

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Дальневосточный государственный университет путей сообщения"
(ДВГУПС)

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой

(к911) Физика и теоретическая
механика



Пячин С.А.,
профессор

26.04.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины **Нанопотоника**

для направления подготовки 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

Составитель(и): к.ф.-м.н., доцент, Ян Д.Т.

Обсуждена на заседании кафедры: (к911) Физика и теоретическая механика

Протокол от 25.04.2024г. № 4

Обсуждена на заседании методической комиссии по родственным направлениям и специальностям: Протокол

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК РНС

___ 2025 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры
(к911) Физика и теоретическая механика

Протокол от ___ 2025 г. № ___
Зав. кафедрой Пячин С.А., профессор

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК РНС

___ 2026 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры
(к911) Физика и теоретическая механика

Протокол от ___ 2026 г. № ___
Зав. кафедрой Пячин С.А., профессор

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК РНС

___ 2027 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры
(к911) Физика и теоретическая механика

Протокол от ___ 2027 г. № ___
Зав. кафедрой Пячин С.А., профессор

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК РНС

___ 2028 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры
(к911) Физика и теоретическая механика

Протокол от ___ 2028 г. № ___
Зав. кафедрой Пячин С.А., профессор

Рабочая программа дисциплины Нанопотоника

разработана в соответствии с ФГОС, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.09.2017 № 949

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану	180	Виды контроля в семестрах:
в том числе:		экзамены (семестр) 7
контактная работа	50	
самостоятельная работа	94	
часов на контроль	36	

Распределение часов дисциплины по семестрам (курсам)

Семестр (<Курс>.<Семес тр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
Неделя	17 2/6			
Вид занятий	уп	ип	уп	ип
Лекции	32	32	32	32
Лабораторные	16	16	16	16
Контроль самостоятельно й работы	2	2	2	2
Итого ауд.	48	48	48	48
Контактная работа	50	50	50	50
Сам. работа	94	94	94	94
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	180	180	180

1. АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1	Оптические свойства наноразмерных материалов. Фотонные кристаллы и волокна. Метаматериалы. Наноплазмоника. Релеевское рассеяние света диэлектрическими частицами, применение методов рассеяния света. Световое манипулирование наночастицами, оптические ловушки и их применение. Нелинейно-оптические явления в наножидкостях. Нелинейно-оптические свойства наноматериалов. Рассеяние и поглощение излучения, теория рассеяния Ми. Поглощение и рассеяние света металлическими наночастицами, наноплазмоника. Использование рассеяния излучения на металлических наночастицах. Фотонные кристаллы. Слоистые структуры. Квантовые нити. Квантовые точки. Метаматериалы. Отрицательное преломление. Электромагнитные процессы в "левой" среде. Композитные материалы с отрицательным преломлением. Применение метаматериалов. Суперлинза Пендри. Трансформационная оптика. Спинтроника.
-----	---

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код дисциплины:	Б1.В.ДВ.02.02
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Математический анализ, физика твердого тела.
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Современная фотоника и оптоинформатика, источники и приемники излучения.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

УК-2: Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	
Знать:	
Виды ресурсов и ограничений для решения профессиональных задач; основные методы оценки разных способов решения задач; действующее законодательство и правовые нормы, регулирующие профессиональную деятельность.	
Уметь:	
Проводить анализ поставленной цели и формулировать задачи, которые необходимо решить для ее достижения; анализировать альтернативные варианты для достижения намеченных результатов; использовать нормативно-правовую документацию в сфере профессиональной деятельности.	
Владеть:	
Методиками разработки цели и задач проекта; методами оценки потребности в ресурсах, продолжительности и стоимости проекта; навыками работы с нормативно-правовой документацией.	

ПК-5: Способен подготавливать опытные образцы оборудования, приборов и комплексов для систем квантовых коммуникаций для передачи на этап эксплуатации

Знать:	
Теоретические основы электросвязи и инфокоммуникационных технологий; принципы функционирования систем и средств электросвязи и инфокоммуникационных систем, в том числе систем квантовых коммуникаций; теоретические основы квантовых коммуникаций, способы создания высокочастотных оптических квазиднофотонных импульсов; способы кодирования информации в лазерных импульсах; способы защиты волоконных систем от зондирования внешним оптическим излучением; способы извлечения информации из квазиднофотонных импульсов; способы производства генераторов высокочастотных оптических квазиднофотонных импульсов; основы проектирования, конструирования и производства систем квантовых коммуникаций; основные технические характеристики и возможности производственного оборудования; отраслевые стандарты и стандарты организации в области разработки и создания квантово-оптических систем; правила информационной безопасности при работе с оборудованием квантовых коммуникаций .	
Уметь:	
Проводить монтаж волоконно-оптических линий; проводить монтаж печатных плат; использовать приборы для измерений электрических импульсов, вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик, амплитудно-частотных характеристик фотодетекторов и однофотонных детекторов; применять основные методы контроля изготовления систем квантовых коммуникаций; анализировать отклонение систем квантовых коммуникаций от проектной конструкторской и рабочей конструкторской документации, технических требований; разрабатывать извещения об изменении конструкторской документации для систем квантовых коммуникаций и вносить изменения в конструкторскую документацию систем квантовых коммуникаций.	
Владеть:	
Навыками подготовки перечня документации в соответствующей области знаний; навыками определения требований к условиям эксплуатации опытных образцов; навыками разработки проекта интеграции опытных образцов для эксплуатации в целевой информационной системе; методами определения возможности эксплуатации опытных образцов с учетом ограничений на соответствие требуемому сценарию эксплуатации; навыками разработки технологических процессов для изготовления систем квантовых коммуникаций; навыками корректировка проектной конструкторской, рабочей конструкторской документации, разработанной при проектировании систем квантовых коммуникаций; навыками	

разработки алгоритмов управления систем квантовых коммуникаций и обработки информации в системах квантовых коммуникаций.

ПК-6: Способен разрабатывать варианты спецификации для производства приборов квантовой электроники и фотоники на основе наноструктурных материалов

Знать:

Методы разрушающего и неразрушающего контроля; правила оформления рабочей документации организации; требования системы менеджмента охраны здоровья и охраны труда; методы обработки и документирования результатов измерения параметров однородных, композиционных и наноструктурных материалов; технические характеристики применяемой аппаратуры; теорию планирования эксперимента; методику контроля параметров наноструктурных материалов; методы обработки и документирования результатов технологических экспериментов и измерения параметров наноструктурных материалов.

Уметь:

Определять логическую последовательность измерения параметров материалов, технологических процессов и изготавливаемых приборов; контролировать соответствие технического задания требованиям полноты и достоверности ожидаемых результатов; контролировать обоснованность расходования ресурсов; составлять технические задания на проведение лабораторных измерений; оценивать достоверность результатов прямых и косвенных измерений; формировать и представлять результаты экспериментов в виде, удобном для последующего использования; определять ключевые факторы физических процессов и параметры исследуемых материалов; оценивать влияние среды и внешних воздействий на технологические процессы; планировать эксперимент и логическую последовательность измерений: выбирать аппаратуру и оптимальные методики измерений физических величин.

Владеть:

Навыками формулировать техническое задание на проведение лабораторных измерений для лаборантов и контроль его исполнения и соответствия утвержденной процедуре; навыками составлять технологический лист для операторов на проведение экспериментальных технологических процессов и контролировать его соблюдения; навыками определения степени достоверности результатов экспериментальных исследований и составление реестра параметров наноструктурных материалов; навыками подготовки реестра допустимых значений физических воздействий на прошедшие испытания материалы и комплектующие для разработки технологических процессов; навыками разработки программы проведения экспериментов в соответствии с утвержденной методикой проверки технологических процессов; навыками составления перечня параметров, подлежащих контролю и измерению при проведении технологических процессов и анализе используемых материалов; навыками организации и контроля экспериментальной проверки разработанных технологических процессов.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ), СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел 1. Лекции.						
1.1	1.1. Оптические свойства наноразмерных материалов. Фотонные кристаллы и волокна. Метаматериалы /Лек/	7	4	УК-2 ПК-6 ПК-5	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	
1.2	Наноплазмоника. Релеевское рассеяние света диэлектрическими частицами, применение методов рассеяния света /Лек/	7	4	УК-2 ПК-6 ПК-5	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	
1.3	Световое манипулирование наночастицами, оптические ловушки, их применение. Нелинейно-оптические явления в наножидкостях. /Лек/	7	4	УК-2 ПК-6 ПК-5	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	
1.4	Нелинейно-оптические свойства наноматериалов. Рассеяние и поглощение излучения, теория рассеяния Ми /Лек/	7	4	УК-2 ПК-6 ПК-5	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	
1.5	Поглощение и рассеяние света металлическими наночастицами, наноплазмоника. Использование рассеяния излучения на металлических наночастицах. Фотонные кристаллы /Лек/	7	4	УК-2 ПК-6 ПК-5	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	
1.6	Слоистые структуры. Квантовые нити. Квантовые точки. Метаматериалы. /Лек/	7	4	УК-2 ПК-6 ПК-5	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	

1.7	Отрицательное преломление. Электромагнитные процессы в "левой" среде /Лек/	7	4	УК-2 ПК-6 ПК-5	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	
1.8	Композитные материалы с отрицательным преломлением. Применение метаматериалов. Суперлинза Пендри. Трансформационная оптика. Спинтроника /Лек/	7	4	УК-2 ПК-6 ПК-5	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	
Раздел 2. Лабораторные работы.							
2.1	2.1. Численное моделирование диэлектрической функции согласно моделям Друде, Дебая, Лоренца и Сейлмара /Лаб/	7	4	УК-2 ПК-6 ПК-5	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	
2.2	2.2. Расчет параметров плазмонов /Лаб/	7	4	УК-2 ПК-6 ПК-5	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	
2.3	2.3. Решение задач по методу Ми-резонансов /Лаб/	7	4	УК-2 ПК-6 ПК-5	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	
2.4	2.4. Расчет основных параметров плазмонных эмиттеров /Лаб/	7	4	УК-2 ПК-6 ПК-5	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	
Раздел 3. Самостоятельная работа.							
3.1	3.1. Возбуждение поверхностных плазмонов на планарных интерфейсах /Ср/	7	4	УК-2 ПК-6 ПК-5	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	
3.2	3.2. Методы детектирования плазмонов /Ср/	7	16	УК-2 ПК-6 ПК-5	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	
3.3	3.3. Локализованные поверхностные плазмоны /Ср/	7	16	УК-2 ПК-6 ПК-5	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	
3.4	3.4. Плазмонные волноводы /Ср/	7	16	УК-2 ПК-6 ПК-5	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	
3.5	3.5. Плазменная микроскопия высокого разрешения /Ср/	7	18	УК-2 ПК-6 ПК-5	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	
3.6	3.6. Численные методы расчета локализованных полей /Ср/	7	24	УК-2 ПК-6 ПК-5	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	
Раздел 4. Раздел 4. Экзамен (36)							
4.1	Подготовка к экзамену /Экзамен/	7	36	УК-2 ПК-6 ПК-5	Л1.1Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Размещены в приложении

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Перечень основной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Климов В. В.	Наноплазмоника	Москва: Физматлит, 2010, http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69490

6.1.2. Перечень дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
--	---------------------	----------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Игнатов А. Н.	Оптоэлектроника и нанофотоника	Санкт-Петербург: Лань, 2017, https://e.lanbook.com/book/95150

6.1.3. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Криштоп В.В., Сюй А.В., Литвинова М.Н.	Взаимодействие оптического излучения с веществом: учеб. пособие	Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2013,

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Э1	ЭБС "Университетская Библиотека Онлайн"		http://biblioclub.ru/
Э2	Научная электронная библиотека		http://elibrary.ru/
Э3	Электронный каталог НТБ ДВГУПС http://ntb.festu.khv.ru/		http://ntb.festu.khv.ru/

6.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

6.3.1 Перечень программного обеспечения

Справочно-правовая система «Гарант»	
Zoom (свободная лицензия)	
ABBYY FineReader 11 Corporate Edition - Программа для распознавания текста, договор СЛ-46	
Mathcad Education - University Edition - Математический пакет, контракт 410	
Office Pro Plus 2007 - Пакет офисных программ, лиц.45525415	
Visio Pro 2007 - Векторный графический редактор, редактор диаграмм и блок-схем, лиц.45525415	
Антивирус Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Расширенный Russian Edition - Антивирусная защита, контракт 469 ДВГУПС	
Антиплагиат - Система автоматической проверки текстов на наличие заимствований из общедоступных сетевых источников, контракт 12724018158180000974/830 ДВГУПС	
АСТ тест - Комплекс программ для создания банков тестовых заданий, организации и проведения сеансов тестирования, лиц.АСТ.РМ.А096.Л08018.04, дог.372	
Free Conference Call (свободная лицензия)	

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

Профессиональная база данных, информационно-справочная система "Гарант" - www.garant.ru	
Профессиональная база данных, информационно-справочная система "Консультант Плюс" - www.consultant.ru	

7. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Аудитория	Назначение	Оснащение
3317	Помещения для самостоятельной работы обучающихся. Читальный зал НТБ	Тематические плакаты, столы, стулья, стеллажи Компьютерная техника с возможностью подключения к сети Интернет, свободному доступу в ЭБС и ЭИОС.
3417	Учебная аудитория для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	комплект учебной мебели, доска, тематические плакаты
3434	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа.	комплект учебной мебели, тематические плакаты. Технические средства обучения: интерактивная доска, проектор, ноутбук. Лицензионное программное обеспечение: Windows 10 Pro для образовательных учреждений, версия 1909; Microsoft Office Pro Plus 2007; лиц. 168699; Антивирус Kaspersky Endpoint Security
3433	Учебная аудитория для лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Лаборатория "Механика и молекулярная физика".	комплект учебной мебели, доска, тематические плакаты, установка для исследования твердого тела ФПТ1-8, установка для изучения зависимости скорости звука от температуры ФПТ1-7, установка для измерения теплоты парообразования ФПТ1-10, установка для определения универсальной газовой постоянной ФПТ1-12, установки лабораторные: маятник "Обербека" ФМ-14, "Соударение шаров" ФМ-17, "Модуль Юнга и модуль сдвига" ФМ-19, "Маятник универсальный" ФМ-13, "Унифилярный подвес" ФМ-15. Технические средства обучения: интерактивная доска, мультимедиапроектор.
3433	Учебная аудитория для лабораторных занятий,	комплект учебной мебели, доска, тематические плакаты, установка

Аудитория	Назначение	Оснащение
	групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Лаборатория "Механика и молекулярная физика".	для исследования твердого тела ФПТ1-8, установка для изучения зависимости скорости звука от температуры ФПТ1-7, установка для измерения теплоты парообразования ФПТ1-10, установка для определения универсальной газовой постоянной ФПТ1-12, установки лабораторные: маятник "Обербека" ФМ-14, "Соударение шаров" ФМ-17, "Модуль Юнга и модуль сдвига" ФМ-19, "Маятник универсальный" ФМ-13, "Унифилярный подвес" ФМ-15. Технические средства обучения: интерактивная доска, мультимедиапроектор.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Методические рекомендации для выполнения лабораторных работ.

Проведение лабораторных работ. Для выполнения лабораторных работ студенту необходимо выполнить задания, выданные преподавателем, для этого при подготовке к лабораторным работам студентам необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой с учетом рекомендаций преподавателя и требований учебной программы.

Технология организации самостоятельной работы обучающихся включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета: библиотеку с читальным залом, укомплектованную в соответствии с существующими нормами; учебно-методическую базу учебных кабинетов; компьютерные классы с возможностью работы в Интернет; аудитории для консультационной деятельности; учебную и учебно-методическую литературу, разработанную с учетом увеличения доли самостоятельной работы студентов, и иные методические материалы.

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий студенту необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, образовательные Интернет-ресурсы. Студенту рекомендуется также в начале учебного курса познакомиться со следующей учебно-методической документацией:

- программой дисциплины;
- перечнем знаний и умений, которыми студент должен владеть;
- тематическими планами лабораторных работ;
- учебниками, пособиями по дисциплине, а также электронными ресурсами;
- перечнем вопросов к экзамену.

После этого у студента должно сформироваться четкое представление об объеме и характере знаний и умений, которыми надо будет овладеть в процессе освоения дисциплины. Систематическое выполнение лабораторных работ позволит успешно освоить дисциплину и создать хорошую базу для сдачи экзамена.

Обеспечение обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья печатными и электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Студенты с ограниченными возможностями здоровья, в отличие от остальных студентов, имеют свои специфические особенности восприятия, переработки материала. Подбор и разработка учебных материалов производится с учетом того, чтобы предоставлять этот материал в различных формах так, чтобы инвалиды с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально (например, с использованием программ-синтезаторов речи).

Для освоения дисциплины будут использованы лекционные аудитории, оснащенные досками для письма, мультимедийное оборудование: проектор, проекционный экран.

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения:

- лекционная аудитория: мультимедийное оборудование, источники питания для индивидуальных технических средств;
- учебная аудитория для практических занятий (семинаров): мультимедийное оборудование;
- аудитория для самостоятельной работы: стандартные рабочие места с персональными компьютерами.

В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусмотрено соответствующее количество мест для обучающихся с учетом ограничений их здоровья.

Для обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрено обслуживание по межбиблиотечному абонементу (МБА) с Хабаровской краевой специализированной библиотекой для слепых. По запросу пользователей НТБ инвалидов по зрению, осуществляется информационно-библиотечное обслуживание, доставка и выдача для работы в читальном зале книг в специализированных форматах для слепых.

Разработка при необходимости индивидуальных учебных планов и индивидуальных графиков обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Обучающиеся инвалиды, могут обучаться по индивидуальному учебному плану в установленные сроки с учетом особенностей и образовательных потребностей конкретного обучающегося.

Под индивидуальной работой подразумевается две формы взаимодействия с преподавателем: индивидуальная учебная работа (консультации), т.е. дополнительное разъяснение учебного материала и углубленное изучение материала с теми обучающимися, которые в этом заинтересованы, и индивидуальная воспитательная работа. Индивидуальные консультации

по предмету становятся важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или обучающимся с ограниченными возможностями здоровья.

При составлении индивидуального графика обучения необходимо предусмотреть различные варианты проведения занятий: в академической группе и индивидуально, на дому с использованием дистанционных образовательных технологий.

Оценочные материалы при формировании рабочих программ дисциплин (модулей)

Направление: 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

Направленность (профиль): Оптические и квантовые технологии

Дисциплина: Нанопотоника

Формируемые компетенции:

1. Описание показателей, критериев и шкал оценивания компетенций.

Показатели и критерии оценивания компетенций

Объект оценки	Уровни сформированности компетенций	Критерий оценивания результатов обучения
Обучающийся	Низкий уровень Пороговый уровень Повышенный уровень Высокий уровень	Уровень результатов обучения не ниже порогового

Шкалы оценивания компетенций при сдаче экзамена или зачета с оценкой

Достигнутый уровень результата обучения	Характеристика уровня сформированности компетенций	Шкала оценивания
		Экзамен или зачет с оценкой
Низкий уровень	Обучающийся: -обнаружил пробелы в знаниях основного учебно-программного материала; -допустил принципиальные ошибки в выполнении заданий, предусмотренных программой; -не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании программы без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	Неудовлетворительно
Пороговый уровень	Обучающийся: -обнаружил знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебной и предстоящей профессиональной деятельности; -справляется с выполнением заданий, предусмотренных программой; -знаком с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; -допустил неточности в ответе на вопросы и при выполнении заданий по учебно-программному материалу, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Удовлетворительно
Повышенный уровень	Обучающийся: - обнаружил полное знание учебно-программного материала; -успешно выполнил задания, предусмотренные программой; -усвоил основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; -показал систематический характер знаний учебно-программного материала; -способен к самостоятельному пополнению знаний по учебно-программному материалу и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Хорошо

Высокий уровень	Обучающийся: -обнаружил всесторонние, систематические и глубокие знания учебно-программного материала; -умеет свободно выполнять задания, предусмотренные программой; -ознакомился с дополнительной литературой; -усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплин и их значение для приобретения профессии; -проявил творческие способности в понимании учебно-программного материала.	Отлично
-----------------	---	---------

Описание шкал оценивания

Компетенции обучающегося оценивается следующим образом:

Планируемый уровень результатов освоения	Содержание шкалы оценивания достигнутого уровня результата обучения			
	Неудовлетворительн	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
	Не зачтено	Зачтено	Зачтено	Зачтено
Знать	Неспособность обучающегося самостоятельно продемонстрировать наличие знаний при решении заданий, которые были представлены преподавателем вместе с образцом их решения.	Обучающийся способен самостоятельно продемонстрировать наличие знаний при решении заданий, которые были представлены преподавателем вместе с образцом их решения.	Обучающийся демонстрирует способность к самостоятельному применению знаний при решении заданий, аналогичных тем, которые представлял преподаватель, и при его консультативной	Обучающийся демонстрирует способность к самостоятельно-му применению знаний в выборе способа решения неизвестных или нестандартных заданий и при консультативной поддержке в части междисциплинарных
Уметь	Отсутствие у обучающегося самостоятельности в применении умений по использованию методов освоения учебной дисциплины.	Обучающийся демонстрирует самостоятельность в применении умений решения учебных заданий в полном соответствии с образцом, данным преподавателем.	Обучающийся продемонстрирует самостоятельное применение умений решения заданий, аналогичных тем, которые представлял преподаватель, и при его консультативной поддержке в части современных проблем.	Обучающийся демонстрирует самостоятельное применение умений решения неизвестных или нестандартных заданий и при консультативной поддержке преподавателя в части междисциплинарных связей.
Владеть	Неспособность самостоятельно проявить навык решения поставленной задачи по стандартному образцу повторно.	Обучающийся демонстрирует самостоятельность в применении навыка по заданиям, решение которых было показано преподавателем.	Обучающийся демонстрирует самостоятельное применение навыка решения заданий, аналогичных тем, которые представлял преподаватель, и при его консультативной поддержке в части современных проблем.	Обучающийся демонстрирует самостоятельное применение навыка решения неизвестных или нестандартных заданий и при консультативной поддержке преподавателя в части междисциплинарных связей.

2. Перечень вопросов и задач к экзаменам, зачетам, курсовому проектированию, лабораторным занятиям. Образец экзаменационного билета

Вопросы к лабораторным работам:

Компетенции УК-2, ПК-5, ПК-6.

1. От чего зависит диаметр пучка в фокусе линзы?
2. Как определить мощность и энергию импульсов излучения?
3. Что такое плотность мощности лазерного излучения?
4. Что такое характерный размер гауссова распределения плотности мощности излучения в пучке?
5. Что такое механический обтюратор?
6. Назовите основные характеристики лазерного излучения.
7. Преимущества лазерного излучения.
8. Недостатки лазерного излучения.
9. Области применения лазерного излучения.
10. Типы лазеров.
11. Многомодовый лазер.
12. Одномодовый лазер.
13. Режимы работы лазера.
14. Перспективы применения лазеров.
15. Лазерное микроструктурирование поверхностей.
16. Лазерное сверление.
17. Лазерная пайка.
18. Лазерная микрообработка.
19. Вывести формулу для геометрической глубины резкости при фокусировке лазерного излучения.
20. Рассчитать пространственно геометрические характеристики лазерных пучков (одномодового, многомодового, дифракционно-ограниченного и теоретические): угол расходимости, размер фокального пятна и глубину резкости.
21. Изобразить принципиальные схемы лазерных установок с плоттером и координатным столом. Указать условия постоянства плотности мощности излучения в системе с плоттером.
22. Привести габаритный и энергетический расчет проекционной схемы с осветительной телескопической системой.
23. Определить теоретический предел максимального и минимального масштаба проекции при телецентрическом освещении маски.
24. Дать размерные и энергетические характеристики микропроекционной оптической схемы. Сравнить с условиями обработки в схеме без осветительной системы, без проекционной системы.
25. Проанализировать возможность минимизации размеров контурнопроекционной схемы (за счет передвижения лазера), для чего построить ход лучей в оптической системе с лазером, расположенным в передней фокальной плоскости осветительной системы, до и после нее.
26. Обосновать применение CO₂-лазера для обработки Al, Cu (сильное отражение). Рассчитать пороговые плотности мощности по двум схемам: 1) испарение металла, 2) окисление и испарение металла.
27. Определить зависимость размера зоны теплового воздействия на поверхности объекта от скорости сканирования излучения непрерывного лазера. Построить график этой зависимости.
28. Определить связь импульса отдачи, возникающего при испарении материала с помощью лазерного излучения, и давления отдачи с плотностью мощности.
29. Пользуясь геометрической моделью, найти максимально возможное отношение глубины отверстия к его диаметру.
30. Пользуясь законом сохранения импульса, оценить давление отдачи пара по известным экспериментальным значениям толщины испаренного слоя алюминия и длительности лазерного импульса. Построить зависимость толщины испаренного слоя от времени.
31. Рассчитать изменение параметров установки при использовании оптической системы с автоподстройкой фокуса при заданной глубине и диаметре отверстий.
32. Определить окно «оптической» прозрачности земной атмосферы, используя формулу Вина, считая среднюю температуру земного шара по всем широтам и временам года равной 14 °С.
33. Как рассчитать плотность мощности излучения?
34. От чего зависит расходимость лазерного излучения?
35. Длина когерентности.
36. Время когерентности.
37. Монохроматичность излучения.

Вопросы к экзамену.

Компетенции УК-2, ПК-5, ПК-6.

1. Основные области применения лазеров.
2. Перспективные применения лазеров.
3. Лазерные технологии в производстве мобильных телефонов и персональных компьютеров.

4. Лазерные технологии дифракционных оптических элементов (ДОЭ), оптической памяти – CD-ROM, CD-RW и др.
5. Лазерное микроstructuring поверхностей.
6. Лазерное сверление микроотверстий в алмазных фильерах для волочения проволоки.
7. Примеры лазерной микрообработки.
8. Лазерная полировка оптических поверхностей.
9. Лазерная очистка поверхности.
10. Трехмерный лазерный синтез объектов и изображений.
11. Космические применения лазеров.
12. Дистанционное лазерное зондирование космических объектов.
13. Лазерная реактивная тяга – атмосферные и внеатмосферные двигатели.
14. Лазерное противоракетное оружие.
15. Основные области применения лазеров в медицине.
16. Преодоление дифракционного предела в оптике.
17. Основные физические процессы лазерных технологий.
18. Поглощение света и преобразование энергии света в тепло.
19. Двумерная двухфазная (ДД) модель лазерной обработки.
20. Давление отдачи при испарении. Уравнение Клаузиуса–Клапейрона.
21. Характеристики «качества» излучения технологических лазеров: когерентность, монохроматичность, поляризация. Эксплуатационные характеристики.
22. Характерные параметры технологических лазеров.
23. Технологические лазеры и лазерные технологии.
24. Диодные лазеры и информационные технологии.

Задачи к экзамену на проверку формирования основного этапа:

Компетенции УК-2, ПК-5, ПК-6.

1. Определить радиус области, в которой сосредоточено 50%, 90% всей энергии гауссова пучка, если задан характерный размер гауссова распределения r_0 .
2. Рассчитать параметры механического прерывателя, представляющий собой вращающийся диск с прорезью (размеры прорези и угловую скорость вращения диска), если из импульса длительностью 100 мкс необходимо получить импульсы длительностью 40 мкс при частоте следования импульсов 250 Гц.
3. Доказать, что при угле падения, равном углу Брюстера, угол между отраженным и преломленным лучами равен $\pi/2$.
4. Определить мощность и энергию импульсов излучения N₂-лазера длительностью $\tau = 10^{-8}$ с, необходимые для достижения плотности мощности излучения в фокусе $q_0 = 10^7$ Вт/см², если расходимость пучка 1 мрад, а фокусное расстояние оптической системы 3 см.
5. Определить, во сколько раз изменится диаметр пучка в фокусе линзы, если перед ней поставить телескопическую систему с увеличением $b_{\text{х}}$.
6. Определить плотность мощности лазерного излучения на обрабатываемой поверхности в центре облученной области, если известна мощность излучения P и распределение плотности мощности излучения
 - а) гауссово ,
 - б) постоянное в пределах облученной области
7. Определить, какая доля лазерного излучения находится внутри круговой области , где r_0 – характерный размер гауссова распределения плотности мощности излучения в пучке .
8. Определить радиус области, в которой сосредоточено 50%, 90% всей энергии гауссова пучка, если задан характерный размер гауссова распределения r_0 .
9. Рассчитать параметры механического обтюратора, представляющего собой вращающийся диск с прорезью (размеры прорези и угловую скорость вращения диска), если из импульсов длительностью 100 мкс необходимо получить импульсы излучения длительностью 40 мкс при частоте следования импульсов 250 Гц.
10. Определить распределение интенсивностей в многолучевой лазерной системе для случайного и постоянного сдвига фаз ϕ излучения отдельных лазеров, если излучение каждого из них поляризовано в одной и той же плоскости и колебания их электрического поля описываются формулой $E_i = E_0 \cos(\omega t + \phi_i)$. При решении задачи принять во внимание, что амплитуда суммы двух колебаний с амплитудами E_01 и E_02 , фазами ϕ_1 и ϕ_2 и одинаковой частотой равна .
11. Определить теоретическую дифракционную расходимость излучения различных лазеров, считая распределение интенсивности равномерным в пределах заданного диаметра пучка для Cu, Nd:YAG, N₂ и CO₂ -лазеров и гауссовым для He-Ne лазера, по следующим данным:
 - а) Nd:YAG $\lambda = 1,06$ мкм $D = 5$ мм;
 - б) He-Ne $\lambda = 0,63$ мкм $D = 0,3$ мм;
 - в) Cu $\lambda = 0,5$ мкм $D = 3$ мм;
 - г) N₂ $\lambda = 0,34$ мкм $D = 0,3$ мм;

д) CO₂ $\lambda=10,6$ мкм $D = 5$ мм,

где λ – длина волны излучения, D – диаметр лазерного пучка на выходе лазера. Решение оформить в виде таблицы.

12. Определить расходимость излучения многомодового лазера в зависимости от числа генерируемых поперечных мод.

13. Доказать, что при угле падения, равном углу Брюстера, угол между отраженным и преломленным лучами равен $\pi/2$.

14. Показать, какой режим, импульсный или непрерывный, более эффективен для лазерной обработки.

15. Рассмотреть различные методы обеспечения импульсного режима воздействия (режимы свободной генерации, модуляции добротности и синхронизации мод) и сравнить их по следующим параметрам: КПД, энергия импульса, длительность импульса, средняя и импульсная мощность, частота следования импульсов.

16. Построить ход лучей лазерного пучка через линзу с фокусным расстоянием f . Определить зависимость диаметра пятна в фокусе d_0 от расходимости лазерного излучения θ и фокусного расстояния линзы f .

17. Рассчитать оптическую проекционную схему с телескопической осветительной системой, с параметрами $d_{обр} = 1$ мм, $d_{пр} = 50$ мм, $d_{обр0} = 10$ мкм, $f_{пр} = 50$ мм, $d_l = 1$ см, $\theta_{пр} = 1/20$. Увеличение телескопа произвольно, материал маски – медная фольга толщиной 0,1 мм, материал образца – пленка хрома толщиной 0,1 мкм на стекле.

18. Рассчитать длину l_0 и диаметр d_0 световой трубки, образующейся при фокусировке пучка лазерного излучения диаметром D_0 и расходимостью θ линзой с фокусным расстоянием f .

19. Вывести формулу для геометрической глубины резкости при фокусировке лазерного излучения.

20. Рассчитать пространственно геометрические характеристики лазерных пучков (одномодового, многомодового, дифракционно-ограниченного и теоретические): угол расходимости, размер фокального пятна и глубину резкости.

21. Рассчитать оптическую систему энергетического фокусирующего канала для лазера на аргоне: $\lambda = 514$ нм, диаметр пучка на выходе лазера 1,5 мм на уровне $1/e$, расходимость пучка 0,5 мрад, если излучение должно быть сфокусировано в вакуумированной кювете длиной 30 мм в пятно диаметром 1,2 мкм.

22. Изобразить принципиальные схемы лазерных установок с плоттером и координатным столом. Указать условия постоянства плотности излучения в системе с плоттером.

23. Определить размеры рабочего поля в сканирующей системе по значениям допустимых отклонений $\theta d = 200$ мкм размера фокального пятна $d = 50$ мкм в плоскости обработки для Nd:YAG-лазера. Фокусное расстояние оптической системы 60 см, расстояние от центра зеркала до обрабатываемой поверхности – 50 см.

24. Привести габаритный и энергетический расчет проекционной схемы с осветительной телескопической системой.

25. Определить теоретический предел максимального и минимального масштаба проекции при телецентрическом освещении маски.

26. Дать размерные и энергетические характеристики микропроекционной оптической схемы. Сравнить с условиями обработки в схеме без осветительной системы, без проекционной системы.

27. Проанализировать возможность минимизации размеров контурнопроекционной схемы (за счет передвижения лазера), для чего построить ход лучей в оптической системе с лазером, расположенным в передней фокальной плоскости осветительной системы, до и после нее.

28. Провести габаритный расчет оптической системы для фокусировки излучения от оптического многомодового волокна с внутренним диаметром 400 мкм в пятно диаметром 200 мкм. Угол расходимости излучения 0,1 рад, расстояние от торца волокна до плоскости обработки 10 см.

29. Провести габаритный расчет оптической системы для фокусировки излучения ($\lambda = 1,06$ мкм) от оптического волокна с внутренним диаметром 500 мкм со значением инварианта Лагранжа-Гельмгольца $0,21 \cdot 10^{-6}$ м•рад в пятно размером $d_0 = 100$ мкм.

30. Определить, какое смещение маски вдоль оптической оси необходимо обеспечить в проекционной схеме с «дрожащей» маской для получения на образце рельефа высотой $\Delta z = 1$ мкм.

31. В проекционной схеме с использованием полутоновой маски (с переменным пропусканием) определить зависимость профиля обрабатываемой поверхности от пропускания маски, приняв скорость испарения равной (q – плотность мощности излучения, $L_{исп}$ – удельная теплота испарения материала, Дж/см³). Рассчитать маску для заданной точности формирования профиля поверхности $\Delta z = 1$ мкм при длительности импульса излучения $\tau = 10^{-9}$ с, максимальном значении плотности мощности излучения на поверхности образца $q_{max} = 10^{10}$ Вт/см². Определить количество импульсов, необходимое для получения профиля высотой 10 мкм.

32. Рассчитать оптическую систему для ввода излучения Nd:YAG-лазера с расходимостью $10'$ и диаметром пучка 5 мм в одномодовое оптическое волокно с числовой апертурой 0,22.

33. Предложить схему, осуществляющую проекционный метод лазерной обработки со

сканированием пучка по маске, разрешающий противоречие между разрешающей способностью и полем изображения. Сравнить с базовым проекционным методом (одновременная засветка всей поверхности маски). Провести габаритный и энергетический расчет при соотношении диаметра пучка на поверхности маски и размера максимальной прорези маски 1:20.

Задачи к экзамену на проверку формирования заключительного этапа :

Компетенции УК-2, ПК-5, ПК-6.

34. Рассчитать длину l_0 и диаметр d_0 световой трубки, образующейся при фокусировке пучка лазерного излучения диаметром D_0 и расходимостью Θ линзой с фокусным расстоянием f .

35. Провести габаритный расчет оптической системы для фокусировки излучения от оптического многомодового волокна с внутренним диаметром 400 мкм в пятно диаметром 200 мкм. Угол расходимости излучения 0,1 рад, расстояние от торца волокна до плоскости обработки 10 см.

36. Оценить скорость испарения материала (скорость роста глубины отверстия) в стали, вольфраме при поглощенной плотности мощности излучения $q=108$ Вт/см².

37. Оценить плотности мощности лазерного излучения, необходимые для нагревания алюминия, меди, вольфрама, железа до температур плавления и температур кипения излучением лазера с длиной волны $\lambda=1,06$ мкм при длительностях импульса излучения $\tau=10^{-3}$ с и $\tau=10^{-7}$ с.

38. Определить диапазон скоростей сканирования $V_{ск}$ пучка излучения непрерывного лазера при фокусировке его излучения в пятно диаметром 100 мкм, при которых время эффективного воздействия находится в диапазоне $10^{-3} - 10^{-9}$ с.

39. Оценить плотности мощности лазерного излучения q_0 , необходимые для окисления поверхностей хрома, никеля, висмута, ванадия, меди:

а) импульсным лазерным излучением на длине волны 1,06 мкм;

б) непрерывным излучением Nd:YAG-лазера;

в) непрерывным и импульсным ($\tau = 1$ мкс) излучением CO₂-лазера при размере области облучения $r_0 = 500$ мкм.

40. Сделать выводы о термохимической чувствительности этих металлов на длине волны $\lambda = 1,06$ мкм при длительности импульса 1 мкс.

41. Определить длительности воздействия, необходимые для испарения керамики, стекла, пластмассы следующими источниками излучения:

а) непрерывным излучением CO₂-лазера мощностью $P = 100$ Вт при радиусе облученной области $r_0 = 30$ мкм;

б) непрерывным излучением Nd:YAG-лазера мощностью $P = 100$ Вт при $r_0 = 1$ мм.

42. Определить, произойдет ли локальное испарение поверхности вольфрама при фокусировании на ней пучка непрерывного Nd:YAG-лазера мощностью 100 Вт (фокусное расстояние оптической системы $f = 5$ см) при расходимости пучка:

а) $\theta = 2$ мрад;

б) $\theta = 20$ мрад.

43. Обосновать применение CO₂-лазера для обработки Al, Cu (сильное отражение). Рассчитать пороговые плотности мощности по двум схемам: 1) испарение металла, 2) окисление и испарение металла.

44. Определить зависимость размера зоны теплового воздействия на поверхности объекта от скорости сканирования излучения непрерывного лазера. Построить график этой зависимости.

45. Рассчитать температуру поверхности облучаемого тела в центре облученной области при изменяющейся во времени плотности мощности излучения, приняв аппроксимацию , если .

46. Найти давление отдачи при лазерном испарении железа, если скорость его удаления 1 м/с, а скорость пара у поверхности 1 км/с.

47. Определить давление отдачи, действующее на стальную мишень при испарении слоя 10 мкм импульсом лазерного излучения длительностью 10^{-7} с, если скорость вылета паров 1 км/с.

48. Определить связь импульса отдачи, возникающего при испарении материала с помощью лазерного излучения, и давления отдачи с плотностью мощности.

49. По формуле Френкеля найти максимальное значение dV/dT и определить его величину применительно к конкретным процессам испарения, окисления, диффузии.

50. Выявить связь между градиентом температуры и темпом нагревания металла на поверхности в центре облученной области радиусом 100 мкм, если максимальная температура нагревания $T_{max} = 1000$ °C для случаев воздействия излучения:

а) эксимерного ArF-лазера, $\tau = 1$ нс;

б) Nd:YAG-лазера, $\tau = 100$ нс;

в) Nd:YAG-лазера, $\tau = 1$ мс;

г) непрерывного CO₂-лазера, $\tau = 1$ с.

51. Пользуясь геометрической моделью, найти максимально возможное отношение глубины отверстия к его диаметру.

52. Определить максимальную скорость резки V_{max} медной фольги толщиной $h = 0,1$ мм:

а) непрерывным излучением Nd:YAG-лазера мощностью $P = 500$ Вт при радиусе пятна $r_0 = 50$ мкм;
б) импульсным излучением Nd:YAG-лазера со средней мощностью $P_{\text{ср}} = 500$ Вт, $\tau = 10^{-7}$ с; частота следования импульсов $f_i = 10$ кГц, $r_0 = 50$ мкм, угол схождения излучения $\alpha = 3^\circ$.

53. Определить значения плотности мощности излучения, необходимые для получения отверстия в стали глубиной 1 мм ($\tau = 10^{-3}$ с, $\alpha = 0,2$ рад). Вывести зависимость поглощенной плотности мощности лазерного излучения от глубины отверстия.

54. Пользуясь законом сохранения импульса, оценить давление отдачи пара по известным экспериментальным значениям толщины испаренного слоя алюминия и длительности лазерного импульса. Построить зависимость толщины испаренного слоя от времени.

55. Определить зависимость глубины и радиуса отверстия от параметров обработки (энергии лазерного импульса, угла расхождения излучения после фокуса оптической системы) при $h(t) \gg r_0$ и при $h(t) \ll r_0$ по геометрической модели.

56. Оценить глубину отверстия, получаемую импульсом свободной генерации, игнорируя пиковую структуру, если $\tau = 10^{-3}$ с, $W = 10^{-2}$ Дж, диаметр пятна в фокусе 20 мкм. Определить перекрытие отверстий при скорости перемещения объекта $V_{\text{ск}} = 0,1$ см/с, частоте следования импульсов $f_i = 250$ Гц, $\tau = 0,4$. Материал – железо.

57. Предложить оптико-механическую схему лазерного сверления отверстий диаметром от 10 до 200 мкм в фольге толщиной 100 мкм, если производительность лазера равна 600 отв/мин, фокусное расстояние оптической системы $f = 50$ мм, материалы – сталь и медь.

58. Определить параметры оптической системы (τ и f) для профильной резки медицинских стентов («протезов» кровеносных сосудов) – металлических трубок диаметром 1 и 2 мм с толщиной стенок 100 мкм, при которых исключаются повреждения противоположной стенки трубки, когда ее передняя поверхность испаряется.

59. Определить глубину отверстия h , его диаметр d и отношение h/d при многоимпульсной обработке, используя геометрическую модель образования отверстия.

60. Оценить параметры многоимпульсного режима обработки для получения в стали отверстий глубиной 1 мм и диаметром 100 мкм при скорости испарения $V_i = 1$ км/с. Расчет провести для импульсов излучения длительностью 1 мс, 0,1 мкс, 10 нс.

61. Определить для указанных ниже материалов критерии быстро и медленно движущегося источника и пороговые плотности мощности излучения, необходимые для их резки при скоростях сканирования:

1) бумага, 500 см/с; 2) фанера, 2 см/с; 3) стекло, 2,5 см/с; 4) сталь, 10 см/с; 5) резина, 2,5 см/с; 6) кожа, 28 см/с.

62. Размер облученной области для стали – 200 мкм, для остальных материалов – 500 мкм. Определить значения необходимой мощности излучения.

63. Найти пороги лазерной резки материалов непрерывным излучением CO и Nd:YAG-лазеров. Определить достижимые глубины резки при мощности излучения $P_0 = 100$ Вт (Nd:YAG-лазер) и $P_0 = 1000$ Вт (CO₂-лазер). Найти максимальную скорость резки V_{max} пластины стали толщиной $d = 1$ мм для этих же лазеров.

64. Сравнить пороги резки для импульсного и непрерывного Nd:YAG-лазера и скорости резки при толщине пластины $d = 1$ мм и при одной и той же средней мощности $P = 500$ Вт.

65. Проанализировать возможность использования полупроводникового лазера (мощность 100 мВт, расходимость 250×150 мрад) для резки бумаги.

66. Рассчитать изменение параметров установки при использовании оптической системы с автоподстройкой фокуса при заданной глубине и диаметре отверстий.

67. Определить максимальную допустимую скорость сканирования лазерного пучка при лазерной гравировке испарением поверхности хрома излучением непрерывного Nd:YAG-лазера мощностью 100 Вт при радиусе пятна облученной области $r_0 = 0,3$ мм. Оценить скорости сканирования, необходимые для удаления слоя хрома толщиной 10 мкм и 100 мкм.

68. Определить скорость движения частиц от поверхности детали при ее сухой лазерной очистке, предполагая, что частицы имеют сферическую форму и слабую адгезию к поверхности, распределение температуры в них равномерное, а теплоотвод из частиц в деталь пренебрежимо мал. Определить мощность излучения лазера при длительности импульса 10 нс, необходимую для достижения частицами меди скорости 0,1 м/с при размере облученной области 1 см². Поглощательную способность частиц принять равной 0,1.

69. Определить мощность лазерного излучения, необходимую для испарения смазочного масла с поверхности стального рельса при воздействии излучения волоконного лазера (длина волны 0,53 мкм) и CO₂-лазера, работающих в непрерывном режиме при сканировании со скоростью 1 м/с и диаметре лазерного пятна на поверхности рельса 5 мм. Толщина пленки масла на поверхности рельса 0,1 мм, температуру испарения масла принять равной 400 °С, удельную теплоту испарения – 190 кДж/кг. Оптимизировать схему сканирования и рассчитать скорость движения вагонетки при ширине рельса 73 мм.

70. Проанализировать возможности уменьшения шероховатости поверхности боросиликатного стекла (температура испарения $T_i = 1200$ °С) с $R_zH = 100$ мкм до $R_z = 50$ мкм обработкой его сходящимся

пучком импульсного CO₂-лазера с длительностью импульса 10 мкс и мощностью 60 Вт и оптической системы с фокусным расстоянием 2 см при диаметре пучка на выходе оптической системы 25 мм. Определить расстояние от поверхности положения средней линии профиля обрабатываемой поверхности до фокальной плоскости оптической системы.

71. Сформулировать критерии и выбрать оптимальные лазеры для микроструктурирования поверхностей материалов: металла (стали), стекла, кремния, керамики (Al₂O₃).

72. Определить длину волны лазерного излучения для осуществления сквозной аморфизации стеклокерамической пластины (марки СТ-50) толщиной 0,5 мм, если она уже аморфизована на глубину 0,3 мм от поверхности пластины.

73. Сравнить два способа аморфизации стеклокерамической пластины (марки СТ-50) толщиной 0,5 мм с использованием излучения Nd:YAG и CO₂-лазеров для случая, когда необходимо осуществить аморфизацию на глубину 0,3 мм. Выбрать оптимальный способ.

74. Определить геометрическую форму кривой поверхности в стекле в результате локального теплового расширения при нагревании: а) гауссовым пучком; б) пучком с равномерным распределением интенсивности; в) найти такую форму распределения мощности, чтобы образовался шаровой сегмент.

75. Рассчитать оптическую силу двойного элемента, полученного локальным спеканием пластины пористого стекла толщиной 2 мм при воздействии излучения CO₂-лазера непрерывного действия последовательно с обеих сторон пластины для произвольных значений мощности излучения, длительности воздействия и диаметра облученной области.

76. Рассчитать взаимное расположение элементов в схеме ЛИПАА (LIPAA) при длине волны 0,248 мкм и фокусном расстоянии 50 мм. Произвести энергетический расчет для случая, когда мишень сделана из стали.

77. Торцы волновода, передающий излучение лазера непрерывного действия мощностью 1 Вт, покрыт непрозрачной металлической насадкой и погружен в воду. Определить скорость образующихся на торце волновода пузырьков пара в момент их отрыва, частоту генерации пузырьков и расстояние между ними, если известно, что диаметр пузырьков в момент отрыва составляет 3 мм.

78. Определить, через какое время с начала воздействия излучения Nd:YAG-лазера на боковую стенку (цилиндрической) бутылки пробка будет удалена из бутылки давлением паров, если известно, что энергия импульса 20 мДж, частота следования импульсов 4 кГц, содержимое бутылки представляет собой жидкость, преимущественно состоящую из воды (88,5%) и спирта (11,5%), объем воздушной части (в горлышке бутылки) составляет 20 мл, а пробка выдерживает избыточное давление 0,5 атм. Считать, что коэффициент отражения от поверхности составляет 0,5, а глубина проникновения излучения внутри бутылки – 2 см. Определить зависимость времени удаления пробки от объема воздушной части.

79. Определить диаметр и скорость вращения барабана (с киноплёнкой) высокоскоростной киносъёмочной камеры, призванной обеспечить скорость съёмки 1 млн кадров/с при высоте кадра 8 мм.

80. Определить окно «оптической» прозрачности земной атмосферы, используя формулу Вина, считая среднюю температуру земного шара по всем широтам и временам года равной 14 °С.

Образец экзаменационного билета

Дальневосточный государственный университет путей сообщения		
Кафедра (к911) Физика и теоретическая механика 7 семестр, 2024-2025	Экзаменационный билет № Нанопотоника Направление: 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика Направленность (профиль): Оптические и квантовые технологии	Утверждаю» Зав. кафедрой Пячин С.А., профессор 25.04.2024 г.
Вопрос Многомодовый лазер. (УК-2)		
Вопрос Изобразить принципиальные схемы лазерных установок с плоттером и координатным столом. Указать условия постоянства плотности мощности излучения в системе с плоттером. (ПК-5, УК-2)		
Задача (задание) Определить, во сколько раз изменится диаметр пучка в фокусе линзы, если перед ней поставить телескопическую систему с увеличением b_x . (УК-2, ПК-5, ПК-6)		

Примечание. В каждом экзаменационном билете должны присутствовать вопросы, способствующих формированию у обучающегося всех компетенций по данной дисциплине.

3. Тестовые задания. Оценка по результатам тестирования.

Тема 1. Введение в ближнеполевую оптику. Спектроскопия одной молекулы.

дискуссия, примерные вопросы:

Обсуждение отличительных признаков физической оптики и нанооптика, возможность детектирования физических объектов на пределах дифракционного предела Задача □1

Выведите диадную функцию Грина проанализировать характер решения от расстояния между

источником и точкой наблюдения. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 2. Неизлучающие источники и нераспространяющиеся поля. Неизлучательная дифракция. Ближнее поле.

дискуссия , примерные вопросы:

Обсуждение условий существования плоских волн с мнимыми волновыми числами, условия пространственного синхронизма и сфера Эвальда Задача □2 Покажите, что z-комплнента усредненного по времени вектора Пойтинга равна нулю для эвансцентного поля, распространяющегося вдоль границы раздела двух сред. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 3. Эвансцентная оптика. Формулы Френеля.

дискуссия , примерные вопросы:

Обсуждение распространение света при полном внутреннем отражении, вычисление вектора Пойтинга Задача □3 Вывести обобщенные уравнения Снелиуса для метаповерхности с сингулярными разрывами фазы. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 4. Малые апертуры. Оптический предел Аббе. Субволновое пространственное разрешение.

дискуссия , примерные вопросы:

Обсуждение дифракции на субволновых апертурах, преодоление предела Аббе Задача □4

Получить выражение для продольной компоненты электрического поля в фокальной плоскости в предположении, что поле не расходится. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 5. Безапертурные оптические зонды. Электрохимическое травления металлических зондов.

творческое задание , примерные вопросы:

Изготовить конусные оптические антенны из вольфрама и золота Задача □5 Получить выражения для поперечных электрической и магнитной составляющих для плоской волны, распространяющейся вдоль планарного интерфейса. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 6. Гигантское усиление электромагнитного поля вблизи металлических наноструктур. Поверхностные плазмон-поляритонные возбуждения. Эффект сингулярности. Оценка усиления электромагнитного поля.

научный доклад , примерные вопросы:

Подготовить доклады по методам усиления оптического поля с помощью плазмонных наноантенн Задача □6 Построить диаграмму распределения компонент электрического и магнитного полей в фокальной плоскости. Рассмотреть случаи сильной и слабой фокусировки. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 7. Теоретические аспекты расчета распределения ближнего поля. Модель мультиполь-мультипольного взаимодействия. Модель конечных разностей во временной области.

презентация , примерные вопросы:

Подготовить презентации по теоретическим методам расчета электромагнитных полей в ближней зоне Задача □7 Вывести Фурье-спектр продольной компоненты поля. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 8. Ближнеполевая Раман спектроскопия. Углеродные нанотрубки. Фуллерены.

Тонкие композитные пленки.

дискуссия , примерные вопросы:

Обсуждение локально-усиленных Раман спектров на примере углеродных нанотрубок и фуллеренов Задача □8 Получить распределение электромагнитного поля в дальней зоне с помощью углового распределения спектра в предположении, что лазерный пучок является гауссовским. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 9. Ближнеполевые нелинейные оптические процессы (КАРС, генерация второй гармоники и др.)

дискуссия , примерные вопросы:

Обсуждение аспектов ближнего поля в нелинейных оптических процессах Задача □9 Вывести выражения радиально и азимутально поляризованного лазерного света ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 10. Спектроскопия гзп-мод. Субзондовое разрешение.

дискуссия , примерные вопросы:

Обсуждение интерференции локализованных и делокализованных плазмонов Задача □10

Провести аналитическое исследование возбуждения локализованного поверхностного плазмона в зависимости от диаметра золотой наночастицы. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Тема 11. Лазерные ловушки металлических наночастиц. Оптический пинцент.

дискуссия , примерные вопросы:

Обсуждение давления света и использование эффекта ловушки для создания оптического пинцета
 Задача 11 Рассчитайте тензор напряжений Максвеллана сферической поверхности, охватывающей Рэлеевскую частицу, освещенную плоской волной. ОК-1, ОК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10

Полный комплект тестовых заданий в корпоративной тестовой оболочке АСТ размещен на сервере УИТ ДВГУПС, а также на сайте Университета в разделе СДО ДВГУПС (образовательная среда в личном кабинете преподавателя).

Соответствие между балльной системой и системой оценивания по результатам тестирования устанавливается посредством следующей таблицы:

Объект оценки	Показатели оценивания результатов обучения	Оценка	Уровень результатов обучения
Обучающийся	60 баллов и менее	«Неудовлетворительно»	Низкий уровень
	74 – 61 баллов	«Удовлетворительно»	Пороговый уровень
	84 – 75 баллов	«Хорошо»	Повышенный уровень
	100 – 85 баллов	«Отлично»	Высокий уровень

4. Оценка ответа обучающегося на вопросы, задачу (задание) экзаменационного билета, зачета, курсового проектирования.

Оценка ответа обучающегося на вопросы, задачу (задание) экзаменационного билета, зачета

Элементы оценивания	Содержание шкалы оценивания			
	Неудовлетворительн	Удовлетворитель	Хорошо	Отлично
	Не зачтено	Зачтено	Зачтено	Зачтено
Соответствие ответов формулировкам вопросов (заданий)	Полное несоответствие по всем вопросам.	Значительные погрешности.	Незначительные погрешности.	Полное соответствие.
Структура, последовательность и логика ответа. Умение четко, понятно, грамотно и свободно излагать свои мысли	Полное несоответствие критерию.	Значительное несоответствие критерию.	Незначительное несоответствие критерию.	Соответствие критерию при ответе на все вопросы.
Знание нормативных, правовых документов и специальной литературы	Полное незнание нормативной и правовой базы и специальной литературы	Имеют место существенные упущения (незнание большей части из документов и специальной литературы по названию, содержанию и т.д.).	Имеют место несущественные упущения и незнание отдельных (единичных) работ из числа обязательной литературы.	Полное соответствие данному критерию ответов на все вопросы.
Умение увязывать теорию с практикой, в том числе в области профессиональной работы	Умение связать теорию с практикой работы не проявляется.	Умение связать вопросы теории и практики проявляется редко.	Умение связать вопросы теории и практики в основном проявляется.	Полное соответствие данному критерию. Способность интегрировать знания и привлекать сведения из различных научных сфер.

Качество ответов на дополнительные вопросы	На все дополнительные вопросы преподавателя даны неверные ответы.	Ответы на большую часть дополнительных вопросов преподавателя даны неверно.	. Даны неполные ответы на дополнительные вопросы преподавателя. 2. Дан один неверный ответ на дополнительные вопросы преподавателя.	Даны верные ответы на все дополнительные вопросы преподавателя.
--	---	---	--	---

Примечание: итоговая оценка формируется как средняя арифметическая результатов элементов оценивания.