

**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**

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

**Москва 2020**

**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 представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Знает тенденции и перспективы развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники	знать: - Механизмы работы систем квантовой и оптической электроники; - Устройство и принципы работы лазеров, а также алгоритмы расчёта характеристик их излучения; - Основные понятия квантовой и оптической электроники.
ПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Умеет использовать передовой отечественный и зарубежный опыт в профессиональной сфере деятельности	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	36.5	2	4.5	6	6	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> 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><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> 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><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Основные понятия оптики и квантовой электроники"</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> 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		1	1	1	-	-	-	-	-	4	-	
1.2	Взаимодействие оптического излучения с веществом	8		1	1	2	-	-	-	-	-	4	-	
1.3	Механизмы создания инверсии населённости	10.5		1.5	2	1	-	-	-	-	-	6	-	
1.4	Спектральные характеристики излучения и поглощения при резонансных переходах	11		1	2	2	-	-	-	-	-	6	-	

													<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные понятия оптики и квантовой электроники"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Основные понятия оптики и квантовой электроники" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>  [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	62	5	18	10	-	-	-	-	-	29	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> 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><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> 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	12	1	4	2	-	-	-	-	-	5	-	
2.2	Оптические резонаторы	15	1	4	2	-	-	-	-	-	8	-	
2.3	Формирование свойств лазерного излучения	17	1	4	4	-	-	-	-	-	8	-	
2.4	Прохождение лазерного излучения через оптическую систему. Метод лучевых матриц	18	2	6	2	-	-	-	-	-	8	-	

													представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Общий принцип работы лазеров и подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Общий принцип работы лазеров" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Общий принцип работы лазеров" <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Общий принцип работы лазеров" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [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	45.5	6.5	8	-	-	-	-	-	-	31	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Принцип работы различных видов лазеров" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Принцип работы различных видов лазеров" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [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-
3.1	Газовые лазеры	12.5	1.5	4	-	-	-	-	-	-	7	-	
3.2	Твердотельные лазеры	9.5	1.5	1	-	-	-	-	-	-	7	-	
3.3	Волоконные лазеры	7	1	1	-	-	-	-	-	-	5	-	
3.4	Полупроводниковые лазеры	9.5	1.5	1	-	-	-	-	-	-	7	-	
3.5	Обеспечение импульсного режима генерации лазеров	7	1	1	-	-	-	-	-	-	5	-	

														212, 223-227 [9], 56-60, 155-189
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	Всего за семестр	180.0	16.0	32	16	-	2	-	-	0.5	80	33.5		
	Итого за семестр	180.0	16.0	32	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. Формирование лазерного излучения в резонаторе. Гауссов пучок;
2. Усиление и генерация оптического излучения в активной среде. Лазерные резонаторы;
3. Спектральные свойства излучения;
4. Взаимодействие излучения с веществом. Закон Бугера-Ламберта-Бера;
5. Распределение Больцмана. Взаимодействие излучения с веществом;
6. Основные параметры электромагнитного излучения.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Определение коэффициента распространения пучка M2;
2. Формирование лазерного пучка, обладающего малой расходимостью;
3. Исследование пространственных характеристик лазерного пучка, преобразованного линзой;
4. Изучение пространственных характеристик лазерного излучения;
5. Измерение ватт-амперной характеристики He-Ne

лазера;

6. Измерение коэффициента использования элементов твердотельных лазеров.

### **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	
<b>Знать:</b>					
Основные понятия квантовой и оптической электроники	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>	+			Тестирование/Тест №1
Устройство и принципы работы лазеров, а также алгоритмы расчёта характеристик их излучения	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>	+	+	+	Дискуссия/Защита лабораторных работ
Механизмы работы систем квантовой и оптической электроники	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>	+		+	Тестирование/Тест №2
<b>Уметь:</b>					
Проводить расчёт характеристик квантовых систем и лазерного излучения	ИД-2 <sub>ПК-1</sub>	+			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-2 <sub>ПК-1</sub>		+		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. Майнд Видеоконференции;
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](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	А-202, Учебная мультимедийная аудитория каф. Физики	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для хранения инвентаря, доска интерактивная, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, ноутбук
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	А-202, Учебная мультимедийная аудитория каф. Физики	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для хранения инвентаря, доска интерактивная, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, ноутбук
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	А-205, Учебная лаборатория "Квантовая и оптическая	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая

	электроника"	
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-202, Учебная мультимедийная аудитория каф. Физики	парта, стол преподавателя, стул, шкаф для хранения инвентаря, доска интерактивная, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, ноутбук
Помещения для самостоятельной работы	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