



Основная профессиональная образовательная программа
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(Материалы микро- и наносистемной техники)


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологий

ОДОБРЕНО:

Руководитель ОП

 А.И.Александров
(подпись)

« 1 » сентября 20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

Квантовая и оптическая электроника

Уровень высшего образования:	бакалавриат
Квалификация выпускника:	бакалавр
Направление подготовки:	28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
Направленность (профиль) образовательной программы:	Материалы микро- и наносистемной техники

Иваново



Основная профессиональная образовательная программа
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(Материалы микро- и наносистемной техники)

1. Цели освоения дисциплины

Содержание дисциплины направлено на приобретение студентами знаний о физических основах квантовой и оптической электроники, принципах действия, возможностях и технических характеристиках квантовых и оптоэлектронных приборов и устройств. Задача учебного курса «Квантовая и оптическая электроника» состоит: в изучении процессов генерации лазерного излучения и его свойств; в приобретении практических умений расчета элементов квантовых и оптоэлектронных приборов; в изучении назначения и конструктивных особенностей квантовых и оптоэлектронных приборов; в ознакомлении с современным научно-техническим уровнем квантовой и оптической электроники. Дисциплина позволяет сформировать такой минимум физических, теоретических и фактических знаний, которые обеспечили возможность понимать и анализировать процессы, происходящие в квантовых оптических системах различного назначения.

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Квантовая и оптическая электроника» относится к дисциплинам формируемым участниками образовательных отношений (Б1.В.07) основной образовательной программы по направлению 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника"

Данная дисциплина базируется на знаниях, полученных студентами в процессе изучения дисциплин: «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Квантовая механика», «Электроника и схемотехника». Для освоения данной дисциплины обучающийся должен:

Знать: высшую математику, физику твердого тела и физику полупроводниковых приборов, теоретическую физику, включающую квантовую механику и электродинамику.

Уметь: анализировать результаты эксперимента; создавать адекватные физические и математические модели; проводить вычисления и анализировать результаты расчетов.

Иметь: практический опыт работы с современными радиоэлектронными и оптическими приборами.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

3.1. Компетенции, формированию которых способствует дисциплина

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

а) универсальные (УК):

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.

в) профессиональные (ПК):

ПК-4 Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом базовых принципов функционирования и конструкции типовых микро- и наноразмерных электромеханических систем при их проектировании.

3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения формируемых компетенций

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

физическую сущность процессов, протекающих при взаимодействии электромагнитного (оптического) излучения с веществом, возможности и технические характеристики приборов и



Основная профессиональная образовательная программа
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(Материалы микро- и наносистемной техники)

устройств квантовой и оптической электроники; области их применения в современной науке и технике.

Уметь:

исследовать основные электрические и оптические характеристики квантовых и оптоэлектронных приборов.

Иметь практический опыт:

расчета, построения и применения оптических квантовых генераторов и элементов электронных приборов и устройств.

4. Объем и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 академических часов):

4.1. Содержание дисциплины по разделам (темам), соотнесенное с видами и трудоемкостью занятий лекционно-семинарского типа

Объем иной контактной работы и самостоятельной работы обучающегося по дисциплине указан в учебном плане образовательной программы.

№ п/п	Разделы (темы) дисциплины	Семестр	Виды занятий, их объем (в ак. часах, по очной форме обучения)		Формы текущего контроля успеваемости (по очной форме обучения)
			Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Формы промежуточной аттестации
1.	Введение. Предмет дисциплины и ее задачи. Основные понятия и определения. Элементная база оптоэлектроники. История создания и развития квантовой электроники.	6	4	4 практ. занятие	Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов. Список вопросов, интересующих студента по содержанию дисциплины (сдается в письменном виде)
2.	Взаимодействие электромагнитного излучения с атомами и молекулами оптических сред	6	4	4 лабор. занятие	Отчет по практическим и лабораторным занятиям, допуск к выполнению эксперимента
3.	Усиление и генерация электромагнитного излучения оптического диапазона	6	4	4 практ. занятие	Отчет по практическим и лабораторным занятиям, допуск к выполнению эксперимента. Защита реферата.
4.	Свойства лазерного излучения. Распространение и преобразование лазерных пучков.	6	4	4 лабор. занятие	Отчет по практическим и лабораторным занятиям, допуск к выполнению эксперимента
5.	Твердотельные и жидкостные лазеры	6	4	4 практ. занятие	Отчет по практическим и лабораторным занятиям, допуск к выполнению эксперимента. Защита реферата.



Основная профессиональная образовательная программа
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(Материалы микро- и наносистемной техники)

6.	Газовые лазеры	6	4	4 лабор. занятие	Отчет по практическим и лабораторным занятиям, допуск к выполнению эксперимента
7.	Физические основы генерации света в полупроводниках. Полупроводниковые источники некогерентного излучения. Полупроводниковые лазеры.	6	4	4 практ. занятие	Отчет по практическим и лабораторным занятиям, допуск к выполнению эксперимента. Защита реферата.
8.	Основы нелинейной оптики	6	4	4 лабор. занятие	Отчет по практическим и лабораторным занятиям, допуск к выполнению эксперимента
9.	Фотоприемники и приборы управления оптическим излучением. Оптические методы передачи, обработки и хранения информации	6	2	6 практ. занятие	Отчет по практическим и лабораторным занятиям, допуск к выполнению эксперимента. Защита реферата. Допуск к экзамену
Итого по дисциплине:			34	34	Экзамен

4.2. Развернутое описание содержания дисциплины по разделам (темам)

Введение. Предмет дисциплины и ее задачи. Основные понятия и определения. Элементная база оптоэлектроники. История создания и развития квантовой электроники.

Взаимодействие электромагнитного излучения с атомами и молекулами оптических сред. Описание электромагнитного излучения. Оптический диапазон электромагнитных волн. Элементы квантовой теории излучения. Энергетические состояния атомов и молекул. Квантовые переходы. Вероятность перехода. Правила отбора для электронных переходов. Поглощение, спонтанное и индуцированное излучение, Коэффициенты Эйнштейна. Форма и ширина спектральных линий. Уширение спектральных линий.

Усиление и генерация электромагнитного излучения оптического диапазона. Принцип работы лазеров. Инверсия населенностей. Методы накачки. Кинетические уравнения. Двух-, трех- и четырехуровневые схемы работы. Пороговая мощность источника накачки. Оптические резонаторы. Добротность резонатора. Потери в оптических резонаторах. Собственные типы колебаний – моды. Требования к резонаторам оптического диапазона. Типы резонаторов. Спектральные характеристики и распределение поля. Условие устойчивости. Селекция мод.

Условие самовозбуждения лазеров. Насыщение усиления. Одномодовая и многомодовая генерация. Модуляция добротности резонатора. Синхронизация мод и сверхкороткие лазерные импульсы.

Свойства лазерного излучения. Распространение и преобразование лазерных пучков. Монохроматичность. Пространственная и временная когерентность. Направленность лазерного излучения. Яркость. Гауссовы пучки. Распространение и преобразование гауссовых пучков. Оптические свойства атмосферы. Методы формирования лазерных пучков. Фокусировка лазерных пучков.

Твердотельные и жидкостные лазеры



Основная профессиональная образовательная программа
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(Материалы микро- и наносистемной техники)

Общая характеристика и конструкция твердотельных лазеров. Активные материалы. Требования к матрицам и активаторам. Рубиновый лазер. Лазеры на кристаллах и стеклах, активированных неодимом. Общая характеристика и конструкция жидкостных лазеров. Лазеры на органических красителях. Перестройка частоты жидкостных лазеров.

Газовые лазеры

Общая характеристика и конструкция газовых лазеров. Процессы в газовом разряде. Гелий – неоновый лазер. Ионные газовые лазеры. Лазеры на парах металлов. Лазеры на молекулярных газах. Газоразрядные CO_2 – лазеры. Газодинамические лазеры. Эксимерные лазеры. Химические лазеры.

Физические основы генерации света в полупроводниках. Полупроводниковые источники некогерентного излучения. Полупроводниковые лазеры.

Люминесценция полупроводников. Механизмы излучательной рекомбинации. Связь спектров поглощения и люминесценции. Квантовый выход и эффективность люминесценции. Гетеропереходы в полупроводниках. Свойства гетеропереходов. Фотоэлектрические эффекты в гетеропереходах. Общая характеристика и особенности светодиодов. Светодиоды на основе полупроводников с прямой и непрямой структурой энергетических зон.

Светодиоды на гетеропереходах. Суперлюминесцентные диоды. Полупроводниковые лазеры. Требования к активным материалам. Инжекционные лазеры на гетеропереходах. Лазеры с использованием квантово-размерных эффектов. Полупроводниковые лазеры с электронной накачкой.

Основы нелинейной оптики.

Поляризация среды в поле высокоинтенсивного лазерного излучения. Среда с квадратичной нелинейностью. Генерация гармоник, оптическое детектирование. Фазовый синхронизм и его реализация. Среда с кубической нелинейностью. Самофокусировка волновых пучков. Вынужденное комбинационное рассеяние света.

Фотоприемники и приборы управления оптическим излучением. Оптические методы передачи, обработки и хранения информации.

Классификация и основные параметры приемников оптического излучения.

Фотоэлектрические эффекты в однородных кристаллах. Фотоэлектрические эффекты в p-n – переходах. Полупроводниковые фотоприемники: фотодиоды, фототранзисторы, фоторезисторы. Многоэлементные фотоприемники. Приемники оптических изображений. Приборы с зарядовой связью в качестве фотоприемников. Фотоэлектрические преобразователи солнечного излучения. Особенности приборов управления оптическим излучением. Модуляторы лазерного излучения. Приборы нелинейной оптики. Характеристика и особенности оптической связи. Структурные элементы оптоэлектроники. Оптроны. Передача оптических сигналов по световодам. Волоконно-оптические линии связи. Принципы голографии. Свойства голограмм. Оптические методы обработки информации.

5. Образовательные технологии

С целью повышения эффективности обучения физике как на лекциях, так и на практических занятиях используются современные образовательные технологии: **информационно-коммуникационные, проблемного обучения, развития критического мышления, исследовательские методы.** При самостоятельной работе студентов применяются **дистанционные формы обучения.**

На лекционных занятиях используются мультимедийные презентации, цифровые обучающие программы, компьютерные фильмы, что позволяет доступно излагать учебный материал. Многие студенты, имеющие дома компьютер, используют обучающие программы для



Основная профессиональная образовательная программа
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(Материалы микро- и наносистемной техники)

выполнения творческого домашнего задания, с результатами которого выступают на лекциях. Это позволяет контролировать самостоятельную работу студентов, расширять их образовательную среду.

В современных условиях обучения в высшей школе особое значение придается различным интерактивным формам и методам обучения, которые основаны на диалоговых формах познания. Определенное значение при этом отводится учебным фильмам. Такие фильмы могут использоваться в качестве вспомогательного средства на занятиях. Применяется они, как правило, в тех случаях, когда учебный материал недоступен для восприятия в обычном формате учебного процесса. В арсенале лаборатории демонстрационного эксперимента много различных обучающих и научных фильмов по различной тематике.

Использование **проблемного обучения** позволяет студентам почувствовать сложность физических явлений, понять их суть, побудить их к самостоятельному решению проблемы, ее осмыслению, попытаться поставить себя на место изобретателя, испытать удовлетворение от интеллектуального труда. Использование технологии проблемного обучения предусматривает на занятиях по оптике актуализировать опорных знания; возникновение проблемной ситуации; нахождение способа решения путем догадки или выдвижения гипотезы; доказательство гипотезы или догадки; проверка правильности решения проблемы. Проблемное обучение использую на этапе объяснения нового материала в форме проблемного изложения и поисковой (эвристической) беседы, на завершающем этапе закрепления пройденного материала и при повторении при решении творческих задач, в ходе самостоятельной работы, исследовательских заданий теоретического и экспериментально-исследовательского характера.

Использование технологии **проблемного обучения** позволяет научить студентов самостоятельно мыслить, самостоятельно получать знания, анализировать и делать выводы. При проблемном подходе к обучению есть возможность уйти от механического запоминания. Когда ставится проблема, создается тем или иным способом проблемная ситуация, у студентов появляется интерес, они активно включаются в процесс решения проблемы - все это способствует лучшему усвоению материала, причем большая часть усваивается непроизвольно. Предварительно подготовив специальное содержание изучаемого материала, в группах с высоким уровнем сформированности умений самостоятельной работы, используются технологии развития критического мышления. Критическое мышление проявляется в разумном рассмотрении разнообразия подходов, выработке различных аргументов с тем, чтобы вынести обоснованные суждения и независимые продуманные решения. Ориентация на критическое мышление предполагает, что ничто не принимается на веру и каждый студент, невзирая на авторитеты, вырабатывает свое мнение в контексте изучаемого материала. Большое роль в формировании проблемного обучения играют компьютерные программы моделирующие реальные электрические цепи, радиоэлектронные устройства и элементы и возможность сравнения виртуальных результатов с реальным экспериментом.

Технологии использования **исследовательских методов** применяются как при организации и проведении исследовательских лабораторных работ, так и при самостоятельной работе. Создаются условия, при которых студенты самостоятельно и охотно приобретают недостающие знания из различных источников; учатся пользоваться приобретенными знаниями для решения познавательных и практических задач; приобретают коммуникативные умения, работая в парах, группах; развивают исследовательские умения при выявлении проблем, сборе информации, проведении наблюдений и эксперимента, анализе, построении гипотез, обобщении; развивают системное мышление.

Использование данной технологии во внеурочное время помогает организовать научно-исследовательскую деятельность студентов. При этом студенты обучаются грамотно выполнять, оформлять и презентовать свои исследования.



Основная профессиональная образовательная программа
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(Материалы микро- и наносистемной техники)

Большую помощь оказывает ЭИОС «Мой университет» это свободная система управления обучением, ориентированная прежде всего на организацию взаимодействия между преподавателем и студентом, хотя подходит и для организации традиционных дистанционных курсов, а так же поддержки и очного обучения.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Наиболее эффективным способом формирования и контроля самостоятельной работы студентов является Система электронной поддержки образовательного процесса «Мой университет» <https://uni.ivanovo.ac.ru>. Используя ЭИОС преподаватель может создавать курсы, наполняя их содержимым в виде текстов, вспомогательных файлов, презентаций, опросников, тестов и т.п. Для использования ЭИОС «Мой университет» достаточно иметь любой web-браузер, что делает использование этой учебной среды удобной как для преподавателя, так и для обучающихся. По результатам выполнения студентами заданий, преподаватель может выставять оценки и давать комментарии. Таким образом ЭИОС «Мой университет» является и центром создания учебного материала и обеспечения интерактивного взаимодействия между участниками учебного процесса.

В среде ЭИОС студентам предлагается:

Основная и дополнительная литература; электронные источники информации по курсу «Квантовая и оптическая электроника»; фильмы и презентации; набор экспериментальных задач для самостоятельного решения; список вопросов к экзаменам; методические указания для выполнения лабораторного практикума; список вопросов (тестов) для допуска к выполнению лабораторных работ. Преподаватель имеет возможность виртуального общения со студентами, проводить консультации, задавать и отвечать на вопросы, оценивать работу студентов в системе ЭИОС.

7. Характеристика оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Основными видами аудиторной работы являются лекции, практические и лабораторные занятия. В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные понятия темы, связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации к самостоятельной работе.

Бакалаврская подготовка предполагает практико-ориентированное обучение. По этой причине основной формой изучения курса является практические и лабораторные занятия. Они служат средством контроля преподавателем уровня подготовленности студентов; закрепления изученного материала; развития умения и навыков решения задач, проведения лабораторного эксперимента, анализа результатов научных исследований, подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссий, аргументации и защиты выдвигаемых положений.

Формы текущего контроля:

- тестирование в среде ЭИОС «Мой университет» при подготовке к выполнению лабораторного практикума;
- творческие домашние задания;
- проверка выполнения индивидуальных домашних заданий;
- различные виды коллоквиумов (письменный, устный);
- контроль выполнения и проверка отчетности по лабораторным работам;
- собеседование, консультации в среде ЭИОС;



Основная профессиональная образовательная программа
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(Материалы микро- и наносистемной техники)

Возможны и другие формы текущего контроля, которые определяются преподавателями кафедры и фиксируются в ФОС.

Текущий контроль проводится в период аудиторной и самостоятельной работы студента в установленные сроки по расписанию.

Промежуточная аттестация по дисциплине (сессия) - это форма контроля, проводимая по завершению больших разделов теоретического материала. Традиционно, дисциплины вариативного цикла заканчиваются зачетом (допуском к экзамену) по практическим занятиям и экзаменационным контролем по теории дисциплины.

В промежуточную аттестацию по дисциплине «Квантовая и оптическая электроника» включаются следующие формы контроля:

- защита по лабораторному практикуму как допуск к экзамену, или подготовка реферата по темам дисциплины;
- экзамен (устный);

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная учебная литература

1. Шангина, Л.И. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Л.И. Шангина. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 303 с. ; То же [Электронный ресурс]. –

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208584>

2. Иванов, И.Г. Основы квантовой электроники : учебное пособие / И.Г. Иванов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет», Физический факультет. - Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2011. - 174 с. - библиогр. с: С. 168-169. - ISBN 978-5-9275-0873-0 ; То же [Электронный ресурс]. –

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241055>

3. Карлов Н. В. Лекции по квантовой электронике - Москва: Наука, 1988- 322 с. ; То же [Электронный ресурс]. –

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=45404>

Дополнительная учебная литература

1. Квантовая электроника / . - Москва : Изд-во "Наука", 1968. - 52 с. - (Сборники рекомендуемых терминов. Выпуск 75). ; То же [Электронный ресурс]. –

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=116431>

2. Евсеев, И.В. Когерентные переходные процессы в оптике / И.В. Евсеев, Н.Н. Рубцова, В.В. Самарцев. - Москва : Физматлит, 2009. - 536 с. - ISBN 978-5-9221-1199-7 ; То же [Электронный ресурс]. –

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68554>



Основная профессиональная образовательная программа
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(Материалы микро- и наносистемной техники)

3. Квантовые и оптические процессы в твердых телах: теория и практика : учебное пособие / Н.Н. Безрядин, Т.В. Прокопова, А.В. Линник и др. ; науч. ред. Н.Н. Безрядин ; Министерство образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий». - Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2015. - 153 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. –

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=336036>

4. Актуальные проблемы науки и индустрии фотоники и оптоинформатики : сборник статей: учебное пособие - Томск: ТУСУР, 2013

Актуальные проблемы науки и индустрии фотоники и оптоинформатики: сборник статей : учебное пособие / под ред. В.М. Шандарова, С.М. Шандарова, В.В. Шепелевич ; Министерство образования и науки Российской Федерации. - Томск : ТУСУР, 2013. - 275 с. : ил.,табл., схем. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. –

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480498>

5. Куш, Г.Г. Приборы и устройства оптического и СВЧ диапазонов : учебное пособие / Г.Г. Куш, Ж.М. Соколова, Л.И. Шангина. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 413 с. ; То же [Электронный ресурс]. –

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208585>

6. Васильев, Г.М. Кинетические и транспортные процессы в молекулярных газовых лазерах / Г.М. Васильев, С.А. Жданок. - Минск : Белорусская наука, 2010. - 206 с. - ISBN 978-985-08-1177-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=86677>

7. Хомич, В.Ю. Основы создания систем электроразрядного возбуждения мощных CO₂-, N₂- и F₂-лазеров / В.Ю. Хомич, В.А. Ямщиков. - Москва : Издательство Физматлит, 2014. - 165 с. - ISBN 978-5-9221-1583-4 ; То же [Электронный ресурс]. -

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=469621>

8. Складов, О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи / О.К. Складов. - Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2009. - 266 с. - (Библиотека инженера). - ISBN 5-98003-147-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=117684> .

9. Делоне, Н.Б. Нелинейная оптика / Н.Б. Делоне. - Москва : Физматлит, 2003. - 64 с. - (Библиотека физико-математической литературы для школьников и студентов). - ISBN 5-9221-0428-4 ; То же [Электронный ресурс]. –

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68862>.

10. Ефанов, В.И. Физика и техника оптической связи : учебное пособие / В.И. Ефанов. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2006. - 166 с. ; То же [Электронный ресурс]. –

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208654>.

11. Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника. – М.: «Высшая школа», 2001. – 573 с.

12. Григорьев Ф.И. Полупроводниковые источники излучения. – М.: МИЭМ, 2004. – 44 с.

13. Григорьев Ф.И. Оптоэлектронные приборы на основе полупроводниковых



Основная профессиональная образовательная программа
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(Материалы микро- и наносистемной техники)

- наноструктур. – М.: МИЭМ, 2011. – 35 с.
14. Розеншер Э., Винтер Б. Оптоэлектроника. – М.: Техносфера, 2004. – 592 с.
15. Дудкин В.И., Пахомов Л.Н. Квантовая электроника. Приборы и их применения - М.: Техносфера, 2006. – 432 с.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

Система электронной поддержки образовательного процесса «Мой университет»
<https://uni.ivanovo.ac.ru>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru;
<http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/ebs-universitetskaya-biblioteka>
Электронная библиотека ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/elibnew>

Электронный каталог НБ ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/ek>

Программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных программ Microsoft Office и(или) LibreOffice, интернет-браузер Microsoft Edge и(или) Yandex Browser.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории:

- для проведения занятий лекционного типа с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения, служащими для предоставления учебной информации большой аудитории;
- для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения;
- для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, выполнения курсовых работ (проектов) с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения (*последнее выбирается при наличии курсовой работы (проекта) по дисциплине*).

Лаборатории, оснащенные лабораторным оборудованием, комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное комплектом специализированной учебной мебели, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ЭИОС.

Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия для занятий лекционного типа, обеспечивающие тематические иллюстрации.

ауд., лаб.	Название аудитории, лаборатории	Перечень основного используемого оборудования
318	Лекционная аудитория	Ноутбук, мультимедийный проектор, колонки JBL, ЖК - панель, экран, DVD-проигрыватель.
316	Лаборатория демонстрационного эксперимента	Комплект оборудования для демонстрации физических экспериментов по оптике и квантовой электронике. Видео фильмы.



Основная профессиональная образовательная программа
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(Материалы микро- и наносистемной техники)

217	Лаборатория нанотехнологий.	Рентгеновское, оптическое и спектральное научно-исследовательское оборудование фирмы LD Didactic
218	Лаборатория радиофизики и электроники.	Комплект научно-исследовательских установок по аналоговой части курса «Радиофизика и электроника»

Авторы рабочей программы дисциплины: доцент, кандидат физико-математических наук, зав. кафедрой ФФиН Л.И. Минеев, доцент, кандидат технических наук Новиков В.В.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры фундаментальной физики и нанотехнологий 31 августа 2022 г., протокол № 1

Программа обновлена
протокол заседания кафедры № _____ от «_____» _____ 20__ г.
Согласовано:
Руководитель ОП _____
(подпись)

Программа обновлена
протокол заседания кафедры № _____ от «_____» _____ 20__ года
Согласовано:
Руководитель ОП _____

Программа обновлена
протокол заседания кафедры № _____ от «_____» _____ 20__ года
Согласовано:
Руководитель ОП _____
(подпись)

Программа обновлена
протокол заседания кафедры № _____ от «_____» _____ 20__ года
Согласовано:
Руководитель ОП _____

Приложение 1. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Приложение 2. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.