

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 01.09.2023 14:15:52  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bea882b8d602

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

  
И.Г.Игнатова  
  
« 24 » декабря 2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Физика. Квантовая оптика. Атомная физика»

Направление 11.03.01 «Радиотехника»

Направленность (профиль) — «Проектирование радиоинформационных систем»

Москва 2020

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Компетенции	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.ФизКОАФ Способен использовать положения, законы и методы квантовой оптики и атомной физики для решения задач инженерной деятельности	<b>Знает</b> фундаментальные законы природы и основные физические законы квантовой оптики и атомной физики <b>Умеет</b> применять физические законы квантовой оптики и атомной физики для решения задач теоретического и прикладного характера <b>Имеет опыт</b> использования знаний физики в области квантовой оптики и атомной физики при решении практических задач
ОПК-2. Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2.ФизКОАФ Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных на основе навыков выполнения физического эксперимента по квантовой оптике и атомной физике.	<b>Знает</b> способы оценки погрешности результатов измерений физического эксперимента по квантовой оптике и атомной физике <b>Умеет</b> выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования на основе навыков выполнения физического эксперимента по квантовой оптике и атомной физике. <b>Имеет опыт</b> обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений физического эксперимента по квантовой оптике и атомной физике.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Входные требования к дисциплине: для освоения дисциплины необходимы знания по физике и математике в объеме требований ЕГЭ и знания, полученные при изучении физико-математических дисциплин предыдущих семестров обучения: электричество и магнетизм, оптика, математический анализ, дифференциальные уравнения.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ) Общая	трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Практические занятия (часы)	Лабораторные занятия(часы)		
2	3	3	108	16	16	16	60	ЗаО

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа(часы)	Формы текущего контроля
	Лекции(часы)	Практические занятия (часы)	Лабораторные занятия(часы)		
1. Квантовая оптика	4	6	4	14	Опрос
					Выполнение и защита лабораторных работ
					Контрольная работа № 1
2. Основы квантовой механики	6	4	6	27	Опрос
					Выполнение и защита лабораторных работ
					Рубежный контроль (тестирование)
					Выполнение и защита учебного задания
3. Физика атома и атомного ядра	6	6	6	19	Опрос
					Выполнение и защита лабораторных работ
					Контрольная работа № 2
					Выполнение и защита практико-ориентированного задания

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Тепловое излучение. Законы равновесного излучения. Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Больцмана. Закон смещения Вина. Формула Планка. Постоянная Планка.
	2	2	Эксперименты квантовой оптики: Внешний фотоэффект, эффект Комптона, тормозное рентгеновское излучение.
	3	2	Корпускулярно-волновой дуализм электромагнитного излучения и микрочастиц вещества. Свойства фотонов. Гипотеза де Бройля. Дифракция частиц. Волновое уравнение. Соотношения неопределенностей.
2	4	2	Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Свойства волновых функций. Частица в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Туннельный эффект (основные представления). Гармонический осциллятор, нулевые колебания (основные представления).
	5	2	Момент импульса в квантовой механике. Операторы момента импульса и его проекции. Собственные функции и собственные значения. Спин электрона.
3	6	2	Атом Бора-Резерфорда. Опыты Резерфорда. Спектр излучения атома водорода. Формула Бальмера. Спектральные серии. Постулаты Бора. Теория водородоподобного иона.
	7	2	Атом водорода в квантовой механике. Уравнение Шредингера для атома водорода. Результаты решения. Квантовые числа. Квантовые состояния. Орбитальный и спиновый магнитный момент электрона. Магнетон Бора. Опыты Штерна и Герлаха.
	8	2	Многоэлектронные атомы. Состояния электронов в атоме и их характеристики. Принцип Паули. Периодическая система элементов Менделеева. Физика атомного ядра (основные представления)

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Тепловое излучение.
	2	2	Корпускулярные свойства электромагнитного излучения. Фотоны.
	3	2	Контрольная работа № 1
2	4	2	Волновые свойства частиц. Принцип неопределенности.
	5	2	Уравнение Шредингера. Рубежный контроль.
3	6	2	Строение атома. Атом Резерфорда-Бора.
	7	2	Контрольная работа № 2.
	8	2	Свойства атомов.

#### 4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	2	Тепловое излучение
	2	2	Волны де Бройля и дифракция электронов
2	3	2	Эффект Комптона
	4	2	Опыт Франка – Герца
			Определение постоянной Ридберга и энергетических уровней атома водорода
5	2	Эффект Зеемана	
3	6	2	Изучение термоэлектронной эмиссии и определение работы выхода
	7	2	Определение удельного заряда электрона
	8	2	Эффект Холла в полупроводниках

#### 4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	3	Работа с учебной литературой: работа с конспектами лекций, учебниками и учебными пособиями. Работа с внешними электронными ресурсами
	3	Работа с электронными модулями индивидуальной работы студентов (ЭМИРС): изучение материалов ЭМИРС, ответы на тестовые вопросы.
	2	Подготовка к лабораторным занятиям: подготовка конспекта лабораторной работы, изучение теоретического материала, схемы эксперимента, метода обработка экспериментальных данных, подготовка ответов на контрольные вопросы.
	5	Выполнение домашних заданий для освоения тем практических занятий.
	1	Подготовка к контрольной работе № 1.
2	8	Работа с учебной литературой: работа с конспектами лекций, учебниками и учебными пособиями. Работа с внешними электронными ресурсами
	3	Работа с электронными модулями индивидуальной работы студентов (ЭМИРС): изучение материалов ЭМИРС, ответы на тестовые вопросы.
	6	Подготовка к лабораторным занятиям: подготовка конспекта лабораторной работы, изучение теоретического материала, схемы эксперимента, метода обработка экспериментальных данных, подготовка ответов на контрольные вопросы.
	4	Выполнение домашних заданий для освоения тем практических занятий.
	2	Подготовка к контрольной работе № 2 и рубежному контролю.
	4	Выполнение учебного задания «Явление проникновения квантовой микрочастицы в классически запрещенную область. Туннельный эффект. Оптические аналоги явлений»
3	3	Работа с учебной литературой: работа с конспектами лекций, учебниками и учебными пособиями. Работа с внешними электронными ресурсами
	2	Работа с электронными модулями индивидуальной работы студентов (ЭМИРС): изучение материалов ЭМИРС, ответы на тестовые вопросы.
	6	Подготовка к лабораторным занятиям: подготовка конспекта лабораторной работы, изучение теоретического материала, схемы эксперимента, метода обработка экспериментальных данных, подготовка ответов на контрольные вопросы
	4	Выполнение домашних заданий для освоения тем практических занятий.
	2	Выполнение практико-ориентированного задания
	2	Подготовка к контрольной работе № 2.

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

*Не предусмотрены*

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru>):

#### **Модуль 1. «Квантовая оптика»**

Материалы с кратким изложением лекционного курса для подготовки к практическим и лабораторным занятиям и зачёту:

Методическое пособие для практических занятий и подготовки к контрольным мероприятиям и зачёту:

Электронные модули индивидуальной работы студентов (ЭМИРС) для подготовки к практическим занятиям, контрольным мероприятиям и зачёту.

Методическое указание студентам по работе с внешними электронными элементами.

#### **Модуль 2. «Основы квантовой механики»**

Материалы с кратким изложением лекционного курса для подготовки к практическим, лабораторным занятиям и зачёту:

Методическое пособие для практических занятий и подготовки к контрольным мероприятиям и зачёту:

Электронные модули индивидуальной работы студентов (ЭМИРС) для подготовки к практическим занятиям, контрольным мероприятиям и зачёту.

Методическое указание студентам по выполнению учебного задания «Явление проникновения квантовой микрочастицы в классически запрещенную область. Туннельный эффект. Оптические аналоги явлений», для дополнительной самостоятельной работы, углубленного изучения учебного материала.

Методическое указание студентам по работе с внешними электронными элементами.

#### **Модуль 3. «Физика атома и атомного ядра»**

Материалы с кратким изложением лекционного курса для подготовки к практическим, лабораторным занятиям и зачёту:

Методическое пособие для практических занятий и подготовки к контрольным мероприятиям и зачёту:

Электронные модули индивидуальной работы студентов (ЭМИРС) для подготовки к практическим занятиям, контрольным мероприятиям и зачёту.

Методическое указание студентам по работе с внешними электронными элементами.

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики [Электронный ресурс] : В 5-ти т.: Учеб. пособие. Т. 5 : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / И. В. Савельев. - 5-е изд. - СПб. : Лань, 2011. - 384 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/708> (дата обращения: 11.10.2020). - ISBN 978-5-8114-1211-2
2. Иродов И.Е . Квантовая физика. Основные законы.: Учеб. пособие для вузов / И.Е. Иродов. - 7-е изд. - М. : Издательство "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2017. - 261 с. - (Технический университет). - URL: <https://e.lanbook.com/book/94103> (дата обращения: 12.10.2020). - ISBN 978-5-00101-492-8
3. Иродов И.Е. Задачи по общей физике [Электронный ресурс] : Учеб. пособие для вузов / И.Е. Иродов. - 11-е изд., электронное. - М. : Бинوم. Лаборатория знаний, 2017. - 434 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/94101> (дата обращения: 12.10.2020). - ISBN 978-5-00101-491-1.
4. Берестов А.Т. Лабораторные работы по курсу общей физики. Строение вещества / А.Т. Берестов, Н.И. Боргардт, С.Ю. Куклин. - М. : МИЭТ, 2007. - 52 с. - Имеется электронная версия издания.
5. Калашников Н.П. Физика. Интернет-тестирование базовых знаний [Текст]: Учеб. пособие / Н.П. Калашников, Н.М. Кожевников. - 2-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2010. - 160 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0925-9

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Лань : Электронно-библиотечная система Издательства Лань. - СПб., 2011-. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 28.10.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
2. Наука.Club = Nauka.Club : образовательный портал. - [б.м.] : Образовательный портал для школьников и студентов, 2018 - . - URL: <https://nauka.club/> (дата обращения: 25.10.2020). - Режим доступа: свободный. - Текст: электронный.

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется **смешанное обучение**, основанное на интеграции технологий традиционного и электронного обучения, замещении части традиционных учебных форм занятий и самостоятельной работы студентов формами и видами взаимодействия преподавателей и обучающихся в электронной образовательной среде.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС. (URL: <http://orioks.miet.ru>)



Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: разделы ОРИОКС «Домашние задания», «ЭМИРС», электронная почта,

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах: презентации с элементами анимации.

Тестирование проводится в ОРИОКС (ЭМИРС), а также используются внешний электронный ресурс:

Курс лекций по квантовой оптике, квантовой физике, физике атома:

UPL: [https://www.youtube.com/channel/UCBOL\\_u0dePP91\\_yaXkAjk8A/](https://www.youtube.com/channel/UCBOL_u0dePP91_yaXkAjk8A/) (Дата обращения 06.10.20).

Набор теоретического материала по отдельным темам дисциплины «Атомная физика», а также тесты для самоконтроля.

UPL: [http://online.mephi.ru/courses/physics/atomic\\_physics/](http://online.mephi.ru/courses/physics/atomic_physics/), (Дата обращения 12.10.2020).

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внешние электронные ресурсы**:

Лекторий МФТИ ,курс: «**Квантовая механика. Часть 1**»

UPL: <https://mipt.lectoriy.ru/lecture/TherPhys-QuanMec-L15-Gershtein-131210.02>, (дата обращения 22.10.2020).

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория (лекционные занятия) (ауд. 1202мм)	Мультимедийное оборудование: Компьютер Моноблок Lenovo F0AM0092RK Проектор Panasonic PT-VW535N Экран Mediavisor Экран рулонный настенный, телевизор Panasonic TX-85XR940 Телевизор LG 55UF771V Радиосистема Shure BLX88E K3E Микрофон GAL VM-175 Акустика JBL PRX700	Академические лицензии на ПО по проекту Azure Dev Tools for Teaching (Microsoft) Microsoft Office Kaspersky
Учебная аудитория (практические занятия)	Специального оснащения не требуется	ПО не требуется
Лаборатория «Строения вещества-1» ауд. № 3330	Лабораторная установка "Эффект Зеемана" Лабораторная установка "Комптоновское рассеяние" Лабораторная установка "Дифракция электронов" Лабораторная установка "Серия Бальмера"	Академические лицензии на ПО по проекту Azure Dev Tools for Teaching

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
	Лабораторная установка "Удельный заряд электрона" Лабораторная установка "Эксперимент Франка - Герца" Лабораторная установка "Эффект Холла в GE n-типа" Лабораторный комплекс «Опыт Франка-Герца» , персональный компьютер в комплекте, принтер Лабораторный комплекс «Тепловое излучение» Лабораторный комплекс « Изучение электронной термоэмиссии»	(Microsoft) Office
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС	Azure, Open Office, браузер Mozilla Firefox или Google Chrome

## **10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ**

1. ФОС по подкомпетенции ОПК-1.ФизКОАФ Способен использовать положения, законы и методы квантовой оптики и атомной физики для решения задач инженерной деятельности.

2. ФОС по подкомпетенции ОПК-2.ФизКОАФ Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных на основе навыков выполнения физического эксперимента по квантовой оптике и атомной физике

Фонд оценочных средств представлен отдельными документами и размещен в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

Сформированность подкомпетенции ОПК 2 ФизКОАФ проверяется до промежуточной аттестации на последнем занятии лабораторного практикума.

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **11.1. Особенности организации процесса обучения**

Дисциплина изучается в течение одного семестра. Она включает:

- лекции – 1 раз в 2 недели;
- практические занятия (семинары) – 1 раз в 2 недели;

- лабораторные работы – 2-х часовые занятия 1 раз в 2 недели;
- консультации – 1 раз в неделю, которые проводятся лектором потока и преподавателями, ведущими практические занятия.

Посещение лекций, практических занятий и лабораторных работ является обязательным. Посещение консультаций необязательное, за исключением тех случаев, когда преподаватель персонально приглашает студента на консультацию.

Содержание дисциплины состоит из трех модулей, которые изучаются последовательно:

- Квантовая оптика;
- Основы квантовой механики;
- Физика атома и атомного ядра.

Каждый модуль является логически завершенной частью курса. Успешность освоения каждого модуля оценивается по результатам выполнения обязательных контрольных мероприятий.

Для организации учебной работы студентов в начале каждого семестра предоставляются следующие учебно-методические материалы:

- план лекций и практических занятий на семестр с указанием тем лекций со ссылками на параграфы или страницы учебников и учебных пособий, содержащих соответствующий материал, темы практических занятий и номера заданий из сборников задач для решения в аудитории или самостоятельно;
- график выполнения лабораторных работ;
- график и виды контрольных мероприятий;
- список рекомендуемой учебно-методической литературы;
- рекомендуемые электронные ресурсы, включая «Электронные модули индивидуальной работы студентов» (ЭМИРС), размещенные в сети МИЭТ (<http://orioks.miet.ru/oroks-miet/srs.shtml>).
- практико-ориентированные задания на опыт деятельности, представление и защита результатов которого происходит на одном из практических занятий.

Учебно-методический комплекс содержит «Учебное задание. «Явление проникновения квантовой микрочастицы в классически запрещенную область. Туннельный эффект. Оптические аналоги явлений», предназначенное для отработки навыков самостоятельной работы, самоконтроля и помощи в выполнении индивидуальных заданий и для подготовки к докладам и презентациям».

Учебно-методический комплекс содержит «Внешний электронный ресурс», который предназначен для дополнительной самостоятельной работы, углубленного изучения учебного материала и помощи в выполнении заданий по практическим занятиям, лабораторным работам и подготовки к контрольным мероприятиям

## 11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме до 20 баллов), рубежный контроль (в сумме до 5 баллов), выполнение каждой лабораторной работы (в сумме до 30 баллов), посещаемость занятий (в сумме до 7 баллов), активность в семестре (в сумме до 8 баллов) и итоговое мероприятие в форме зачёта с оценкой (до 30 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету.

Структура и график контрольных мероприятий приведены в журнале успеваемости на ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>).

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

Сумма баллов	Оценка
Менее 50	2
50 – 69	3
70 – 85	4
86 – 100	5

**Разработчик:**

Профессор кафедры общей физики, д.ф.-м.н.,



/ В.В. Лосев /

Рабочая программа дисциплины «Физика. Квантовая оптика. Атомная физика» по направлению подготовки 11.03.01 «Радиотехника», направленности (профилю) «Проектирование радиоинформационных систем» разработана на кафедре ОФ и утверждена на заседании кафедры 22.12 2020 года, протокол № 5

Заведующий кафедрой ОФ



/Н.И. Боргардт/

**Лист согласования**

Рабочая программа согласована с Институтом МПСУ

Зам. директор Института МПСУ по ОД



/К.С. Лялин/

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК



/И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки



/Т.П. Филиппова /