

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 31.08.2023 18:56:03  
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)

**Атомная физика**

Направление подготовки

27.03.05 Инноватика

профиль

Управление инновациями (по отраслям и сферам экономики)

Для студентов

3 курса, очной формы обучения

Составитель: к.ф.-м.н. Шуклов А.Д.

Тверь, 2023

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины**

**Целью** освоения дисциплины является: создание фундаментальной базы знаний, на основе которой в дальнейшем можно развивать более углубленное и детализированное изучение всех разделов физики и специализированных курсов.

**Задачами** освоения дисциплины являются:

- изучение основных принципов квантовой механики и явлений, происходящих на атомном уровне;
- установление связи между различными физическими явлениями, вывод основных законов в виде математических уравнений;
- постановка и анализ задачи, применение различных методов решения.

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

Дисциплина «Атомная физика» входит в базовую часть учебного плана.

Общий курс «Атомная физика» ставит перед собой целью познакомить студентов с физическими основаниями квантовой теории дать представление о математическом аппарате волновой механики, научить использовать квантовые представления для анализа атомных явлений. Выпускник физико-технического факультета, изучивший курс, должен иметь полное представление об основных результатах и современных тенденциях развития физики атома и молекул, твердого тела. В первую очередь это касается: квантования энергии атомов и молекул, его отражение в атомах и молекулярных спектрах, квантовой классификации атомных и молекулярных термов, туннельного эффекта и дифракционных эффектов, различных приближений в атомной физике и физике твердого тела. Уровень начальной подготовки обучающегося для успешного освоения дисциплины: иметь представление об основных понятиях и законах атомной физики в рамках программы средней школы; Знать алгебру, геометрию и основы математического анализа в рамках программы средней школы и 2-го курса университета. Теоретические дисциплины и практики, для которых освоение атомной физики необходимо как предшествующее, включают общий физический практикум, физику атомного ядра и элементарных частиц.

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

академических часа, **в том числе:**

**контактная аудиторная работа:** лекции 51 часов, практические занятия 51 часов;

**самостоятельная работа:** 66 часа, 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.
ОПК-1. Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области математики, естественных и технических наук	ОПК-1.2. Анализирует физические объекты и процессы используя положения, законы и методы естественных и технических наук ОПК-1.3. Осуществляет поиск и анализ информации в рамках поставленной задачи, используя знание положений, законов и методов физики
ОПК-2. Способен формулировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний профильных разделов математических, технических и естественно-научных дисциплин (модулей)	ОПК-2.2. Предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, используя положения, законы и методы физики.

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

Экзамен в 5 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**

Наименование разделов и тем	Всего	Контактная работа (час.)		Смост оят. работа
		Лекции	Практические (лабораторные) занятия	
<b>1. Микромир.</b> Масштабы. Константы. Невозможность описания явлений в микромире в рамках классической теории. Атомная физика как физика квантовых явлений. Порядки величин расстояний и энергий для атомно-молекулярных процессов.	4	1	0	3
<b>2. Волны и кванты.</b> Равновесное электромагнитное излучение в полости. Законы Релея - Джинса и Вина. Гипотеза Планка. Кванты излучения. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана и закон смещения Вина. Фотоэффект. Опыты Герца и Столетова. Закон Эйнштейна. Рассеяние электромагнитного излучения на свободных зарядах. Эффект Комптона. Тормозное рентгеновское излучение. Квантовый предел. Дифракция волн.	6	2	1	3
<b>3. Частицы и волны.</b> Гипотеза де-Бройля. Волновые свойства частиц. Опыты Девиссона-Джермера и Томсона. Волны де-Бройля. Волновой пакет. Фазовая и групповая скорость волн де-Бройля. Принцип неопределенности.	7	3	1	3
<b>4. Основные экспериментальные данные о строении атома.</b> Опыты Резерфорда. Опыт Франка и Герца. Опыты Чадвика. Изучение спектральных серий атомов водорода.	8	3	1	4
<b>5. Основы квантово-механических представлений о строении атома.</b> Корпускулярные свойства излучения. Фотоэффект. Эффект Комптона. Спектры испускания и поглощения. Спектральные серии. Комбинаторный принцип. Опыты Франка-Герца. Постулаты Бора. Дифракция электронов. Принцип неопределенности. Процесс измерения в микромире.	8	3	2	3
<b>6. Одноэлектронный атом.</b> Уравнение Шредингера с центрально-симметричным потенциалом. Разделение переменных. Операторы $L^2$ , $L_z$ , их собственные значения и функции. Радиальное уравнение. Уровни энергии. Квантовые числа. Атом водорода. Уровни энергии и волновые функции стационарных состояний. Их свойства. Вырождение уровней по орбитальному моменту. Орбитальный механический и магнитный моменты	7	3	1	3

<p>электрона. Магнетон Бора. Экспериментальное определение магнитных моментов. Спин электрона. Собственный магнитный момент электрона. Спиновое гиромагнитное отношение. Понятие о правилах сложения невзаимодействующих моментов количества движения. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура спектра атома водорода. Формула тонкой структуры (Дирака).</p>				
<p><b>7. Многоэлектронные атомы.</b> Общие принципы описания многоэлектронного атома. Представление о распределении объемного заряда и электростатического потенциала в атоме. Одноэлектронное состояние. Заполнение атомных состояний электронами. Атомные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Иерархия взаимодействий в многоэлектронном атоме. Приближение LS и jj-связей. Терм. Тонкая структура терма. Правило интервалов Ланде. Спин и магнитный момент нуклонов и ядра. Сверхтонкая структура атомных спектров. Изотопические эффекты в атомах. Атомы щелочных металлов. Атом гелия. Симметрия волновой функции относительно перестановки электронов. Синглетные и триплетные состояния. Обменное взаимодействие. Основное состояние атома гелия. Понятие об автоионизации. Периодическая система элементов. Правило Хунда. Основные термы атомов.</p>	9	3	2	4
<p><b>8. Электромагнитные переходы в атомах.</b> Изучение возбужденных атомов. Спонтанное излучение. Поглощение и вынужденное излучение. Свойство индуцированного излучения. Оптические квантовые генераторы (лазеры).</p>	8	3	1	4
<p><b>9. Рентгеновские спектры.</b> Переходы внутренних электронов в атомах. Характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли. Эффект Оже.</p>	8	3	1	4
<p><b>10. Атом в поле внешних сил.</b> Атом в магнитном поле. Слабое и сильное поле. Фактор Ланде. Эффекты Зеемана и Пашена - Бака. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Атом в электрическом поле. Эффект Штарка.</p>	8	3	2	3
<p><b>11. Молекула.</b> Адиабатическое приближение. Молекулярный ион водорода. Молекула водорода. Теория Гайтлера-Лондона. Спаривание электронов. Термы двухатомной молекулы. Химическая связь. Ковалентная и ионная связи. Валентность. Насыщение химических связей. Молекулярная орбиталь. Гибридизация орбиталей. Элементы стереохимии. Общие представления о колебательном и вращательном движении ядер в молекулах. Спектры двухатомных молекул. Электронно - колебательный - вращательный переход. Правила отбора для электромагнитных переходов в двухатомных молекулах. Принцип Франка - Кондона.</p>	9	3	2	4
<p><b>12. Макроскопические квантовые явления.</b> Симметрия кристаллических решеток и зоны Бриллюэна.</p>	8	3	1	4

Уравнение Шредингера и волновая функция электрона, движущегося в периодическом поле. Энергетический спектр электрона, образование зон. Заполнение энергетических зон. Зонные модели металлов, полуметаллов, полупроводников и диэлектриков. Проводимость металлов. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Проводимость в магнитном поле. Эффект Холла. Квантовые колебания кристаллической решетки, фононы. Типы твердых тел.				
<b>13. Статистическое распределение Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.</b> Квантовая статистика. Фазовое пространство. Функция распределения. Идеальный Бозе-газ. Статистика Бозе-Эйнштейна. Ферми газ. Статистика Ферми-Дирака. Вырожденный и невырожденный электронный газ.	6	1	1	4
<b>14. Энергия Ферми.</b> Изознергетические поверхности. Закон дисперсии. Эффективная масса электрона. Плотность электронных состояний, зависимость от энергии. Электроны и дырки. Уровень Ферми в металлах, полуметаллах, полупроводниках и диэлектриках.	6	1	1	4
<b>15. Сверхпроводимость и сверхтекучесть и их квантовая природа.</b> Идеальный бозе-газ. Сверхтекучесть. Газ ферми-частиц. Сверхпроводимость. Эффект Джозефсона. Эффект Майснера.	6	1	1	4
	108	36	18	54
<i>Экзамен</i>	36			36
<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>90</b>

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

- *планы практических (семинарских) занятий.*
- *методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.*
- *требования к рейтинг-контролю.*

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

**Форма проведения экзамена:** 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.)

**Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ОПК 7:** способность применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения, теории и материаловедения и информационные технологии в инновационной деятельности.

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания		
промежуточный	<i>Задания для проверки сформированности умений:</i>	<b>Высокий уровень</b> (3 балла по каждому критерию)	<b>Средний уровень</b> (2 балла по каждому критерию)	<b>Низкий уровень</b> (1 балл по каждому критерию)
	Решить задачу: Для некоторого металла красная граница фотоэффекта в $k=1,2$ раза меньше частоты падающего излучения. Определить работу выхода электрона (в э.в.) из данного металла, если максимальная скорость фотоэлектронов равна $v_m=6 \cdot 10^5$ м/сек.	Понимает физику явления, указанного в условии задачи. Знает формулу фотоэффекта и уверенно применяет ее, записывая необходимые соотношения. Получает решение.	Понимает физику явления, указанного в условии задачи. Знает формулу фотоэффекта. Неуверенно применяет ее, записывая необходимые соотношения. Получает решение.	Понимает физику явления, указанного в условии задачи. Знает формулу фотоэффекта. С трудом применяет ее, записывая необходимые соотношения.
	Решите задачу. Найти коммутатор $[x, L_z]$	Понимает математический аппарат квантовой теории, и записывает основные соотношения квантовой механики. Получает правильный ответ.	Понимает математический аппарат квантовой теории, но неуверенно записывает основные соотношения квантовой механики. Получает правильный ответ.	Понимает математический аппарат квантовой теории, и с трудом записывает основные соотношения квантовой механики. Получает неправильный ответ.
<i>Задания для проверки сформированности знаний:</i>	<b>Высокий уровень</b> (3 балла по каждому критерию)	<b>Средний уровень</b> (2 балла по каждому критерию)	<b>Низкий уровень</b> (1 балл по каждому критерию)	

		<i>критерию)</i>	<i>критерию)</i>	<i>критерию)</i>
	Знать постулаты Бора.	Знает постулаты Бора. Умеет правильно построить энергетическую диаграмму атома.	Знает постулаты Бора. Неуверенно строит энергетическую диаграмму атома.	Знает постулаты Бора. Но не умеет правильно построить энергетическую диаграмму атома.
	Спин и магнитный момент электрона.	Имеет четкие представления о собственном механическом (спине) и магнитном моменте электрона. И умеет оценивать величину эффектов, связанных со спином.	Имеет четкие представления о собственном механическом (спине) и магнитном моменте электрона. И с трудом оценивает величину эффектов, связанных со спином.	Имеет некоторые представления о собственном механическом (спине) и магнитном моменте электрона. И не умеет оценивать величину эффектов, связанных со спином.

***Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.***

Интернет-ресурс «Ядерная физика в Интернете» <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>

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

**а) основная литература:**

1. Матышев А.А. Атомная физика / А. А. Матышев; А.А. Матышев. - Санкт-Петербург : Издательство Политехнического университета, 2014. - 531 с. - (Физика в технических университетах). - ISBN 978-5-7422-4209-3.

Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=362983>

2. Браун Александр Георгиевич. Атомная и ядерная физика. Элементы квантовой механики. Практикум : Учебное пособие / Браун Александр Георгиевич, Левитина Изабелла Григорьевна. - 1. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2016. - 88 с. - ISBN 978-5-16-010798-1.

Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=502451>

3. Курс физики: в 3-х т. Т.3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. - Москва: Лань", 2016. - 320 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Допущено Научно-методическим советом по физике Министерства образования и науки Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по

техническим и технологическим направлениям и специальностям. - Предм. указ.: с. 294-301. - ISBN 978-5-8114-0687

Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=71763](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71763)

**б) дополнительная литература.**

1. Иродов И. Е. Задачи по общей физике /И. Е. Иродов. - Москва: Лань", 2016. - 416 с. : ил., табл. - (Классические задачки и практикумы) (Учебники для вузов. Специальная литература) (Классическая учебная литература по физике). - ISBN 978-5-8114-0319-6.

Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=71750](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71750)

2. Сивухин Д.В.Общий курс физики / Д.В. Сивухин. - 4-е изд., стереот. - Москва : Физматлит, 2005. - 560 с

Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82991>

**VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (или модуля)**

1. Ядерная физика в Интернете <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>
2. Электронная библиотека издательства Лань: <http://e.lanbook.com/>
3. Университетская библиотека ONLINE: <http://www.biblioclub.ru/>
4. Сайт издательского дома ЮРАЙТ: <http://www.biblio-online.ru/>

**VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины – планы практических (семинарских) занятий:**

**Семинар 1:** Решение задач на тему «Квантовые свойства излучения». Примеры задач:

1. Чувствительность сетчатки глаза к желтому свету с длиной волны  $\lambda=600\text{нм}$  составляет  $P=1,7\cdot 10^{-18}$  Вт. Сколько фотонов должно падать каждую секунду на сетчатку, чтобы свет был воспринят?

2. Фотон, импульс которого  $p$  сталкивается с покоящимся электроном и отлетает под углом  $\theta$  к первоначальному направлению движения. Найти импульс фотона после столкновения.

**Семинар 2:** Решение задач на тему «Боровская теория атома водорода». Примеры задач:

1. Электрон в атоме водорода перешел из основного состояния в возбужденное, получив энергию  $E=12,8\text{э.в.}$  Какова наибольшая длина волны, которую может теперь излучить атом водорода?

2. Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны  $\lambda=1,2\cdot 10^{-5}\text{см.}$  определить радиус орбиты электрона  $r$  возбужденного атома.

**Семинар 3:** Решение задач на тему «Волновые свойства частиц». Примеры задач:

1. Какую дополнительную энергию необходимо сообщить электрону с импульсом  $15\text{кэВ/с}$ , чтобы его длина волны стала  $\lambda=0,5\text{А}^\circ$ .

2. При увеличении энергии электрона на  $500\text{э.в.}$  его дебройлевская длина изменилась в два раза. Найти первоначальную длину волны электрона.

**Семинар 4:** Решение задач на тему «Основы математического аппарата квантовой теории». Примеры задач:

1. Найти коммутатор  $[\mathbf{H}, p_x]=?$  Где  $\mathbf{H}=\mathbf{p}_x^2/2m+U(x)$

2. Найти коммутатор  $[x, L_z]=?$

**Семинар 5:** Решение задач на тему «Уравнение Шредингера». Примеры задач:

1. Электрон находится в одномерной потенциальной яме с абсолютно непроницаемыми стенками ( $0<x<l, l=2\text{А}^\circ$ ). Найти частоту фотона испускаемого при переходе электрона из 1-го возбужденного состояния в основное. Чему равна величина  $\langle x^2 \rangle$  в 1-ом возбужденном состоянии?

2. Оценить для электрона локализованного в области размером  $l=0,5\text{мкм}$  относительную неопределенность скорости  $\Delta v/v$ ? Если его кинетическая энергия  $\epsilon_{\text{кин}}=5\text{э.в.}$

**Семинар 6:** Решение задач на тему «Спектры атомов». Примеры задач:

1. Головная линия резкой серии атомарного цезия представляет собой дублет с длинами волн  $\lambda_1=1469,5 \text{ \AA}$  и  $\lambda_2=1358,8 \text{ \AA}$ . Найти расщепление (э.в.) бр уровня атома цезия.
2. Длины волн желтого дублета натрия  $\lambda_1=589,00\text{нм}$  и  $\lambda_2=589,59\text{нм}$ . Найти для 3P уровня расщепление  $\Delta E$  (э.в.), обусловленное спин-орбитальным взаимодействием.

**Семинар 7:** Решение задач на тему «Спектры молекул». Примеры задач:

1. Найти разность энергий (э.в.) состояний с квантовыми числами  $n=1, J=1$  и  $n=0, J=6$  у молекулы OH ( $r_0=0,97 \text{ \AA}$ ;  $\nu_{\text{кол}}=3735 \text{ см}^{-1}$ ).
2. Найти разность энергий в (э.в.) состояний с квантовыми числами  $n=1, l=0$  и  $n=0, l=5$  у молекулы CO ( $r_0=1,13 \text{ \AA}$ ;  $\nu_{\text{кол}}=2310 \text{ см}^{-1}$ ).

**– сборники задач:**

1. Сборник задач по общему курсу физики. Ч.3 Атомная и ядерная физика. Строение вещества./Под ред. В.А. Овчинкина. М.: Физматкнига, 2009.-512 с.
2. Савельев И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике. СПб.: Лань, 2005.-288с.
3. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. М.: Бином, 2001. – 432с.
4. Сборник задач по общему курсу физики. В 5 т. Кн. V. Атомная физика. Физика ядра и элементарных частиц / Под ред. Д. В. Сивухина. М.: ФИЗМАТЛИТ; ЛАНЬ, 2006. - 184 с.

**– методические рекомендации по организации самостоятельной работы**

**студентов:**

1. Изучить рекомендуемую литературу.
2. Просмотреть задачи, разобранные на аудиторных занятиях.
3. Разобрать задачи, рекомендованные преподавателем для самостоятельного решения, используя, при необходимости, примеры решения аналогичных задач.
4. Обсудить проблемы, возникшие при решении задач с преподавателем.

**Требования к рейтинг-контролю.** В течение семестра два раза (на модульных неделях) необходимо:

- 1) сдать преподавателю решения домашних задач, полученных из указанных сборников задач,
- 2) ответить на теоретические вопросы. Примеры вопросов:

**Модуль 1**

1. Фотоэффект.
2. Туннельный эффект.
3. Эффект Комптона.
4. Эффект Рамзауэра
5. Давление излучения. Эффект Доплера.
6. Квантование момента импульса.
7. Спектры испускания и поглощения.
8. Жесткий ротатор. Вращение молекул.
9. Постулаты Бора.
10. Квантовая теория атома водорода.
11. Столкновение электронов с атомами. Опыты Франка и Герца.
12. Спин и магнитный момент Электрона.
13. Боровская теория атома водорода.
14. Спин орбитальное взаимодействие. Тонкая структура атома водорода.
15. Изотопический сдвиг.
16. Спектры щелочных металлов.
17. Гипотеза де Бройля.
18. Одноэлектронное приближение. Самосогласованное поле.
19. Дифракция электронов. Опыты Девиссона-Джермера и Томсона.

## Модуль 2

1. Заполнение электронных оболочек. Периодическая система элементов.
2. Статистическая интерпретация волновой функции.
3. Спектроскопические обозначения атомных термов.
4. Влияние опыта на состояние микрочастиц. Принцип неопределенности.
5. Рентгеновские спектры.
6. Операторы квантовой механики.
7. Правила отбора при изучении атомов.
8. Операторы основных физических величин.
9. Ширина спектральных линий.
10. Условие одновременной измеримости двух физических величин.
11. Спонтанное и вынужденное излучение
12. Одномерное уравнение Шредингера.
13. Поглощение электромагнитных волн в равновесных и неравновесных квантовых системах.
14. Частица в одномерной потенциальной яме. (Случай конечной глубины).
15. Квантовые генераторы.
16. Гармонический осциллятор.
17. Магнитный момент атома.
18. Колебательные спектры двухатомных молекул.
19. Эффект Зеемана

**VIII. Перечень педагогических и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем Microsoft Office 365 pro plus**

1. Microsoft Windows 10 Enterprize
2. Google Chrome

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

Лекционная аудитория № 226 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	1 Микшерный пульт Yamaha MG-124C 2 Аудиокомплект (мик. пульт, акуст. усилитель, акуст. система, радиосистема) 3 Интерактивная система SMART Board 660i4 4 Мультимедийный проектор Epson EB-4850WU с потолочным креплением 5 Телекоммуникационный шкаф ШТК-М-18.6.6-3AAA с полками 6 Телекоммуникационный шкаф ШТК-М-18.6.6-3AAA с полками 7 Экран настенный ScreenMedia 213*213 (M082-08156) 8 Компьютер iRU Corp 510 15-2400/4096/500/G210-512/DVD-RW/W7S/монитор	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>E-Machines E220HQVB 21,5'' 9 Комплект учебной мебели на 110 посадочных мест</p>	
--	--	--

## 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 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 июля 2017</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	Протокол Совета ФТФ

		промежуточной аттестации в соответствии с обновленным «Положением о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ»	№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»