

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 31.08.2023 18:57:33  
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 оптических элементов**

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**

Целью освоения дисциплины является: изучение физических принципов работы, а также характеристик и сферы применения современных оптоэлектронных устройств. Они рассматриваются как различные варианты пространственно-временных модуляторов света. Большое внимание уделено новым оптоэлектронным материалам: нелинейным и лазерным генерационным средам, фотохромным веществам, полупроводниковым и жидким кристаллам.

Рассматриваются физические принципы действия и сферы применения оптоэлектронных устройств нового поколения: адаптивных дисперсионных линий задержки для корреляции и сжатия импульсов сверхмощных фемтосекундных лазеров; акустооптических процессоров для обработки радиосигналов на фоне помех; волоконнооптических лазеров на основе гибких световодов, легированных ионами редкоземельных элементов, дисковых лазеров; разветвителей и коммутаторов каналов многоканальных оптических линий связи.

Задачами освоения дисциплины являются:

Знание терминологии дисциплины, основных формул, характеризующих процессы взаимодействия света с электрическими и магнитными полями; основных формул, описывающих взаимодействие света с механическими, акустическими, электрическими и магнитными полями, а также структурными дефектами реальной решетки кристаллов.

Умение ориентироваться в классической и современной научно-технической литературе, связанной с оптоэлектроникой.

Владение математическими методами обработки результатов экспериментальных исследований, связанных с модуляцией света и взаимодействием света с веществом, техническими навыками работы с лазерной, радиоизмерительной и оптической аппаратурой.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Технологии оптических элементов» изучается в модуле Элективные дисциплины 3 Блока 1. Дисциплины части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

Для успешного освоения дисциплины нужны знания курсов «Оптика»,

«Электричество и магнетизм», «Основы физического материаловедения».

В свою очередь знания, полученные при изучении данной дисциплины, будут востребованы при прохождении практик и подготовки выпускной квалификационной работы.

### 3. Объем дисциплины: 4 зачетные единицы, 144

академических часа, в том числе:

**контактная аудиторная работа:** лекции 22 часа, лабораторные работы 22 часа;

**контактная внеаудиторная работа:** 10 часов, в том числе курсовая работа 10 часов

**самостоятельная работа:** 90 часов, в том числе контроль 27 часов.

### 4. Планируемые результаты обучения по

**дисциплине, соотнесенные спланируемыми 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 7 семестре.

**6. Язык преподавания:** русский.

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

**1. Для студентов очной формы обучения**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоя- тельная работа (час.)
		Лекции	Практи- ческие (лабораторн ые) работы	
<b>1. Исторический очерк развития оптоэлектроники и лазерной техники. Назначение и класси-фикация оптоэлектронных уст-ройств</b>	3	2		1
<b>2. Источники некогерентного излучения.</b> Лампы, штифт Нернста, люми- несцентные и газоразрядные источники излучения. Импульсные источники излу-чения. Естественные источники излу-чения	4	2		2
<b>3. Лазеры.</b> Свойства лазерного излучения. Типы лазеров. Моды резонатора. Принцип работы лазера. Схемы накачки. Механизмы уширения линий. Режимы работы лазеров.	5	4		1
<b>4. Приемники излучения.</b> Классификация приемников излучения. Параметры и характеристики приемников излучений. Приемники на основе внутреннего и внешнего фотоэффекта. Многоэлементные приемники излучения. Тепловые приемники излучения.	6	4		2
<b>5. Пространственные модуляторы света.</b> Методы модуляции света в оптоэлектронных материалах. Электрически управляемые мо- дуляторы. Оптически управле-мые модуляторы. Системы обработки информации с пространственно- временными модуляторами света	4	2		2
<b>6. Акустоэлектронные устройства.</b> Физические основы а/э взаи- модействия. Дифракционные режимы Брэгга и Рамана - Ната. Коэффициент	4	2		2

акустооптического качества. Типы акустоэлектрон-ных устройств. Дефлекторы. Фильтры. Процессоры. Акустоэлектронные материалы. Характеристики акустоэлект-ронных устройств. Применение акустоэлектронных устройств				
<b>7. Оптические запоминающие устройства.</b>	3	2		1
<b>8. Оптоэлектронные интег-ральные микросхемы.</b>	6	4		2
<i>Лабораторные работы</i>				
1. Коноскопические картины в одноосных и двуосных кристаллах.	8		4	4
2. Определение плотности дислокаций в монокристаллах парателлуриата.	6		4	2
3. Проявление гиротропии при рассеянии света в кристаллах.	4		2	2
4. Рассеяние света в полупроводниковых кристаллах.	6		4	2
5. Изучение параметров акусто-оптических устройств.	4		2	2
6. Изучение устройства лазера и свойств лазерного излучения	3		2	1
7. Расчет характеристик расп-ространения ультразвуковых волн в кристаллах	6		4	2
<b>ИТОГО</b>	<b>72</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>28</b>

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

- План лабораторных работ
- Методические рекомендации

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

**Форма проведения промежуточного контроля:** студенты, освоившие программу курса могут получить зачет 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 зачет 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 планируемому результату 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»**

<b>Этап формирования</b>	<b>Типовые контрольные</b>	<b>Показатели и критерии</b>
--------------------------	----------------------------	------------------------------

компетенции, в котором участвует дисциплина	задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	оценивания компетенции, шкала оценивания
<p><b>начальный</b>  <i>уметь:</i> проводить исследования свойств оптических кристаллов и материалов методами спектрофотометрии, растровой электронной микроскопии, атомно-силовой микроскопии, рентгенографии, лазерной коноскопии, интерференционной профилометрии, селективного химического травления  <i>знать:</i> круг вопросов, рассматриваемых при изучении технологии оптических материалов; терминологию, основные понятия, применяемые в технологии оптических материалов; назначение основных типов опто-электронных устройств; оптические свойства полупроводниковых и диэлектрических кристаллов и материалов; физические принципы различных методов модуляции света;</p>	<p>1) Собрать коноскопическую лазерную установку для измерения аномальной оптической двуосности кристаллов парателлуриата.  2) Измерить эффективность дифракции АОД (акусто-оптического дефлектора) на основе кристалла парателлуриата.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тема раскрыта с опорой на соответствующие понятия и теоретические положения – 4 балла</li> <li>• Факты и примеры в полном объеме обосновывают выводы – 4 балла</li> <li>• Ответ характеризуется композиционной цельностью, соблюдена логическая последовательность – 3 балла</li> <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>
<p><b>промежуточный</b>  <i>уметь:</i> использовать оптическое лазерное радиоэлектронное и акустооптическое оборудование для осуществления передачи и обработки оптической информации.  <i>знать:</i> типы и назначения модуляторов света на основе механического,</p>	<p>1) Провести измерение плотности дислокаций в монокристалле германия методом селективного химического травления.  2) Измерить число разрешаемых в пространстве позиций лазерного луча для двухкоординатного АОД.  1) Рассчитать эффективность дифракции АОПФ (акустооптического</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тема раскрыта с опорой на соответствующие понятия и теоретические положения – 4 балла</li> <li>• Факты и примеры в полном объеме обосновывают выводы – 4 балла</li> <li>• Ответ характеризуется композиционной цель-</li> </ul>

электрооптического, магнитооптического и акустооптического взаимодействий;	электронно-перестраиваемого фильтра). 2) Рассчитать константу Верде монокристалла пара-теллуриата для длины волны 533 нм.	ностью, соблюдена логическая последовательность – 3 балла
--	--	---

**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
<b>заключительный</b> <i>владеть:</i> навыками резки, шлифовки, рентгеновской ориентации, вакуумного напыления материалов при изготовлении элементов опто-электроники и лазерной техники; навыками сборки оптических, оптоэлектронных и лазерных схем; навыками измерения основных параметров опто-электронных схем и ВЧ-техники в составе АО-устройств.	1) Проверить соответствие оптического элемента из кристалла парателлуриата параметрам, содержащимся в ТУ на производство АО-устройства. 2) Провести анализ себестоимости изготовления крупной (100 штук) партии светозвукопроводов для АОД из кристаллов германия и парателлуриата.	<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>

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

а) основная литература:

1. Акиншин В. С. Оптика: учебное пособие. — СПб. : Лань, 2015.

Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/56605>

2. Курс общей физики : учебное пособие для студентов вузов. Т. 2 : Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. - Москва : Лань", 2016. - 496 с. : ил. - Допущено Научно-методическим советом по физике Министерства образования и науки РФ в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим и технологическим направлениям. - Предм. указ.: с. 493-496. - ISBN 978-5-8114-0631-9.

Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=71761](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71761)

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

<http://www.cablemap;>

[www.Рязанскийприборныйзавод;](http://www.Рязанскийприборныйзавод;)

[www.avago.com;](http://www.avago.com;)

[www.эфо.ru;](http://www.эфо.ru;)

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

### **1) План лабораторных работ**

*1. Коноскопические картины в одноосных и двуосных кристаллах.*

Коноскопия кристаллов парателлуриата в монохроматическом свете.

Коноскопия кристаллов парателлуриата с использованием поляризационного микроскопа.

Исследование аномальной оптической двуосности одноосных кристаллов.

Интерференционные картины в кристаллах при параллельном падении лучей.

*2. Определение плотности дислокаций в монокристаллах парателлуриата.*

Методы резки, шлифовки и полировки диэлектрических кристаллов.

Травление монокристаллов парателлуриата в щелочах и галогеноводородных кислотах.

Определение плотности дислокаций в кристаллах парателлуриата путем подсчета ямок травления.

Исследование секториального распределения дислокаций по пирамидам роста различных граней.

*3. Проявление гиротропии при рассеянии света в кристаллах.*

Определение удельного вращения кристаллов парателлуриата.

*4. Рассеяние света в полупроводниковых кристаллах.*

Излучение индикатрисы рассеяния ИК излучения в кристаллах кремния.

Малоугловое рассеяние ИК излучения в кристаллах германия.

*5. Изучение параметров акустооптических устройств.*

*6. Изучение устройства лазера и свойств лазерного излучения*

*7. Расчет характеристик распространения ультразвуковых волн в кристаллах*

### **2) методические рекомендации**

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

#### **Типовые тесты**

##### *Вариант 1*

Указать неправильные утверждения:

а) В оптроне источник и приемник света связан электрически.

б) В световодах центральная часть окружена внешней оболочкой с меньшим показателем преломления).

в) Интегральная чувствительность фоторезистора  $S$  определяется выражением  $S=i\phi/\Phi$ , где  $i\phi$  – фототок,  $\Phi$  – световой поток.

г) К ПВМС относятся модуляторы типа свет-свет.

д) Телевизионный стандарт означает возможность переключения за время 1/20 сек. для 1000х1000 разрешимых элементов.

##### *Вариант 2*

Указать правильные утверждения:

а) Долговременная память требует специального сигнала для возвращения материала в исходное оптическое состояние.

б) Наибольшая эффективность преобразования оптического сигнала  $\eta$  определяется отношением:  $\eta = \tilde{I}_{\text{вых}} / I_{\text{вх}}$ , где  $I_{\text{вх}}$  – интенсивность сигнала на входе ПВМС,  $\tilde{I}_{\text{вых}}$  – интенсивность выходного сигнала.

в) Носителем информации в когерентно-оптических системах, оперирующих в динамическом режиме, является модулируемый во времени и пространстве лазерный луч.

г) Вольт-амперная характеристика фотодиода может проходить через второй квадрант.



д) В фоторезисторах полупроводниковый кристалл заключен между невыпрямляющими контактами металл-полупроводник.

*Вариант 3*

Указать неправильные утверждения:

а) Оптоэлектроника отличается от вакуумной электроники и полупроводниковой электроники наличием оптической связи.

б) Световоды всегда работают в одномодовом режиме.

в) Оптопары всегда имеют закрытый оптический канал.

г) Эффект Поккельса может наблюдаться в кристаллах тригональной сингонии.

д) При продольном эффекте Поккельса свет в кристалле распространяется в направлении, перпендикулярном приложенному электрическому полю.

*Вариант 4*

Указать правильные утверждения:

а) типичные значения для полуволновых напряжений в кристаллах – единицы вольт.

б) Обязательным элементом в оптопаре является фотодиод.

в) Фотодиоды могут использоваться в режиме фотогенератора.

г) Тангенс угла диэлектрических потерь равен отношению мнимой и действительной частей диэлектрической проницаемости среды.

д) Эффект Франца-Келдыша в полупроводниках практически безынерционен (10-13с).

*Вариант 5*

Указать неправильные утверждения:

а) Окрашивание электрохромных материалов происходит в результате окислительно-восстановительных реакций, в которых участвуют электроны.

б) Структура ПЗС работает по двухфазной схеме.

в) Эффект Франца-Келдыша заключается в наблюдаемом во внешнем электрическом поле сдвига края фундаментальной полосы поглощения полупроводников.

г) Полоса пропускания типичных многомодовых волоконных световодов со ступенчатым профилем составляет 200-300 кГц.км.

д) Для излучающих диодов, работающих в ИК диапазоне, используют такую характеристику, как зависимость яркости излучения  $L$  от тока диода  $i$ .

*Вариант 6*

Указать правильные утверждения:

а) Структура ПЗС работает по четырехфазной схеме.

б) Диапазон 1,26-1,32 мкм используется в волоконной оптике потому, что в этом диапазоне имеются линии излучения некоторых полупроводниковых лазеров.

в) В оптоэлектронных приборах реализована полная гальваническая развязка источников и приемников излучения.

г) Гетеропереходы используются в том числе и в светоизлучающих диодах.

д) Модуляция поляризации света может происходить вследствие переориентации молекул жидкого кристалла.

*Вариант 7*

Указать неправильные утверждения:

а) При цифровой обработке сигналов требуемое контрастное отношение должно быть выше, чем при обработке атомов и изображений.

б) Пропускная способность оптических каналов больше, чем электронных.

в) Эффект Поккельса – это квадратичный (по полю) электрооптический эффект.

г) Электрооптические коэффициенты представляются в виде тензора четвертого ранга.

д) При поперечном электрооптическом эффекте полуволновое напряжение меньше, чем при продольном электрооптическом эффекте.

д) (308)

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

1. Оптоэлектроника как область оптроники.
2. Основные элементы оптоэлектроники: источники света, оптические среды (активные и пассивные), фотоприемники.
3. Фотосопротивления, фотодиоды, фототиристоры, фототранзисторы.
4. Оптроны. Интегральные оптические схемы. Светоизлучающие диоды.
5. Оптические волноводы. Затухание сигнала. Полоса пропускания.
6. Основные типы лазеров: лазеры на оксидных кристаллах и стеклах, полупроводниковые лазеры, газовые лазеры, эксимерные лазеры.
7. Свойства лазерного излучения: когерентность, яркость, направленность, мощность, спектральная ширина излучения (монохроматичность), пятнистая картина.
8. Вынужденное и спонтанное излучение. Поглощение.
9. Принципы работы лазера.
10. Моды резонатора.
11. Матрицы передачи для различных оптических систем.
12. Схемы накачки активной среды.
13. Коэффициент полезного действия накачки.
14. Механизмы уширения линий излучения.
15. Насыщение.
16. Непрерывный и импульсный режимы работы лазеров.
17. Модуляция добротности.
18. Основные эффекты нелинейной оптики: генерация гармоник, самофокусировка света.
19. Пространственно-временные модуляторы света ПВМС. Назначение и типы ПВМС. Основные параметры ПВМС.
20. Модуляция света на основе электрооптических эффектов Локкельса и Керра.
21. Модуляция света на основе магнитооптического эффекта Фарадея.
22. Модуляция света на основе жидких кристаллов. Твист-эффект.
23. Дифракция света на ультразвуковых волнах. Режимы дифракции Рамана-Ната и Брэгга. Коэффициент акустооптического качества.
24. Акустооптические устройства: модуляторы, фильтры, дефлекторы, процессоры. Векторные диаграммы.
25. Приборы с зарядовой связью. ПЗС-матрицы.
26. Модуляция света на основе изменения коэффициента поглощения среды. Экситоны. Эффект Франца-Келдыша.

**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.

**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 слушателей 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
Лекционная аудитория № 227 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	1. Проектор Panasonic PT-VW340ZE с проекционным экраном 2. Ноутбук (переносной) 3. Комплект учебной мебели на 60 посадочных мест	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
Лаборатория твердотельной электроники № 247 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	1 Научно-учебный программно-аппаратный комплекс для микроанализа и морфологического анализа поверхности и для подготовки кадров по основам нанотехнологии NanoEducator2	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

	<p>2 Импульсный анализатор температуропроводности XFA 500LT</p> <p>3 Нетбук Lenovo IdeaPadG560L-i352 15.6 WXGA LED Ci-350 (2.26 GHz ) DVD RW WiFi</p> <p>4 Осциллограф цифровой GDS-2102, 2 канала x 100МГ/USB/Good Wi11</p> <p>5 Мультиметр цифровой True RMS\Uni Trend</p> <p>6 Мультиметр цифровой True RMS\Uni Trend</p> <p>7 Компьютер: Системный блок iRU Corp 510GT520-1024/DVD-RW/W7/Монитор ViewSonic TFT 21,5"/клав.,мышь Oklick.коврик</p> <p>8 Компьютер: Системный блок iRU Corp 510GT520-1024/DVD-RW/W7/Монитор ViewSonic TFT 21,5"/клав.,мышь Oklick.коврик</p> <p>9 Весы лабораторные ВЛ-120 с гирей калибровочной 100гE2</p> <p>10 МФУ Canon лазерный i-Sensys MF4410</p> <p>11 Газовый лазер ГН-2П, излуч. № 2803, ОП ИП №1076</p> <p>12 Мультиметр цифровой настольный профессиональный MS8040</p> <p>13 Осциллограф цифровой ATTEN ADS 1042 CML</p> <p>14 Осциллограф цифровой ATTEN ADS 1202 CAL</p> <p>15 Цифровой осциллограф ZET-302</p> <p>16 Модуль АЦП-ЦАП ZET-230 (с клеммной колодкой)</p> <p>17 Усилитель высоковольтный 677В-Н-СЕ</p> <p>18 Измеритель иммитанса E7-20</p> <p>19 Лего-комплекты</p> <p>20 Лего-комплекты</p> <p>21 Лего-комплекты</p> <p>22 Лего-комплекты</p> <p>23 Лего-комплекты</p> <p>24 Фоточувствительный измеритель "Вектор-175"</p> <p>25 Генератор функциональный АНР - 1250</p>	<p>июля 2017</p> <p>Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p>
--	---	---

	26 Измеритель температуры Center 303	
--	---	--

Лазеры ЛГИ-118-3В, ЛГИ-118-3ВИП; спектрофотометр ИКС-29 (Ломо); измерительная рентгеновская установка ДСО-2 (Ломо); измеритель мощности лазерного излучения OPHIR 3A-FS ROHS (Laser Measurement Group, Israel); ; растровый электронный микроскоп JEOL 6610 LV; рентгеновский микроанализатор Oxford Instruments X-Max; установка магнетронного напыления тонких пленок JEOL JEE-420T (Япония), установка вакуумного распыления JEOL JAC-1600 (Япония), аппаратура для испытания оптических характеристик материалов с использованием лазерного облучения и коноскопического анализа дефектов оптических материалов.

#### 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>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Компьютер RAMEC STORM C2D 4600/160Gb/ 256mB/DVD-RW +Монитор LG TFT 17" L1753S-SF – 12 шт</li> <li>2. Мультимедийный комплект учебного класса (вариант № 2) Проектор Casio XJ-M140, настенный проекц. экран Lumien 180*180. ноутбук Dell N4050. сумка 15,6", мышь</li> <li>3. Коммутатор D-Link 10/100/1000mbps 16-port DGS-1016D</li> <li>4. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО</li> <li>5. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО</li> <li>6. Демонстрационное оборудование комплект «LegoMidstormsEV3»</li> <li>7. Комплект учебной мебели</li> </ol>	<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 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 приема-передачи № 369 от 21 июля 2017  MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21</p>

**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»