

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 23.09.2022 12:11:37
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

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

Утверждаю:

Руководитель ООП



Б.Б.Педько

«28»

июня

2022 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Физика реального кристалла

Направление подготовки

03.03.02 Физика

профиль

Физика конденсированного состояния вещества

Для студентов

4 курса, очной формы обучения

Составитель: к.ф.-м.н., доцент Ляхова М.Б.

Тверь, 2022

I. Аннотация

1. Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

Физика реального кристалла

2. Цель и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины изучение основных вопросов физики реального кристалла. Обсуждаются понятия идеального и реального кристалла. Подробно изучаются все типы дефектов кристаллической структуры реальных кристаллов (точечные, линейные, поверхностные и объемные), их строение и характеристики (упругие поля, энергия), механизмы движения и взаимодействия, влияние на физические свойства (механические, электрические, магнитные и другие) и процессы, происходящие в кристаллах (диффузия, самодиффузия, упорядочение твердых растворов, пластическая и упругая деформации). Студентами практически осваиваются различные экспериментальные методы исследования структуры кристаллов.

Задачами освоения дисциплины являются формирование и развитие у обучающихся компетенций: способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3); способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности (ОПК-8).

3. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Физика реального кристалла» (Б1.В.01.05) входит в вариативную часть учебного плана ООП. Изучается на четвертом курсе в 7 семестре. Содержательно дисциплина связана с дисциплинами «Введение в физику конденсированных сред», «Физика конденсированного состояния вещества», «Дифракционный структурный анализ». Для успешного освоения дисциплины необходимы знания дисциплин общей и теоретической физики.

Дисциплина является основой общего физического практикума, производственной и преддипломной практик.

4. Объем дисциплины: 3 зачетных единицы, 108 академических часов, в том числе **контактная работа:** лекции 32 часа, лабораторные работы 32 часа; **самостоятельная работа:** 44 часа.

В учебном плане 2014 г.н. **объем дисциплины:** 3 зачетных единицы, 108 академических часов, в том числе **контактная работа:** лекции 28 часов, лабораторные работы 28 часов; **самостоятельная работа:** 52 часа.

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
<p>ОПК-3 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>	<p>Владеть: экспериментальными методами исследования структуры реальных кристаллов. Уметь: ясно излагать современные представления физики реальных кристаллов. Знать: классификацию дефектов реальных кристаллов, их роль в процессах, происходящих в реальных кристаллах, под действием внешних и внутренних факторов.</p>
<p>ОПК-8 способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности</p>	<p>Владеть: практическими методиками исследования физических свойств и структуры реальных кристаллов. Уметь: применять основы физики реальных кристаллов в физических экспериментах. Знать: место физики реальных кристаллов в естественнонаучной картине мира.</p>
<p>ПК-2 способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоре-</p>	<p>Владеть: навыком проведения экспериментальных и теоретических научных исследований в области физики конденсированного состояния вещества. Уметь: использовать современную приборную базу для решения поставленных задач</p>

тических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	Знать: современные информационные технологии для обработки и анализа данных с учетом отечественного и зарубежного опыта.
---	---

6. Форма промежуточной аттестации – зачет (7 семестр).

7. Язык преподавания – русский.

II. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Лабораторные работы	
Лекции				
Введение. Физика реального кристалла и ее цели. Идеальные и реальные кристаллы. Монокристаллы и поликристаллы. Кристаллическая структура. Дефекты кристаллического строения. Классификация дефектов реальных кристаллов.	2	2		
Точечные дефекты. Виды точечных дефектов. Термодинамика точечных дефектов. Миграция точечных дефектов. Источники и стоки точечных дефектов. Комплексы точечных дефектов. Поведение вакансий при закалке и отжиге. Методы определения концентраций вакансий, энергии их образования и миграции.	6	4		2
Основные типы дислокаций и их движение. Краевая дислокация. Скольжение краевой дислокации. Переползание краевой дислокации. Винтовая дислокация. Скольжение винтовой дислокации. Смешанные дислокации и их движение. Призматические дислокации. Контур и вектор Бюргерса. Плотность дислокаций. Методы выявления дислокаций в металлах: метод ямок травления, дифракционная просвечивающая электронная микроскопия.	8	4		4
Упругие свойства дислокаций. Энергия дислокаций. Силы, действующие на дислокацию.	8	4		4

Упругое взаимодействие параллельных краевых дислокаций. Упругое взаимодействие параллельных винтовых дислокаций.				
Дислокации в типичных металлических структурах. Подразделение дислокация на полные и частичные. Энергетический критерий дислокационных реакций. Дефекты упаковки. Характерные полные единичные дислокации. Полные дислокации в ГПУ, ГЦК и ОЦК решетках. Частичные дислокации Шокли. Растянутые дислокации. Ширина растянутых дислокаций. Частичные дислокации Франка. Стандартные тетраэдр и дислокационные реакции в ГЦК решетке. Стандартный тетраэдр Томпсона. Вершинные дислокации и дислокации Ломер–Коттрелла. Тетраэдр дефектов упаковки. Стандартная бипирамида и дислокационные реакции в ГПУ решетке. Дислокационные реакции в ОЦК решетке. Поперечное скольжение и переползание растянутых дислокаций. Двойникующая дислокация. Дислокации в упорядоченных сплавах.	12	6		6
Пересечение дислокаций. Пересечение единичных дислокаций. Пересечение краевых дислокаций. Пересечение краевой и винтовой дислокаций. Движение дислокаций с порогами. Пересечение растянутых дислокаций.	6	2		4
Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами. Взаимодействие дислокаций с примесными атомами. Атмосферы Коттрелла, Снука и Сузуки. Взаимодействие дислокаций с вакансиями и межузельными атомами.	6	2		4
Образование дислокаций. Происхождение дислокаций. Размножение дислокаций при пластической деформации. Источники Франка – Рида и Бардина – Херринга.	4	2		2

<p>Дисклинации. Дисклинации в непрерывной упругой среде. Дисклинации в кристаллической решетке.</p>	4	2		2
<p>Границы зерен и субзерен. Малоугловые границы. Высокоугловые границы. Специальные и произвольные границы. Зернограничные дислокации.</p>	4	2		2
<p>Торможение дислокаций. Сила Пайерлса. Торможение дислокаций при их взаимодействии с другими дислокациями и границами зерен. Торможение дислокаций дисперсными частицами. Выгибание дислокаций между дисперсными частицами. Локальное поперечное скольжение. Перерезание дислокациями дисперсных частиц. Торможение дислокаций атомами примесей и легирующих элементов. Торможение дислокаций атмосферами Коттрелла, Сузуки и Снука. Торможение дислокаций в твердых растворах.</p>	4	2		2
<p>Торможение дислокаций. Сила Пайерлса. Торможение дислокаций при их взаимодействии с другими дислокациями и границами зерен. Торможение дислокаций дисперсными частицами. Выгибание дислокаций между дисперсными частицами. Локальное поперечное скольжение. Перерезание дислокациями дисперсных частиц. Торможение дислокаций атомами примесей и легирующих элементов. Торможение дислокаций атмосферами Коттрелла, Сузуки и Снука. Торможение дислокаций в твердых растворах.</p>	2	2		
<p>Торможение дислокаций. Сила Пайерлса. Торможение дислокаций при их взаимодействии с другими дислокациями и границами зерен. Торможение дислокаций дисперсными частицами. Выгибание дислокаций между дисперсными частицами. Локальное поперечное скольжение. Перерезание дислокациями дисперсных частиц. Торможение дислокаций</p>	6	4		2

атомами примесей и легирующих элементов. Торможение дислокаций атмосферами Коттрелла, Сузуки и Снука. Торможение дислокаций в твердых растворах.				
Лабораторные работы				
Работа №1. Изучение методики приготовления шлифов и выявления их микроструктуры для металлографического анализа.	14		12	2
Работа №2. Определение геометрических параметров порошковых материалов методами стереометрической металлографии.	6		4	2
Работа №3. Построение кривой распределения по размерам шаровидных частиц карбонильного железа.	6		4	2
Работа №4. Определение параметров однофазной полиэдрической структуры.	6		4	2
Работа №5. Определение удельной поверхности раздела и количественного соотношения фаз в гетерогенных сплавах.	6		4	2
Работа №6. Определение плотности дислокаций и качественная оценка характера их распределения в монокристалле кремния.	6		4	2
ИТОГО	108	32	32	44

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

- методические рекомендации по выполнению лабораторных работ;
- вопросы и задания для подготовки к модулям рейтингового контроля.

IV. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Форма проведения промежуточного контроля: студенты, освоившие программу курса «Физика реального кристалла» могут получить зачет по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно

«Положения о рейтинговой системе обучения и оценки качества учебной работы студентов ТвГУ» (протокол №4 от 25 октября 2017 г.). Максимальная сумма баллов, которые можно получить за семестр 100.

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то зачет сдается согласно «Положения о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ» (протокол №4 от 25 октября 2017 г.).

1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ОПК-3 – способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Начальный владеть	Расшифруйте термины: 1. «монокристалл», 2. «поликристалл».	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Начальный уметь	Перечислите дефекты реальных кристаллов: 1. точечные, 2. линейные, 3. поверхностные.	Полный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Начальный знать	1. Что такое «гантель»? 2. Что такое «краудион»?	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Промежуточный владеть	1. Поясните с энергетических позиций, почему равновесные кристаллы содержат точечные дефекты. 2. Как зависит от температуры равновесная концентрация вакансий?	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл

Промежуточный уметь	Опишите по какому механизму мигрируют: 1. межузельные атомы, 2. примесные атомы.	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Промежуточный знать	Опишите строение: 1. краевой дислокации, 2. винтовой дислокации.	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл

2. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ОПК-8 – способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости направление своей деятельности

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Начальный владеть	Приведите пример физических характеристик реальных кристаллов: 1. структурночувствительных, 2. неструктурночувствительных.	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Начальный уметь	Опишите поведение при закалке и отжиге: 1. вакансий, 2. межузельных атомов.	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Начальный знать	Дайте определение понятиям: 1. точечный дефект, 2. линейный дефект, 3. поверхностный дефект.	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Заключительный владеть	Опишите влияние дефектов на физические свойства реальных кристаллов.	Полный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Заключительный уметь	Дайте полную классификацию дефектов кристаллов и их	Полный ответ – 2 балла

	комплексов.	Неполный ответ – 1 балл
Заключительный знать	Опишите экспериментальные методы выявления дефектов реальных кристаллов.	Полный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл

3. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-2 – способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Начальный владеть	Приведите примеры экспериментальных методов исследования дислокационной структуры реальных кристаллов.	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Начальный уметь	Выберите из предложенных изображений дислокационных ямок травления, полученные методами: 1. оптической микроскопии, 2. электронной микроскопии, 3. атомно-силовой микроскопии.	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Начальный знать	Перечислите экспериментальные методы исследования структурно-чувствительных характеристик реальных кристаллов.	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Промежуточный владеть	Дайте общую характеристику методов исследования	Полный ответ – 2 балла

	дефектности реальных кристаллов.	Неполный ответ – 1 балл
Промежуточный уметь	Выберите из предложенных метод выявления дислокационной структуры кристаллов: 1. химическое травление, 2. ионное полировка, 3. электрохимическое травление.	Полный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Промежуточный знать	Перечислите экспериментальные методы исследования структуры реальных кристаллов.	Полный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл

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

а) Основная литература:

- Каплунов И. А. Физическое материаловедение. Фазовые равновесия [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Тверь: Тверской государственный университет, 2011. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа: http://texts.lib.tversu.ru/texts/fizicheskoe_materialovedenie_fazovye_ravnovesiya_2011/e-book/index.html
- Федотов А.К. Физическое материаловедение. Часть 3. Материалы энергетики и энергосбережения [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Минск : Вышэйшая школа, 2015. - 464 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/48022.html>
- Франк-Каменецкая, О.В. Кристаллофизика: учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : СПбГУ, 2016. — 84 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94671>

б) Дополнительная литература:

1. Басалаев, Ю.М. Кристаллофизика и кристаллохимия [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Кемерово : КемГУ, 2014. — 403 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/61407> .
2. Дегтяренко, Н.Н. Свойства дефектов и их ансамблей, радиационная физика твердого тела: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 200 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/75892> .
3. Розин, К.М. Кристаллофизика. Учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие / К.М. Розин, В.С. Петраков. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2006. — 249 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/51712> .
4. Сонин, А.С. Курс макроскопической кристаллофизики [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2006. — 256 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59408> .
5. Багдасаров, Х.С. Высокотемпературная кристаллизация из расплава [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2004. — 147 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/48231> .
6. Физика реального кристалла. Лабораторный практикум [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И.С. Диденко [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2013. — 76 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/51699> .

VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Электронные библиотечные системы:

1. ЭБС «ИНФРА-М» <http://www.znaniium.com>
2. ЭБС «Университетская библиотека ОН-ЛАЙН» <http://www.biblioclub.ru>
3. ЭБС «ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com>

VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вопросы для подготовки к письменным опросам рейтингового контроля.

Модуль №1. Введение. Точечные дефекты

1. Расшифруйте термин «монокристалл».
2. Расшифруйте термин «поликристалл».
3. Расшифруйте термин «идеальный кристалл».
4. Расшифруйте термин «реальный кристалл».
5. Перечислите точечные дефекты реальных кристаллов.
6. Перечислите линейные дефекты реальных кристаллов.
7. Перечислите поверхностные дефекты реальных кристаллов.
8. Какие упаковки частиц относятся к плотнейшим и каков их коэффициент компактности?
9. Что такое «гантель»?
10. Что такое «краудион»?
11. Поясните с энергетических позиций, почему равновесные кристаллы содержат точечные дефекты.
12. Как зависит от температуры равновесная концентрация вакансий?
13. Что такое энергия активации миграции вакансии?
14. Опишите вакансионные комплексы. Какова их подвижность по сравнению с моновакансиями?
15. Перечислите источники и стоки вакансий.
16. Назовите основные причины появления неравновесной концентрации вакансий и межузельных атомов.
17. Опишите по какому механизму мигрируют межузельные атомы?
18. Опишите по какому механизму мигрируют примесные атомы?
19. Сравните равновесные концентрации и подвижность моновакансий, дивакансий и межузельных атомов.
20. Опишите поведение вакансий при закалке и отжиге.

Модуль №2. Линейные и поверхностные дефекты

3. Дайте общее определение дислокации.
4. Опишите строение краевой дислокации.
5. Опишите строение винтовой дислокации.
6. Какая дислокация называется смешанной?
7. Опишите процесс скольжения краевой дислокации.
8. Опишите процесс переползания краевой дислокации.
9. Опишите процесс скольжения винтовой дислокации.
10. Опишите строение призматической дислокации.
11. Как строятся контур и вектор Бюргерса?
12. Опишите упругое взаимодействие параллельных краевых дислокаций.
13. Опишите упругое взаимодействие параллельных винтовых дислокаций.
14. Сформулируйте энергетический критерий дислокационных реакций.
15. По каким признакам дислокации подразделяются на полные и частичные?
16. Что такое дефект упаковки?
17. Опишите строение растянутых дислокаций.
18. Опишите строение частичной дислокации Франка.
19. Что такое атмосферы Коттрелла, Снука и Сузуки?
20. Кратко опишите источник Франка – Рида.
21. Что такое дисклинации?
22. Опишите строение малоугловых и высокоугловых границ зерен.

Вопросы для подготовки к зачету:

1. Виды точечных дефектов. Термодинамика точечных дефектов.
2. Миграция точечных дефектов. Источники и стоки точечных дефектов.
3. Комплексы точечных дефектов. Поведение вакансий при закалке и отжиге.
4. Краевая дислокация. Скольжение краевой дислокации. Переползание краевой дислокации.
5. Винтовая дислокация. Скольжение винтовой дислокации.

6. Смешанные дислокации и их движение.
7. Призматические дислокации.
8. Контур и вектор Бюргера.
9. Упругие свойства дислокаций. Энергия дислокаций. Взаимодействие параллельных краевых и винтовых дислокаций.
10. Подразделение дислокация на полные и частичные. Энергетический критерий дислокационных реакций.
11. Дефекты упаковки.
12. Характерные полные единичные дислокации в ГПУ, ГЦК и ОЦК решетках.
13. Частичные дислокации Шокли. Растянутые дислокации. Ширина растянутых дислокаций.
14. Частичные дислокации Франка.
15. Стандартный тетраэдр Томпсона. Вершинные дислокации и дислокации Ломер–Коттрелла.
16. Стандартная бипирамида и дислокационные реакции в ГПУ решетке.
17. Поперечное скольжение и переползание растянутых дислокаций. Двойникующая дислокация.
18. Пересечение единичных дислокаций. Пересечение краевых дислокаций. Пересечение краевой и винтовой дислокаций.
19. Движение дислокаций с порогами. Пересечение растянутых дислокаций.
20. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами. Атмосферы Коттрелла, Снука и Сузуки.
21. Происхождение дислокаций. Размножение дислокаций при пластической деформации. Источник Франка – Рида.
22. Дисклинации в непрерывной упругой среде и в кристаллической решетке.
23. Границы зерен и субзерен. Малоугловые и высокоугловые границы. Специальные и произвольные границы. Зернограничные дислокации.
24. Торможение дислокаций. Сила Пайерлса.

Требования к рейтинг-контролю

В семестре проводится два контрольных модуля.

I модуль – 30 баллов

Письменный опрос по теории (10 вопросов) – **30** баллов

по 3 балла – за правильный ответ на каждый вопрос

по 1–2 балла – за неполный ответ

II модуль – 70 баллов

Посещение лекций – **20** баллов

по 1 баллу за лекцию

4 премиальных балла при посещении всех лекций

Лабораторные работы (6 работ) – **30** баллов

по 2 балла – за выполнение каждой работы

по 1 баллу – за оформление отчета по работе

по 2 балла – за правильные ответы на контрольные вопросы

по 1 баллу – за неполные ответы

Письменный опрос по теории (10 вопросов) – **20** баллов

по 2 балла – за правильный ответ на каждый вопрос

по 1 баллу – за неполный ответ

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

Преподавание учебной дисциплины «Физика реального кристалла» строится на сочетании лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы студентов.

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
<p>Кафедра общей физики. Лаборатория методики преподавания физики. Кабинет качества преподавания физики. №219 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<p>1 Внешний жесткий диск Transcend 1 Gb 2 Компьютер Kraftway Credo KC36Vista Business/E7400/2*10024Mb DDR800/T160G/DVDRW/500W/CARE3/Монитор 20'' LG W2043S-PFpf 3 Камера Web Logitech – 3 шт. 4 Коммутатор Linksys SD2008T-EU CISCO SB 8-портовый – 3 шт. 5 Сумка Continent 6 Принтер лазерный HP LJ 1100 C4224A 7 МФУ XEROX PH 3100 8 Сканер UMAX Astra 3450 600*1200dpi, 42bit встроенный слайд-проектор 9 Ноутбук Dell Ispiron 1300 (1.7 GHz) 15.4WXGA. 512MB. 80GB 10 Принтер лазерный CANON LBP-2900 A4.600*600 11 Ксерокс 1215 12 Мультимедийный проектор BenQ MP 624 13 АРМС для исследования и демонстрации опытов по дифракции с ПЭВМ (монитор Samsung TFT 22) 14 Интерактивная доска Smart Board 660 15 Компьютер iRU Corp 510 – 6 шт. 16 Стеллаж – 10 шт. 17 Комплект компьютерных датчиков 18 Универсальный измерительный прибор ADM2 19 Демонстрационный набор по электричеству и магнетизму. Часть 1 20 Демонстрационный набор по электричеству и магнетизму. Часть 2 21 Демонстрационный набор по оптике 22 Демонстрационный набор по механике 23 Доска для проведения демонстрационных</p>	<p>Google Chrome – бесплатно Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г. MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017 Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p>

	<p>работ – 2 шт. 24 Интерактивный комплект Oculus Development Kit 2 25 Источник питания постоянного тока и напряжения большой мощности 26 Комплект Monster Kit v 1.0 27 ИБП</p>	
<p>Учебно-научная лаборатория оптической микроскопии № 38 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Печь TZF15/610 трубчатая трехзонная в комплекте с турбомолекулярным стендом CDK180+МЗТ 2. Монитор LG-TFT20 W2043 SE-PF 3. Проектор BenQ MP777 4. Фотомикроскоп-30 5. Пост. вакуумный 6. Пост. вакуумн. ВУП-4 1. Весы лабораторные ВЛ-120 с гирей калибровочной 100гЕ2 2. Весы лабораторные ВЛТЭ-500г с гирей калибровочной 500г F2 3. Коммутатор SMC - EZ 109 DT 4. Компьютер Core 6550 Box/Asus P5KSE/2*1024DDRII/160/7200/DVDRW/Монитор Samsung 940N 5. Монитор 17" Samsung SuncMaster 173P 6. Монитор 17" Samsung SuncMaster 173P 7. Системный блок P IV 1.8G Box/Asus P4B533/256Dimm DDR 2100/20Gb /7200/10/100/UHDC/FDD 8. Системный блок P IV 1.8G Box/Asus P4B533/256Dimm DDR 2100/20Gb /7200/10/100/UHDC/FDD 9. Источник бесперебойного питания Back APC 500 MI 10. Источник бесперебойного питания Smart UPS 700 VA + Network 11. ИБП APC RS500 12. Компьютер Core 6550 Box/Asus P5KSE/2*1024DDRII/160/7200/DVDRW/Монитор Samsung 940N 13. Системный блок P IV 1.8G Box/Asus P4B533/256Dimm DDR 2100/20Gb /7200/10/100/UHDC/FDD 14. Видеокамера цифровая 15. Мультиметр APPA109N 16. Видеокамера цифровая 	<p>Google Chrome – бесплатно Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г. MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017 Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p>

	17. МФУ Epson Stylus Photo L210	
	18. Источник бесперебойного питания	

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.