



## I. Аннотация

### 1. Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

Физическая кристаллография

### 2. Цель и задачи дисциплины

Курс основан на классической теории симметрических преобразований. В курсе изучаются основные свойства кристаллов, симметрия идеальных и реальных кристаллов, основные понятия геометрической кристаллографии и кристаллохимии, теория роста кристаллов, основные области применения кристаллических материалов. Курс является основой для ряда специальных предметов.

**Целью** изучения дисциплины является получение знаний и компетенций в области теории строения кристаллических материалов, способов описания и исследования характеристик кристаллов, умение правильно определить классы кристаллов и их структуры.

**Задачи** – изучение симметрии внешней формы кристалла, симметрии кристаллической решетки, символики обозначения кристаллографических узлов, направлений, плоскостей, изучение взаимодействия элементов симметрии, формирование навыков анализа кристаллов разных сингоний.

### 3. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части учебного плана. Она содержательно взаимосвязана с дисциплинами базовой и вариативной частей и закладывает основы знаний для их изучения, прохождения учебной и производственной практик и подготовки выпускной квалификационной работы.

### 4. Объем дисциплины:

5,0 зачетных единиц, 180 академических часов, в том числе

**контактная работа:** лекции 36 часов, практические занятия 36 часов, лабораторные работы 36 часов;

**самостоятельная работа:** 72 часов.

### 5. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-2 способность самостоятельно	<b>Уметь</b> – работать с информацией с использованием глобальных информационных ресурсов, самостоятельно формировать системно-теоретические знания и практические

приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии	<p>навыки для научных исследований.</p> <p><b>Знать</b> основные свойства кристаллов, сферы применения кристаллических материалов, способы выращивания кристаллов</p>
ПК-1 способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования	<p><b>Владеть</b> методами оптической микроскопии, методиками оценки структуры кристаллических материалов.</p> <p><b>Уметь</b> использовать технические средства и аппаратуру для исследования характеристик кристаллических материалов</p> <p><b>Знать</b> математический аппарат описания кристаллической структуры и стандартные методы исследования кристаллов.</p>

## 6. Форма промежуточного контроля

экзамен в 5 семестре

7. Язык преподавания русский.

## II. Структура дисциплины

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)			Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Практические работы	Лабораторные работы	
<p><b>1. Основные понятия о кристаллах. Кристаллы в науке и технике.</b>            Определение кристаллов. Предмет кристаллографии. Природные и технические кристаллы.            Важнейшие свойства кристаллов.            Применение кристаллов. Инфракрасная оптика. Акустооптика. Пьезотехника.            Фотоэлектроника. Микроэлектроника.            Кристаллооптика. Лазерная техника.            Ювелирная техника.            Фотопреобразователи.</p>	6	2	2		2

<p><b>2. Гониометрия кристаллов.</b>  Закон постоянства углов. Гониометрия.  Стереографические проекции.  Гномостереографическая и гномоническая проекции.  Кристаллографические символы.  Определение символов узлов, направлений и граней кристаллов.  Индексы Миллера.</p>	6	2	2		2
<p><b>3. Элементы симметрии кристаллов</b>  Понятие о симметрии. Конечные и бесконечные элементы симметрии.  Единичные направления. Модели кристаллов. Классы кристаллов.  Формулы симметрии кристаллов по Герману-Могену, Флинту, Шенфлису.</p>	6	2	2		2
<p><b>4. Виды симметрии. Сингонии.</b>  Сингонии, категории, виды - определения.  Низшая категория. Средняя категория. Высшая категория.  Симметрия идеальных и реальных кристаллов.</p>	10	4	4		2
<p><b>5. Формы кристаллов</b>  Простые формы низшей, средней и высшей категорий. Открытые и замкнутые простые формы.  Комбинации простых форм..</p>	6	2	2		2
<p><b>6.Сложные формы кристаллов.</b>  Скелеты и антискелеты. Сростки кристаллов.</p>	6	2	2		2
<p><b>7. Способы выращивания и исследования кристаллов.</b>  Методы выращивания кристаллов.  Выращивание кристаллов из гелей.  Выращивание кристаллов из растворов.  Выращивание кристаллов из расплава.  Оборудование для роста кристаллов.</p>	10	4	4		2
<p><b>8. Дефекты в кристаллах</b>  Классификация дефектов. Виды дислокаций. Контур и вектор Бюргерса.</p>	6	2	2		2

<b>9. Основы методов исследования свойств кристаллов.</b> Оптические исследования. Рентгеноструктурные исследования. ИК спектроскопия 10. Структуры кристаллов. 11. Основы кристаллохимии.	6	2	2		2
<b>10. Кристаллическая решетка.</b> 14 типов решеток Браве. Симметрия кристаллических структур.	6	2	2		2
<b>11. Координационное число.</b> Координационное число. Координационный многогранник. Плотнейшие упаковки частиц структуры. Пределы устойчивости структур. Классификация кристаллических структур. по координационному типу.	6	2	2		2
<b>12. Типы связи в структурах.</b> Металлическая связь. Ионная связь. Ковалентная связь. Остаточная связь (Ван-дер-Ваальсова). Водородная связь.	6	2	2		2
<b>13. Кристаллохимические радиусы.</b> .Межатомные расстояния. Атомные и ионные радиусы. Правила Фаянса	6	2	2		2
<b>14. Фазовые переходы</b> Полиморфизм. Фазовые переходы первого и второго рода.	10	4	4		2
<b>15. Изоморфизм.</b> Изоструктурность. Изоморфизм.	6	2	2		2
<i>Лабораторные работы</i>					
1. Изучение элементов симметрии.	7			6	1
2. Решение кристаллографических задач.	5			4	1
3. Изучение стереографических проекций элементов симметрии и классов	5			4	1
4. Изучение кристаллографии сложных форм кристаллов.	5			4	1
5. Определение простых форм на кристаллографических моделях.	5			4	1
6. Изучение комбинаций на кристаллографических моделях	5			4	1

7. Определение символов граней, ребер, направлений.	4			4	
8. Определение классов симметрии на кристаллографических моделях	6			6	
Экзамен	36				36
ИТОГО	180	36	36	36	72

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

- планы лабораторных занятий
- практические (семинарских) занятия
- методические рекомендации
- тестовые задания
- требования к рейтинг контролю
- итоговый контроль

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

**Форма проведения промежуточного контроля:** студенты, освоившие программу курса «Физическая кристаллография» могут сдать экзамен по итогам рейтинговой аттестации согласно «Положения о рейтинговой системе обучения и оценки качества учебной работы студентов ТвГУ» (протокол №4 от 25 октября 2017 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то экзамен сдается согласно «Положения о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ» (протокол №4 от 25 октября 2017 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-2 "Способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии "

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
Уметь – работать с информацией с использованием глобальных	Подготовка доклада-презентации "Облик и габитус кристаллов"	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тема актуальна и сформулирована грамотно – 1 балл;</li> </ul>

информационных ресурсов, самостоятельно формировать системно-теоретические знания и практические навыки для научных исследований.	Подготовка доклада-презентации " Методы выращивания кристаллов из раплава"	<ul style="list-style-type: none"> <li>• тема полностью раскрыта в докладе; корректно использован понятийный аппарат; логичность и ясность изложения – 2 балла;</li> <li>• использованы публикации последних лет – 1 балл;</li> <li>• определена позиция автора; предложен и аргументирован собственный взгляд на проблему – 1 балл;</li> </ul>
Знать –основные свойства кристаллов, сферы применения кристаллических материалов, способы выращивания кристаллов	<p>Проанализировать формулы симметрии классов кристаллов кубической сингонии</p> <p>Определить класс симметрии, сингонию и категорию (используя модели)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тема раскрыта с опорой на соответствующие понятия и теоретические положения – 4 балла</li> <li>• Аргументация на теоретическом уровне неполная, смысл ряда ключевых понятий не объяснен – 1 балл</li> <li>• Терминологический аппарат непосредственно не связан с раскрываемой темой – 0 баллов</li> <li>• Факты и примеры в полном объеме обосновывают выводы – 3 балла</li> <li>• Допущена фактическая ошибка, не приведшая к существенному искажению смысла – 2 балла</li> <li>• Допущены фактические и логические ошибки, свидетельствующие о непонимании темы – 0 баллов</li> </ul>

**2. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-1 "Способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования"**

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><b>Уметь</b> использовать технические средства и аппаратуру для исследования характеристик кристаллических материалов</p>	<p>Метод определения плотности дислокаций в кристалле с использованием металлографического микроскопа.</p> <p>Четырехзондовый метод определения удельного электросопротивления.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тема актуальна и сформулирована грамотно – 1 балл;</li> <li>• тема полностью раскрыта в докладе; корректно использован понятийный аппарат; логичность и ясность изложения – 2 балла;</li> <li>• использованы публикации последних лет – 1 балл;</li> <li>• определена позиция автора; предложен и аргументирован собственный взгляд на проблему – 1 балл;</li> </ul>
<p><b>Знать</b> математический аппарат описания кристаллической структуры и стандартные методы исследования кристаллов.</p>	<p>Перечислить методы выявления дислокаций в кристаллах</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тема раскрыта с опорой на соответствующие понятия и теоретические положения – 4 балла</li> <li>• Аргументация на теоретическом уровне неполная, смысл ряда ключевых понятий не объяснен – 1 балл</li> <li>• Терминологический аппарат непосредственно не связан с раскрываемой темой – 0 баллов</li> <li>• Факты и примеры в полном объеме обосновывают выводы – 3 балла</li> <li>• Допущена фактическая ошибка, не приведшая к существенному искажению смысла – 2 балла</li> <li>• Допущены фактические и логические ошибки, свидетельствующие о непонимании темы – 0 баллов</li> </ul>

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

а) основная литература:

1. Франк-Каменецкая О. В. Кристаллофизика: учебное пособие. - СПб.: Издательство Санкт-Петербургского Государственного Университета, 2016. - 84 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457943>

б) дополнительная литература:

1. Басалаев Ю. М. Кристаллофизика и кристаллохимия: учебное пособие. - Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2014. - 403 с. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278304>

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

Программное обеспечение, информационные справочные системы и Интернет-ресурсы: [www.crystallography.ru](http://www.crystallography.ru), [www.crys.ras.ru](http://www.crys.ras.ru)

<http://cryst.geol.msu.ru/courses/crgraf/index3.php>-

<http://www.shapesoftware.com/>

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

### ***План лабораторных работ***

1. Изучение элементов симметрии.
2. Решение кристаллографических задач.
3. Изучение стереографических проекций элементов симметрии и классов
4. Изучение кристаллографии сложных форм кристаллов.
5. Определение простых форм на кристаллографических моделях.
6. Изучение комбинаций на кристаллографических моделях
7. Определение символов граней, ребер, направлений.
8. Определение классов симметрии на кристаллографических моделях

### ***практические задания***

#### ***Практические задания №1***

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

#### ***Практические 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. Определить простые формы, составляющие указанную модель. Указать замкнутые и незамкнутые формы.
4. К каким категориям, сингониям и классам относятся кристаллы со следующими формулами симметрии:  $1, mm2, m\bar{3}$ .

#### *Практические 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. Определить простые формы, составляющие указанную модель. Указать замкнутые и незамкнутые формы.
4. К каким категориям, сингониям и классам относятся кристаллы со следующими формулами симметрии:  $3m, 4mm, m\bar{3}m$ .

#### *Практические 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. Определить простые формы, составляющие указанную модель. Указать замкнутые и незамкнутые формы.
4. К каким категориям, сингониям и классам относятся кристаллы со следующими формулами симметрии:  $C, L_4L_2, 3L_4L_36L_29PC$

#### **- типовые тесты**

##### **Тест 1**

1. Кристалл. Свойства кристалла
2. Кристаллическая структура
3. Элементы симметрии (определение, перечислить)
4. Конгруэнтное равенство
5. Теоремы о сочетании элементов симметрии
6. Единичное направление (определение, пример)
7. **З-н постоянства углов** был установлен:

- а) Н. Стеноном*
- б) Роме Делилем*
- в) М.В.Ломоносовым*
- г) И.Кеплером*

## **Тест 2**

1. Кристалл (определение)
2. Кристаллическая решетка
3. Элементы конечной симметрии (центр симметрии, поворотная ось симметрии, плоскость симметрии)
3. Элементы бесконечной симметрии (трансляция, плоскость скользящего отражения, винтовая поворотная ось)
4. Элементарный угол поворота
5. Единичная грань
6. Основные свойства обратной решетки

### **7.З-н рациональности отношений параметров (закон целых чисел)утверждает:**

- а) все грани кристалла отсекают на кристаллографических осях отрезки, длины которых либо бесконечны, либо относятся к длинам единичных отрезков как небольшие целые числа*
- б) все грани кристалла отсекают на кристаллографических осях отрезки, длины которых либо бесконечны, либо относятся к длинам единичных отрезков как большие нецелые числа*
- в) все грани кристалла отсекают на кристаллографических осях отрезки, длины которых либо бесконечны, либо относятся к длинам единичных отрезков как рациональные числа*

## **Тест 3**

### *1. Сравнить следующие формулы симметрии кристаллов $L_24L_2$ и $422$ :*

1. Приведены различные классы кристаллов.
2. Записаны одинаковые классы кристаллов, но в неприменяемом обычно виде.
3. Формулы симметрии совершенно аналогичные.
4. Формулы симметрии тождественны, но в практике обычно применяется второй по счёту вид записи.

## **Тест 4**

### *4. Как правильно указать наличие в монокристалле плоскости симметрии и перпендикулярной к ней двойной поворотной оси:*

- 2
1.  $m$
2.  $2/m$

3. 2т

4. 2,т,1

### **Методические рекомендации**

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

Оценки успеваемости студентов проходит в модульную неделю в соответствии с графиков 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.

### **Требования к рейтинг-контролю**

Оценка знаний студентов осуществляется по результатам успеваемости и оценивается по 100 – бальной системе. Семестр делится на два модуля.

В каждом модуле студент может набрать максимально по 30 баллов. Для того чтобы студент был допущен к экзамену, ему нужно набрать не менее 20 баллов.

Интегральная (рейтинговая) оценка знаний студентов осуществляется в баллах в комплексной форме с учетом:

- оценки по итогам текущего контроля (до 60 баллов);
- оценки итоговых знаний в ходе экзамена (до 40 баллов).

### **Критерии оценки качества знаний для итогового контроля**

<b>5-ти балльная оценка/ балльно-рейтинговая оценка</b>	<b>Пояснение к оценке</b>
<b>«отлично», 85-100 баллов</b>	теоретическое содержание курса освоено <b>полностью</b> , без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, <b>все</b> предусмотренные программой обучения учебные задания <b>выполнены</b> .
<b>«хорошо», 70-84 баллов</b>	теоретическое содержание курса освоено <b>полностью</b> , без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, предусмотренные программой обучения учебные задания <b>частично выполнены</b> .
<b>«удовлетворительно», 50 -69 баллов</b>	теоретическое содержание курса освоено <b>не полностью</b> , с пробелами, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы <b>частично</b> ,

предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены с ошибками.
---

**Итоговый контроль** проводится в форме экзамена, который включает письменные или устные ответы на теоретические вопросы.

Контрольные вопросы

1. Кристалл. Свойства кристалла (однородность, анизотропия, симметрия, способность самоограняться)
2. Монокристалл, поликристалл
3. Кристаллическая структура
4. Кристаллическая решетка
5. Элементы симметрии (определение)
6. Симметричная фигура
7. Элементы конечной симметрии (центр симметрии, поворотная ось симметрии, плоскость симметрии)
8. Элементы бесконечной симметрии (трансляция, плоскость скользящего отражения, винтовая поворотная ось)
9. Обозначения элементов симметрии по Флинту и в международной символике (плоскость симметрии, центр симметрии, поворотные оси симметрии, инверсионно-поворотные оси симметрии)
10. Конгруэнтное и энантиоморфное равенство
11. Теоремы о сочетании элементов симметрии
12. Элементарная ячейка
13. Единичное направление
14. Категории кристаллов (перечислить, описать)
15. Сингония (определение, перечислить)
16. Элементарный угол поворота
17. Простые формы (определение)
18. Открытые и закрытые простые формы (определение и примеры)
19. Закон постоянства углов Стенона
20. Закон рациональности отношений параметров (закон целых чисел)
21. Кристаллографические направления, плоскости.
22. Индексы кристаллографических плоскостей и направлений.
23. Координационное число
24. Координационный многогранник.
25. Классификация структурных типов по координационным признакам.

26. Типы связей в структурах (металлическая, ионная, ковалентная, ван-дер-ваальсова, водородная).
27. Гомо- и гетеродесмические структуры
28. Изоморфизм
29. Полиморфизм
30. Полиморфные переходы
31. Политипия
32. Политипы
33. Дефекты в кристаллах (классификация)
34. Дислокации (краевые, винтовые, плотность)
35. Контур и вектор Бюргера.
36. Взаимодействие дефектов
37. Эффективный радиус атома (иона)
38. Закономерности размеров ионных радиусов
39. Правила Фаянса.
40. Стереографические проекции элементов симметрии, классов.

**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.

**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)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Комплект учебной мебели на 25 посадочных мест.</li> <li>2. Экран настенный 153x203</li> <li>3. Переносной комплект мультимедийной техники.</li> </ol>	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
<p>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, Садовый пер., д. 35)</p>	<p>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-portr 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</p>	<p>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 ИС00000027 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 приема-передачи № 369 от 21 июля 2017 MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p>

## Х. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения
1.	Раздел IV	Реквизиты «Положения о рейтинговой системе обучения и оценки качества учебной работы студентов ТвГУ» и «Положения о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г.
2.	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