

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 01.09.2023 15:11:00

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» сентября 2023 г.

М.П.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Физика. Атомная физика. Строение вещества»

Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Направленность (профиль) - «Квантовые приборы и нанoeлектроника»

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.ФизАФСВ Способен использовать положения, законы и методы атомной физики и строения вещества для решения задач инженерной деятельности	<b>Знает</b> фундаментальные законы природы и основные физические законы атомной физики и строения вещества <b>Умеет</b> применять физические законы атомной физики и строения вещества для решения задач теоретического и прикладного характера <b>Имеет опыт</b> использования знаний физики в области атомной физики и строения вещества при решении практических задач
ОПК-2. Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2. ФизАФСВ Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных на основе навыков выполнения физического эксперимента по атомной физике и строению вещества	<b>Знает</b> способы оценки погрешности результатов измерений физического эксперимента по атомной физике и строению вещества <b>Умеет</b> выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования на основе навыков выполнения физического эксперимента по атомной физике и строению вещества <b>Имеет опыт</b> обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений физического эксперимента по атомной физике и строению вещества

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит 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		
2	4	5	180	32	16	16	80	Экзамен (36)

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
1 Элементы квантовой механики.	8	4	6	30	Выполнение и защита лабораторных работ
					Тестирование
2 Атомная физика.	14	8	4	30	Выполнение и защита лабораторных работ
					Тестирование
					Рубежный контроль (тестирование)
					Контрольная работа №1
3 Строение вещества.	10	4	6	20	Выполнение и защита лабораторных работ
					Тестирование
					Контрольная работа №2
					Выполнение и защита практико-ориентированного задания

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Корпускулярно-волновой дуализм. Гипотеза де Бройля. Опыты Дэвисона - Джермера. Соотношение неопределенностей. Оценка энергии основного состояния атома водорода и энергии нулевых колебаний осциллятора.
	2-4	6	Уравнение Шредингера. Волновая функция и ее физический смысл. Плотность вероятности. Операторы в квантовой механике. Среднее значение физической величины. Собственные функции и собственные значения. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния. Спектр энергий. Частица в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Туннельный эффект. Гармонический осциллятор. Операторы момента импульса и его проекции. Квантование момента импульса и его проекции. Сложение моментов в квантовой механике.
2	5	2	Атом водорода в квантовой механике. Уровни энергии и волновые функции электрона. Квантовые числа. Спектры щелочных металлов. Спин электрона.
	6-7	4	Многоэлектронные атомы. Магнитные свойства атома. Орбитальный и спиновый магнитные моменты электрона. Магнетон Бора. Опыт Штерна и Герлаха. Эффект Зеемана. Состояния электронов в атоме. Принцип Паули. Электронные оболочки. Периодическая система элементов Менделеева. Рентгеновские спектры атомов. Закон Мозли.
	8	2	Молекулы. Химическая связь. Ионная и ковалентная связи. Зависимость потенциальной энергии взаимодействия двух атомов от расстояния между ними. Молекула водорода. Энергия двухатомной молекулы. Электронная, колебательная вращательная энергии молекулы.
	9-10	4	Физика атомного ядра и элементарных частиц. Состав и характеристики атомных ядер. Ядерные силы. Свойства ядерных сил. Энергия связи ядер. Модели атомного ядра. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Ядерные реакции.

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
	11	2	Виды взаимодействий. Классы элементарных частиц. Частицы и античастицы. Фундаментальные частицы и фундаментальные взаимодействия.
3	12-13	4	Элементы статистической физики. Микро- и макросостояния. Статистическое описание микросостояния макросистемы. Статистический смысл энтропии.
	14	2	Порядок и беспорядок в природе. Энтропия как количественная мера хаотичности. Принцип возрастания энтропии.
	15	2	Явления переноса в газах. Средняя длина свободного пробега. Диффузия, вязкость и теплопроводность газов. Коэффициенты вязкости, диффузии и теплопроводности.
	16	2	Физическая картина мира. Особенности классической и неклассической физики. Основные достижения и проблемы субъядерной физики. Современные космологические представления.

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Волновые свойства микрочастиц.
	2	2	Одномерные задачи стационарного уравнения Шредингера.
2	3	2	Свойства атомов. Спектры.
	4	2	Магнитные свойства атомов. Контрольная работа №1
	5-6	4	Строение атомного ядра, элементарные частицы.
3	7	2	Статистические распределения. Энтропия.
	8	2	Явления переноса. Контрольная работа №2

#### 4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы		Наименование работы
	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	
1	1	2	Тепловое излучение
	2	2	Волны де Бройля и дифракция электронов
	3	2	Эффект Комптона
2	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

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	15	Работа с учебной литературой: работа с конспектами лекций, учебниками и учебными пособиями.
	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 обработки экспериментальных данных, подготовка ответов на контрольные вопросы.
	4	Выполнение домашних заданий для освоения тем практических занятий.
	2	Подготовка к контрольной работе 1
2	7	Работа с учебной литературой: работа с конспектами лекций, учебниками и учебными пособиями.
	3	Выполнение практико-ориентированного задания
	4	Работа с электронными модулями индивидуальной работы студентов
	4	Подготовка к лабораторным занятиям: подготовка конспекта лабораторной работы, изучение теоретического материала, схемы эксперимента, метода обработки экспериментальных данных, подготовка ответов на контрольные вопросы.
	8	Выполнение домашних заданий для освоения тем практических занятий.

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
	4	Подготовка к контрольной работе Подготовка к рубежному контролю.
3	4	Работа с учебной литературой: работа с конспектами лекций, учебниками и учебными пособиями.
	2	Выполнение практико-ориентированного задания
	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 обработки экспериментальных данных, подготовка ответов на контрольные вопросы.
	4	Выполнение домашних заданий для освоения тем практических занятий.
	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, URL: <http://orioks.miet.ru>):

#### **Модуль 1 «Элементы квантовой механики»**

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

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

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

#### **Модуль 2 «Атомная физика»**

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

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

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

#### **Модуль 3 «Строение вещества»**

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

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

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

## **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. Савельев И.В. Курс общей физики [Электронный ресурс] : В 5-ти т.: Учеб. пособие. Т. 3 : Молекулярная физика и термодинамика / И. В. Савельев. - 5-е изд. - СПб. : Лань, 2011. - 224 с. . URL: <https://e.lanbook.com/book/706> (дата обращения: 11.10.2020). - ISBN 978-5-8114-1209-9.
5. Иродов И. Е. Физика макросистем. Основные законы (Электронный ресурс) : Учеб. пособие для вузов / И.Е. Иродов. - 8-е изд., электронное. - М. : Издательство "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2020. - 210 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/135536> (дата обращения: 12.10.2020). ISBN 978-5-00101-826-1
6. Сивухин Д.В. Общий курс физики [Электронный ресурс] : Учеб. пособие. Т. 5 : Атомная и ядерная физика / Д.В. Сивухин. - 2-е изд., стер. - электронное. - М. : Физматлит, 2002. - 784 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2315> (дата обращения: 16.10.2020). - ISBN 5-9221-0230-3.

## **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», «Новости», электронная почта, WtatsApp.

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

Тестирование проводится в ОРИОКС (MOODLe).

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

Для самостоятельной работы студентов используются внешние электронные ресурсы.

Модуль 1.

«Корпускулярно волновой дуализм»: [https://www.youtube.com/watch?v=Qnywl9mnI\\_M](https://www.youtube.com/watch?v=Qnywl9mnI_M) (дата обращения 22.10 2020)

«Основы квантовой механики»: <https://www.youtube.com/watch?v=nFch2D1THGg> (дата обращения 22.10 2020)

Модуль 2.

«Строение атома»: <https://www.youtube.com/watch?v=P6QRiebuw50> (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	Лабораторная установка «Эффект Зеема-	Академические ли-

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
«Строения вещества-1» ауд. № 3330	на» Лабораторная установка «Комптоновское рассеяние» Лабораторная установка «Дифракция электронов» Лабораторная установка «Серия Бальмера» Лабораторная установка «Удельный заряд электрона» Лабораторная установка «Эксперимент Франка – Герца» Лабораторная установка «Эффект Холла в GE n-типа» Лабораторный комплекс «Опыт Франка-Герца» Лабораторный комплекс «Тепловое излучение» Лабораторный комплекс «Изучение электронной термоэмиссии» Персональный компьютер в комплекте Принтер	лицензии на ПО по проекту Azure Dev Tools for Teaching (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. ФизАФСВ Способен использовать положения, законы и методы атомной физики и строения вещества для решения задач инженерной деятельности

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

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 ФизАФСВ 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 неделю;
- 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:

- элементы квантовой механики;
- атомная физика;
- строение вещества, физическая картина мира.

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.

### **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 26 баллов), рубежный контроль (до 5 баллов), выполнение каждой лабораторной работы (в сумме до 17,5 баллов), посещаемость занятий (в сумме до 8 баллов), активность в семестре (в сумме до 3,5 баллов) и итоговое мероприятие в форме экзамена (до 40 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету.

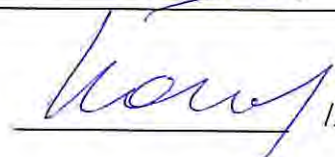
Структура и график контрольных мероприятий приведены в журнале успеваемости на ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>).

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.

 /А.И. Попов/

Рабочая программа дисциплины «Физика. Атомная физика. Строение вещества» по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилю) «Квантовые приборы и наноэлектроника» 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 выпускающей кафедрой КФН

Заведующий кафедрой КФН



/ А.А. Горбацевич /

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 /