консультации, текущий контроль полученных знаний, использование различных форм научно-исследовательской деятельности студентов, самостоятельную работу, а так же проведение итогового контроля.

Выработка профессиональных навыков и умений предполагает широкое использование в ходе образовательного процесса интерактивных методик обучения. Использование активных методов обучения имеет целью конструктивное вовлечение студентов в учебный процесс, активизацию учебно-познавательной деятельности. Активные методы обучения предполагают деловое сотрудничество, взаимодействие, обмен информацией, более глубокое усвоение материала, понимание сущности изучаемых явлений, и как результат – получение соответствующих знаний, умений и навыков, формирование компетенций.

Лекционные занятия проводятся с использованием активных методик обучения в форме лекции-беседы, лекции-дискуссии, лекции с применением элементов «мозгового штурма», групповой консультации и других.

**Лекция-беседа** предполагает непосредственный контакт с аудиторией. Позволяет: привлекать внимание слушателей по наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения с учетом специфики аудитории, расширять круг мнений обучающихся; использовать коллективный опыт и знания. На лекции используются вопросы:

- а) позволяющие выяснить уровень осведомленности в проблеме, степень готовности к восприятию учебного материала;
- б) проблемные, стимулирующие самостоятельные выводы и обобщения.

**Лекция-дискуссия** предполагает не только ответы слушателей на вопросы лектора, но и свободный обмен мнениями в промежутках между логически оформленными разделами сообщения учебного материала. При правильном подборе вопросов и грамотном руководстве дискуссией позволяет использовать мнение группы для изменения негативных установок и ошибочных мнений отдельных слушателей.

**Лекция с применением элементов «мозгового штурма»** предполагает продуцирование слушателями различных идей, решений по изучаемой проблеме. Лектор обращается к личному опыту и знаниям слушателей, уточняет, дополняет и систематизирует вносимые предложения и «возвращает» их слушателям в виде совместно выработанного обобщенного знания.

**Групповая консультация** предполагает не только ответы слушателей на вопросы лектора, но и свободный обмен мнениями в промежутках между логически оформленными разделами сообщения учебного материала. При правильном подборе вопросов и грамотном руководстве дискуссией позволяет использовать мнение группы для изменения негативных установок и ошибочных мнений отдельных слушателей.

#### **Перечень программного обеспечения:**

1. Microsoft Office 365 pro plus
2. Microsoft Windows 10 Enterprise
3. Google Chrome

**IX. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебная аудитория № 28 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	1. Комплект учебной мебели на 25 посадочных мест. 2. Экран настенный 153x203 3. Переносной комплект мультимедийной техники.	Adobe Acrobat Reader DC – бесплатно Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017 Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г. Google Chrome – бесплатно MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017

**Помещения для самостоятельной работы:**

Наименование помещений	Оснащенность помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Помещение для самостоятельной работы, учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, практики, Компьютерный класс физико-технического факультета. Компьютерная лаборатория робототехнических систем №4а (170002 Тверская обл., г. Тверь,	1. Компьютер RAMEC STORM C2D 4600/160Gb/ 256mB/DVD-RW +Монитор LG TFT 17" L1753S-SF – 12 шт 2. Мультимедийный комплект учебного класса (вариант № 2) Проектор Casio XJ-M140, настенный проекц. экран Lumien 180*180. ноутбук Dell N4050. сумка 15,6", мышь 3. Коммутатор D-Link 10/100/1000mbps 16-port DGS-1016D 4. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО 5. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО 6. Демонстрационное оборудование комплект «LegoMidstormsEV3» 7. Комплект учебной мебели	Adobe Acrobat Reader DC - бесплатно Cadence SPB/OrCAD 16.6 - Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009 Google Chrome - бесплатно Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit) - бесплатно Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г. Lazarus 1.4.0 - бесплатно Lego MINDSTORM EV3 - бесплатно Mathcad 15 M010 - Акт предоставления прав IC00000027 от 16.09.2011 MATLAB R2012b - Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012 Microsoft Express Studio 4 - бесплатно MiKTeX 2.9 - бесплатно MPICH 64-bit – бесплатно MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK - бесплатно Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт

Садовый пер., д. 35)	приема-передачи № 369 от 21 июля 2017 MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017
----------------------	---

## Х. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины (модуля)	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания, утвердившего изменения
1	Раздел IV	Скорректирован фонд оценочных средств для проверки уровня сформированности закрепленных за дисциплиной компетенций	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г
2	Раздел IV	Скорректированы задания для промежуточной аттестации в соответствии с обновленным «Положением о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г.
3	Раздел V	Обновлен перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г
4	Раздел IX	Оснащенность аудиторного фонда для проведения учебных занятий и самостоятельной работы студентов согласно «Справки МТО ООП ...»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г
5	Раздел I, II	Внесены изменения в объем и содержание дисциплины в связи с изменениями учебного плана ООП по направлению 03.04.03 Радиофизика	Протокол Совета ФТФ №5 от 11 декабря 2018 г
6	Раздел IV	Скорректирован фонд оценочных средств для проверки уровня сформированности закрепленных за дисциплиной компетенций	Протокол Совета ФТФ № 6 от 15.01.2019 г.
7	Раздел IV	Внесены изменения в соответствии с «Положением о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ № 10 от 19.05.2020 г.
8	Раздел IV	Внесены изменения в соответствии с «Положением о рейтинговой системе обучения в ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ № 10 от 19.05.2020 г.
9	Титульный лист	Внесены изменения на титульном листе: ФИО руководителя ООП	Приказ 1382-О от 01.10.2021 «О назначении руководителей

			образовательных программ»
--	--	--	---------------------------