

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Лазерная и оптическая измерительная электроника

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ВВЕДЕНИЕ В КВАНТОВУЮ ЭЛЕКТРОНИКУ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.12.02.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	2 семестр - 32 часа;
Практические занятия	2 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	2 семестр - 16 часов;
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 113,5 часов;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Контрольная работа Дискуссия	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Паршин В.А.
	Идентификатор	R683b30a4-ParshinVA-d4b11303

В.А. Паршин

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6

Н.М.
Скорнякова

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скорнякова Н.М.
	Идентификатор	R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6

Н.М.
Скорнякова

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение взаимодействия оптического излучения с веществом, законов матричной оптики и устройства и принципа работы различных типов лазеров.

Задачи дисциплины

- Изучение основных принципов работы лазеров и характеристик лазерного излучения;
- Формирование представления о взаимодействии оптического излучения с веществом;
- Освоение основных приёмов расчёта параметров лазерного излучения.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен проводить, сопровождать работы, организовывать обучение персонала по проектированию и конструированию лазерных и оптических измерительных приборов и комплексов	ИД-2 _{ПК-1} Умеет решать изобретательские задачи и разрабатывать инновационные приборы квантово-оптических систем и комплексов	знать: - Механизмы работы систем квантовой и оптической электроники; - Основные понятия квантовой и оптической электроники; - Устройство и принципы работы лазеров, а также алгоритмы расчёта характеристик их излучения. уметь: - Выбирать рациональные пути решения базовых задач по расчёту параметров систем квантовой и оптической электроники, а также по преобразованию лазерного излучения оптической системой; - Проводить расчёт характеристик квантовых систем и лазерного излучения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Лазерная и оптическая измерительная электроника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные физические явления и основные законы физики; границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях
- знать назначение и принципы действия оптических измерительных приборов (как минимум – на базовом уровне).
- уметь истолковывать смысл физических величин и понятий
- уметь использовать методы физического и математического моделирования, а также применять методы физико-математического анализа к решению конкретных естественнонаучных и технических проблем

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Основные понятия оптики и квантовой электроники	38.0	2	9	3.0	6	-	-	-	-	-	20	-	<p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Основные понятия оптики и квантовой электроники" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Основные понятия оптики и квантовой электроники" материалу.</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основные понятия оптики и квантовой электроники"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Основные понятия оптики и квантовой электроники и подготовка к контрольной работе</p>	
1.1	Главные термины оптики и квантовой электроники	7.5		2	0.5	1	-	-	-	-	-	-	4		-
1.2	Взаимодействие оптического излучения с веществом	8.5		2	0.5	2	-	-	-	-	-	-	4		-
1.3	Механизмы создания инверсии населённости	11		3	1	1	-	-	-	-	-	-	6		-
1.4	Спектральные характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах	11		2	1	2	-	-	-	-	-	-	6		-

													<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные понятия оптики и квантовой электроники"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основные понятия оптики и квантовой электроники" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 4-7, 15-23, 28-30, 23-28 [4], 25-30, 36-44 [6], 3-42 [7], 7-23, 71-95, 138-144 [8], 7-27, 51-52 [9], 42-56</p>
2	Общий принцип работы лазеров	58	10	9	10	-	-	-	-	-	29	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Общий принцип работы лазеров" материалу.</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Общий принцип работы лазеров" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по</p>
2.1	Устройство лазеров и принцип работы	11	2	2	2	-	-	-	-	-	5	-	
2.2	Оптические резонаторы	14	2	2	2	-	-	-	-	-	8	-	
2.3	Формирование свойств лазерного излучения	16	2	2	4	-	-	-	-	-	8	-	
2.4	Прохождение лазерного излучения через оптическую систему. Метод лучевых матриц	17	4	3	2	-	-	-	-	-	8	-	

													представленным письменным работам. <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Общий принцип работы лазеров и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Общий принцип работы лазеров" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Общий принцип работы лазеров" <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Общий принцип работы лазеров" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 40-58, 130-134 [2], 7-15, 33-63 [3], 5-24, 41-71, 81-85, 91-103 [4], 31-35, 223-244 [5], 3-12, 16-28 [7], 51-69, 135-138 [8], 24-60, 73-83, 98-106
3	Принцип работы различных видов лазеров	48.0	13	4.0	-	-	-	-	-	-	31	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Принцип работы различных видов лазеров" <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Принцип работы различных видов лазеров" <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
3.1	Газовые лазеры	12	3	2	-	-	-	-	-	-	7	-	
3.2	Твердотельные лазеры	10.5	3	0.5	-	-	-	-	-	-	7	-	
3.3	Волоконные лазеры	7.5	2	0.5	-	-	-	-	-	-	5	-	
3.4	Полупроводниковые лазеры	10.5	3	0.5	-	-	-	-	-	-	7	-	
3.5	Обеспечение импульсного режима генерации лазеров	7.5	2	0.5	-	-	-	-	-	-	5	-	[4], 245-382 [6], 296-311 [7], 139-144, 200-207, 212-218, 220-250 [8], 83-97, 118-126, 137-166, 169-193, 198-

														212, 223-227 [9], 56-60, 155-189
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	Всего за семестр	180.0	32	16.0	16	-	2	-	-	0.5	80	33.5		
	Итого за семестр	180.0	32	16.0	16		2		-	0.5		113.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Основные понятия оптики и квантовой электроники

1.1. Главные термины оптики и квантовой электроники

Фундаментальные термины физической и квантовой оптики, основные параметры и свойства ЭМ-излучения. Волна, распространяющаяся в вакууме; плоская и сферическая волна..

1.2. Взаимодействие оптического излучения с веществом

Квантовая теория света. Механизмы излучательных переходов в атоме: спонтанное излучение, вынужденное поглощение, вынужденное излучение. Уравнения связи параметров излучения. Изотропная среда; прохождение излучения через изотропную среду. Закон Бугера: поглощение и усиление излучения. Логарифмический коэффициент усиления, эффективное сечение поглощения и усиления..

1.3. Механизмы создания инверсии населённости

Распределение Больцмана, стабильность уровней. Накачка среды. Двухуровневая, трёхуровневая и четырёхуровневая система..

1.4. Спектральные характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах

Фурье-преобразование. Уширение спектральной линии: однородное и неоднородное. Степень однородности уширения. Степень монохроматичности. Когерентность, примеры когерентных и некогерентных источников..

2. Общий принцип работы лазеров

2.1. Устройство лазеров и принцип работы

История возникновения лазеров. Принципиальная схема лазера. Функция элементов принципиальной схемы лазера. Принцип работы лазера. Полный показатель усиления. Классификация лазеров. Применение лазеров. Виды систем накачки активной среды. КПД лазера..

2.2. Оптические резонаторы

Классификация резонаторов по различным признакам. Способы вывода излучения из резонатора. Основные параметры резонаторов и правила знаков для зеркал резонатора. Устойчивость двухзеркального резонатора и параметры конфигурации. Добротность резонатора, условие порога генерации и кривые начала генерации. Однородное насыщение усиления. Виды двухзеркальных резонаторов. Условие концентричности и конфокальности. Метод конфокального резонатора и конфокальный параметр..

2.3. Формирование свойств лазерного излучения

Собственные типы волн двухзеркального резонатора. Моды: понятие TEM_{nm} . Продольные и поперечные моды. Полиномы Эрмита-Гаусса. Селекция мод. Гауссов пучок (ГП): основные свойства и параметры. Продольная и поперечная структура ГП. Понятие ближней и дальней зоны ГП. Параметр качества пучка M^2 . Поляризация лазерного излучения: брьюстеровские окна. Монохроматичность, когерентность и направленность лазерного излучения. Расчёт параметров ГП в двухзеркальном оптическом резонаторе..

2.4. Прохождение лазерного излучения через оптическую систему. Метод лучевых матриц

Общее описание принципа работы матричного метода и границ его применимости. Понятие оптической оси. Вектор-столбец входных и выходных параметров луча. Матрицы различных оптических элементов и правила знаков. Матрица сложной оптической системы. Применение матричного метода для ГП. Фокусировка и коллимация ГП..

3. Принцип работы различных видов лазеров

3.1. Газовые лазеры

Типы газовых лазеров: лазеры на атомарных смесях, ионные лазеры, лазеры на парах металлов, лазеры на молекулярных смесях, газодинамические и химические лазеры, эксимерные лазеры. Неоднородное насыщение: провалы Беннета и Лэмба в газовых средах, ключевые особенности газовых лазеров..

3.2. Твердотельные лазеры

Варианты оптической накачки активного элемента: ламповая, светодиодная, диодно-лазерная накачка. Охлаждение активного элемента. Основные виды твердотельных лазеров: рубиновый, YAG:Nd, перестраиваемые по частоте лазеры, дисковые лазеры. Ключевые особенности твердотельных лазеров..

3.3. Волоконные лазеры

Общий принцип работы и схема волоконных лазеров. Активные элементы волоконных лазеров. Главные особенности волоконных лазеров..

3.4. Полупроводниковые лазеры

Типы полупроводниковых лазеров. Принцип работы. Структурная схема, активные элементы. Лазеры на гомо- и гетеропереходе. Лазерные диоды (ЛД) на квантовых ямах. Формирование излучения в полупроводниковых лазерах. Диаграмма направленности и состояние поляризации излучения ЛД. Ключевые особенности полупроводниковых лазеров..

3.5. Обеспечение импульсного режима генерации лазеров

Режим свободной генерации. Режим модуляции добротности: пассивная и активная модуляция добротности. Режим разгрузки резонатора. Режим синхронизации мод..

3.3. Темы практических занятий

1. Основные параметры электромагнитного излучения;
2. Формирование лазерного излучения в резонаторе. Гауссов пучок;
3. Спектральные свойства излучения;
4. Взаимодействие излучения с веществом. Закон Бугера-Ламберта-Бера;
5. Распределение Больцмана. Взаимодействие излучения с веществом;
6. Усиление и генерация оптического излучения в активной среде. Лазерные резонаторы.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Изучение пространственных характеристик лазерного излучения;
2. Измерение коэффициента использования элементов твердотельных лазеров;
3. Определение коэффициента распространения пучка M2;
4. Формирование лазерного пучка, обладающего малой расходимостью;
5. Измерение ватт-амперной характеристики He-Ne лазера;

6. Исследование пространственных характеристик лазерного пучка, преобразованного линзой.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные понятия оптики и квантовой электроники"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Общий принцип работы лазеров"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Принцип работы различных видов лазеров"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)			Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	
Знать:					
Устройство и принципы работы лазеров, а также алгоритмы расчёта характеристик их излучения	ИД-2ПК-1	+	+	+	Дискуссия/Защита лабораторных работ
Основные понятия квантовой и оптической электроники	ИД-2ПК-1	+			Тестирование/Тест №1
Механизмы работы систем квантовой и оптической электроники	ИД-2ПК-1	+		+	Тестирование/Тест №2
Уметь:					
Проводить расчёт характеристик квантовых систем и лазерного излучения	ИД-2ПК-1	+			Контрольная работа/Контрольная работа №1
Выбирать рациональные пути решения базовых задач по расчёту параметров систем квантовой и оптической электроники, а также по преобразованию лазерного излучения оптической системой	ИД-2ПК-1		+		Контрольная работа/Контрольная работа №2

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2 (Контрольная работа)
3. Тест №1 (Тестирование)
4. Тест №2 (Тестирование)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Защита лабораторных работ (Дискуссия)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Джеррард, А. Введение в матричную оптику : пер. с англ. / А. Джеррард, Д. М. Берч . – М. : Мир, 1978 . – 341 с.;
2. Ищенко, Е. Ф. Квантовая и оптическая электроника : Учебное пособие по курсу "Квантовая и оптическая электроника" по направлению "Электроника и микроэлектроника" / Е. Ф. Ищенко, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2004 . – 76 с. - ISBN 5-7046-1071-4 .
[http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=4422;](http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=4422)
3. Ищенко, Е. Ф. Открытые оптические резонаторы: Некоторые вопросы теории и расчеты : Курс лекций / Е. Ф. Ищенко, Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Советское радио, 1980 . – 208 с.;
4. Близнюк, В. В. Квантовые источники излучения : основные понятия, характеристики, терминология, принцип работы широкого круга источников излучений, особенности применения и методы инженерных расчетов / В. В. Близнюк, С. М. Гвоздев . – М. : ВИГМА, 2006 . – 400 с. - Книга посвящена 100-летию со дня рождения академика В.А. Фабриканта . - ISBN 5-89366-023-4 .;
5. Характеристики лазерного излучения. Лабораторные работы N 1-6 : учебное пособие по курсу "Оптические и квантовая электроника" по направлению "Электроника и микроэлектроника" / Э. Б. Бадамшина, В. В. Близнюк, Д. В. Лепешкин, А. Л. Соколов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 40 с. - ISBN 978-5-383-00104-2 .;

6. Панов, М. Ф. Физические основы фотоники : учебное пособие для вузов по направлениям: "Электроника и наноэлектроника", "Нанотехнологии и микросистемная техника" / М. Ф. Панов, А. В. Соломонов . – СПб. : Лань-Пресс, 2017 . – 564 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-2319-4 .;
7. Киселев, Г. Л. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Г. Л. Киселев . – 3-е изд., стер . – СПб. : Лань-Пресс, 2017 . – 316 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-1114-6 .;
8. Борейшо, А. С. Лазеры: устройство и действие : учебное пособие для вузов по направлениям подготовки бакалавриата "Лазерная техника и лазерные технологии", "Фотоника и оптоинформатика" / А. С. Борейшо, С. В. Ивакин . – 2-е изд., стер . – СПб. : Лань-Пресс, 2017 . – 304 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-2088-9 .;
9. Игнатов А. Н.- "Оптоэлектроника и нанофотоника", (2-е изд., перераб. и доп.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2017 - (596 с.)
<https://e.lanbook.com/book/95150>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
4. SmathStudio.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Журналы American Chemical Society - <https://www.acs.org/content/acs/en.html>
12. Журналы American Institute of Physics - <https://www.scitation.org/>
13. Журналы American Physical Society - <https://journals.aps.org/about>
14. База данных издательства Annual Reviews Science Collection - <https://www.annualreviews.org/>
15. База данных Association for Computing Machinery Digital Library - <https://dl.acm.org/about/content>
16. Журналы издательства Cambridge University Press - <https://www.cambridge.org/core>
17. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
18. База данных Computers & Applied Sciences Complete (CASC) - <http://search.ebscohost.com>
19. База данных INSPEC на платформе компании EBSCO Publishing - <http://search.ebscohost.com>
20. Журналы Institute of Physics (IOP), Великобритания - <https://iopscience.iop.org/>

21. Журналы научного общества **Optical Society of America (OSA)** - <https://www.osapublishing.org/about.cfm>
22. Патентная база **Orbit Intelligence** компании **Questel** - <https://www.orbit.com/>
23. Журналы издательства **Oxford University Press** - <https://academic.oup.com/journals/>
24. База данных диссертаций **ProQuest Dissertations and Theses Global** - <https://search.proquest.com/pqdtglobal/index>
25. Журналы **Royal Society of Chemistry** - <https://pubs.rsc.org/>
26. Журналы издательства **SAGE Publication (Sage)** - <https://journals.sagepub.com/>
27. Журнал **Science** - <https://www.sciencemag.org/>
28. Журналы научного общества **Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Digital Library** - <https://www.spiedigitallibrary.org/>
29. Коллекция журналов **Taylor & Francis Group** - <https://www.tandfonline.com/>
30. Журналы по химии **Thieme Chemistry Package** компании **Georg Thieme Verlag KG** - <https://www.thieme-connect.com/products/all/home.html>
31. Журналы издательства **Wiley** - <https://onlinelibrary.wiley.com/>
32. Электронная библиотека **МЭИ (ЭБ МЭИ)** - <http://elib.mpei.ru/login.php>
33. Портал открытых данных **Российской Федерации** - <https://data.gov.ru>
34. База открытых данных **Министерства труда и социальной защиты РФ** - <https://rosmintrud.ru/opendata>
35. База открытых данных **профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ** - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
36. База открытых данных **Министерства экономического развития РФ** - <http://www.economy.gov.ru>
37. База открытых данных **Росфинмониторинга** - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
38. Электронная открытая база данных **"Polpred.com Обзор СМИ"** - <https://www.polpred.com>
39. Информационно-справочная система **«Кодекс/Техэксперт»** - <Http://proinfosoft.ru; http://docs.cntd.ru/>
40. Национальный портал онлайн обучения **«Открытое образование»** - <https://openedu.ru>
41. Официальный сайт **Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии** - <http://protect.gost.ru/>
42. Открытая университетская информационная система **«РОССИЯ»** - <https://uisrussia.msu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	А-205, Учебная лаборатория "Квантовая и оптическая электроника"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	А-205, Учебная лаборатория "Квантовая и оптическая электроника"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения	А-205, Учебная лаборатория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая

лабораторных занятий	"Квантовая и оптическая электроника"	
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-205, Учебная лаборатория "Квантовая и оптическая электроника"	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
	А-111/1, Компьютерный класс каф. Физики	стол компьютерный, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, компьютер персональный
	А-111/2, Компьютерный класс каф. Физики	стол компьютерный, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, компьютер персональный, принтер
Помещения для консультирования	А-201/1, Кабинет сотрудников каф. Физики	стол, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Б-101/1, Склад каф. Физики им. В.А. Фабриканта	стеллаж для хранения инвентаря, инвентарь специализированный, инвентарь учебный, книги, учебники, пособия

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Введение в квантовую электронику

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест №1 (Тестирование)
 КМ-2 Контрольная работа №1 (Контрольная работа)
 КМ-3 Тест №2 (Тестирование)
 КМ-4 Контрольная работа №2 (Контрольная работа)
 КМ-5 Защита лабораторных работ (Дискуссия)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	14	16
1	Основные понятия оптики и квантовой электроники						
1.1	Главные термины оптики и квантовой электроники		+	+	+		+
1.2	Взаимодействие оптического излучения с веществом			+	+		+
1.3	Механизмы создания инверсии населённости			+	+		+
1.4	Спектральные характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах			+	+		+
2	Общий принцип работы лазеров						
2.1	Устройство лазеров и принцип работы					+	+
2.2	Оптические резонаторы					+	+
2.3	Формирование свойств лазерного излучения					+	+
2.4	Прохождение лазерного излучения через оптическую систему. Метод лучевых матриц					+	+
3	Принцип работы различных видов лазеров						
3.1	Газовые лазеры						+
3.2	Твердотельные лазеры						+
3.3	Волоконные лазеры						+

3.4	Полупроводниковые лазеры					+
3.5	Обеспечение импульсного режима генерации лазеров			+		+
Вес КМ, %:		5	30	15	30	20