

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет
Кафедра оптоэлектроники



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и
инновациям

М.В. Шарафан

2021 г.

Рабочая учебная программа по дисциплине

**Б1.В.ДВ.2.1 ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПЕРЕДАЧИ И ОБРАБОТКИ
ИНФОРМАЦИИ**

Направление подготовки
03.06.01 Физика и астрономия

Профиль программы
01.04.05 Оптика

Квалификация выпускника: **Исследователь. Преподаватель-Исследователь**

Форма обучения
очная, заочная

Краснодар 2021


Рабочая программа разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденным приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 № 867, и примерной ООП

Составитель:  А.П. Бойченко, доктор физ.-мат. наук, доцент кафедры оптоэлектроники физико-технического факультета КубГУ

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники,
07 апреля 2021 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой  Н.А. Яковенко, доктор технических наук, профессор, декан ФТФ КубГУ

Рабочая программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета 16 апреля 2021, протокол № 13

Председатель УМК ФТФ  Н.М. Богатов, доктор физико-технических наук, профессор, зав. кафедрой физики и информационных систем КубГУ

Зав.отделом аспирантуры  Н.Ю. Звягинцева

Настоящая рабочая программа дисциплины (РПД) «ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПЕРЕДАЧИ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ», реализуемая в ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет» (КубГУ) разработана на основе следующих нормативных документов:

- Федеральный Закон «Об образовании в Российской Федерации», № 273-ФЗ от 29.12.2012;
- Приказ Минобрнауки России от 30.07.2014 № 867 об утверждении Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия;
- Приказ Минобрнауки РФ от 19.11.2013 № 1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре»;
- Приказ Минобрнауки РФ от 26.03.2014 № 233 «Об утверждении Порядка приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре»;
- Приказ Минобрнауки РФ от 02.09.2014 №1192 «Об установлении соответствия направлений подготовки высшего образования – подготовки кадров высшей квалификации по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре»;
- Паспорта научной специальности 01.04.05 Оптика, разработанного экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. N 59 Номенклатуры специальностей научных работников (*редакция от 18 января 2011 года*);
- Устав КубГУ;
- Локальные акты КубГУ.

2. Цель и задачи изучения дисциплины

2.1 Цель дисциплины

Дать основополагающие представления о физических эффектах и явлениях, используемых при оптической передаче, преобразовании и обработке информации, рассмотреть принципы технологий реализации этих процедур, включая применение оптических методов, сред и средств в системах передачи, обработки и хранения информации, подготовив аспирантов к профессиональной деятельности в области систем оптической связи.

2.2 Задачи дисциплины

Ориентированы на: освоение решений проблем в разномасштабных уровнях организации физических, инженерно-физических, биофизических, физико-химических, физико-медицинских и природных системах, требующих применения знаний в области физики и технологий оптической передачи, преобразования и обработки информации, включая физическую экспертизу и мониторинг

перечисленных систем; научно-исследовательскую и преподавательскую деятельность в области оптических информационных технологий.

3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПЕРЕДАЧИ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ» относится к **Блоку Б1.В.ДВ.2.1**, который включает дисциплины (модули), относящиеся к вариативной части программы. Курс дисциплины базируется на следующих математических и естественно-научных дисциплинах: электричество и магнетизм, оптика, физика атома, атомного ядра и элементарных частиц, физика твердого тела, физика полупроводников и диэлектриков, квантовая электроника, математический анализ, дифференциальные уравнения, линейная алгебра.

4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины у аспиранта должны сформироваться следующие компетенции, в соответствии с паспортом (п.3):

УК-1: способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

ОПК-1: способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

ПК-2: способность к самостоятельному проведению научно-исследовательских работ и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по научной специальности «Оптика».

Расшифровка компетенций

№ п. п	Индекс компетенции	Содержание Компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1	УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в	физические основы работы оптоэлектронных систем хранения, обработки и передачи информации, основные составные части оптоэлектронных устройств, схемы построения	осуществлять личный выбор в различных профессиональных и морально-ценностных ситуациях, оценивать последствия при-	приемами и технологиями целереализации и оценки результатов деятельности по решению профессиональ-

		междисциплинарных областях	оптоэлектронных приборов (Шифр: З (УК-1) – 1).	<p>нятого решения и нести за него ответственность перед собой и обществом (Шифр: У (УК-1) – 1)</p> <p>описывать физические процессы, протекающие при генерации и распространении оптического излучения в различных средах; рассчитывать параметры оптоэлектронных систем хранения и обработки информации; составлять схемы оптоэлектронных систем хранения, обработки и передачи информации (Шифр: У (УК-1) – 2).</p>	ных задач (Шифр: В (УК-1) – 1)
2	ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности (Шифр: З (ОПК-1) – 1)	выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования (Шифр: У (ОПК-1) -1)	<p>навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований (Шифр: В (ОПК-1) – 1)</p> <p>навыками планирования научного ис-</p>

					следования, анализа полученных результатов и формулировки выводов (Шифр: В (ОПК-1) -2)
3	ПК-2	способность к самостоятельному проведению научно-исследовательских работ и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по научной специальности «Оптика».	теорию и концепцию распространения света и его взаимодействие с веществом (Шифр: З (ПК-2)-1) основы технологий передачи и обработки информации и энергии (Шифр: З (ПК-2) – 2) .	применять принципы и методы исследования взаимодействия света с веществом (Шифр: У (ПК-2)-1) применять принципы и методы диагностики различных оптических систем (Шифр: У (ПК-2)-2)	методами диагностики, исследования и конструирования различных оптических систем (Шифр: В (ПК-2) – 1)

5. Структура и содержание дисциплины

5.1 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Ведение 1. Физические явления и эффекты, лежащие в основе оптических методов обработки информации 1.1. Фотон – носитель электромагнитной энергии и информации. Модели структуры фотона 1.2. Излучение фотонов оптического диапазона. 1.3. Взаимодействие фотонного (электромагнитного) излучения оптического диапазона с конденсированными средами, электрическими и магнитными полями 1.3.1 Интерференция, дифракция, дисперсия и поляризация света 1.3.2. Фотоэффект 1.3.3. Магнито-, электро- и акустооптические эффекты 1.3.4. Нелинейные оптические явления 1.3.5. Эффект фотолиза 1.4. Голография	29	2	4	2	16

2.	<p>2. Компоненты оптических устройств приема, преобразования и хранения информации</p> <p>2.1. Источники излучения</p> <p>2.1.1. Газоразрядные источники. Лампы на парах металлов и газах. Эксилампы. Газоразрядные лазеры.</p> <p>2.1.2. Жидкостные источники. Лазеры на органических красителях. Электрохемиллюминесцентные источники света.</p> <p>2.1.3. Твердотельные источники. Полупроводниковые лазеры. Светоизлучающие гетероструктуры - светодиоды.</p> <p>2.2. Преобразователи и приемники излучения</p> <p>2.2.1. Электровакуумные преобразователи и приемники. Вакуумные фотоэлементы. Фотозлектронные умножители. Передающие телевизионные трубки: диссекторы, суперортиканы, видиканы. Электронно-оптические преобразователи.</p> <p>2.2.2. Твердотельные преобразователи и приемники. Фоторезисторы. Фотодиоды и фототранзисторы. Фотоприемные устройства. Фоточувствительные приборы с переносом заряда. Фотоэлектрические преобразователи. Оптроны. Дефлекторы. Управляемые транспаранты. Магнито-, электро- и акустооптические модуляторы.</p> <p>2.2.3. Фотохимические преобразователи и приемники. Галоген-серебряные и несеребряные фотоматериалы. Фотохромные преобразователи и среды. Радиографические ячейки оптического излучения.</p>	26	2	6	8	16
----	---	----	---	---	---	----

3.	3. Оптоэлектронные системы передачи, обработки и хранения информации 3.1. Оптические процессоры 3.2. Пространственная фильтрация оптических сигналов 3.3. Оптические методы распознавания образов 3.4. Оптоэлектронные запоминающие устройства 3.5. Бинарные запоминающие устройства 3.6. Голографические запоминающие устройства	26	2	4	4	16
4	4. Интегрально- и волоконно-оптические системы передачи информации 4.1. Оптические волноводы 4.2. Пассивные элементы оптических информационных систем 4.3. Активные элементы оптических информационных систем 4.4. Физические основы передачи сигнала по оптическому волокну 4.5. Построение волоконно-оптических систем передачи информации	28	2	4	4	16
	<i>Итого по дисциплине:</i>	108	8	18	18	64

6 Содержание разделов дисциплины:

6.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Физические явления и эффекты, лежащие в основе оптических методов обработки информации	<p>1.1. Фотон – носитель электромагнитной энергии и информации. Модели структуры фотона</p> <p>1.2. Излучение фотонов оптического диапазона.</p> <p>1.3. Взаимодействие фотонного (электромагнитного) излучения оптического диапазона с конденсированными средами, электрическими и магнитными полями</p> <p>1.3.1 Интерференция, дифракция, дисперсия и поляризация света</p> <p>1.3.2. Фотоэффект</p> <p>1.3.3. Магнито-, электро- и акусто-оптические эффекты</p> <p>1.3.4. Нелинейные оптические явления</p> <p>1.3.5. Эффект фотолиза</p> <p>1.4. Голография</p>	Реферат
2.	Компоненты оптических устройств приема, преобразования и хранения информации	<p>2.1. Источники излучения</p> <p>2.1.1. Газоразрядные источники. Лампы на парах металлов и газах. Эксилампы. Газоразрядные лазеры.</p> <p>2.1.2. Жидкостные источники. Лазеры на органических красителях. Электрохемилюминесцентные источники света.</p> <p>2.1.3. Твердотельные источники. Полупроводниковые лазеры. Светоизлучающие гетероструктуры – светодиоды.</p> <p>2.2. Преобразователи и приемники излучения</p> <p>2.2.1. Электровакуумные преобразователи и приемники. Вакуумные фотоэлементы. Фотоэлектронные умножители. Передающие телевизионные трубки: диссекторы, суперорбитроны, видиконы. Электрон-</p>	Реферат

		<p>но-оптические преобразователи.</p> <p>2.2.2. Твердотельные преобразователи и приемники. Фоторезисторы. Фотодиоды и фототранзисторы. Фотоприемные устройства. Фоточувствительные приборы с переносом заряда. Фотоэлектрические преобразователи. Оптроны. Дефлекторы. Управляемые транспаранты. Магнито-, электро- и акустооптические модуляторы.</p> <p>2.2.3. Фотохимические преобразователи и приемники. Галогенсеребряные и несеребряные фотоматериалы. Фотохромные преобразователи и среды. Радиографические ячейки оптического излучения.</p>	
3.	Оптоэлектронные системы передачи, обработки и хранения информации	<p>3.1. Оптические процессоры</p> <p>3.2. Пространственная фильтрация оптических сигналов</p> <p>3.3. Оптические методы распознавания образов</p> <p>3.4. Оптоэлектронные запоминающие устройства</p> <p>3.5. Бинарные запоминающие устройства</p> <p>3.6. Голографические запоминающие устройства</p>	Реферат
4.	Интегрально- и волоконно-оптические системы передачи информации	<p>4.1. Оптические волноводы</p> <p>4.2. Пассивные элементы оптических информационных систем</p> <p>4.3. Активные элементы оптических информационных систем</p> <p>4.4. Физические основы передачи сигнала по оптическому волокну</p> <p>4.5. Построение волоконно-оптических систем передачи информации</p>	Реферат

6.2 Занятия семинарского типа

№	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Физические явления и эффекты, лежащие в основе оптических методов обработки информации	Практические занятия № 1–4. Физические явления и эффекты, лежащие в основе оптических методов обработки информации	Изложена в п. 6.2.1.
2	Компоненты оптических устройств приема, преобразования и хранения информации	Практические занятия № 5–10. Компоненты оптических устройств приема, преобразования и хранения информации	
3	Оптоэлектронные системы передачи, обработки и хранения информации	Практические занятия № 11–14. Оптоэлектронные системы передачи, обработки и хранения информации	
4	Интегрально- и волоконно-оптические системы передачи информации	Практические занятия № 15–18. Интегрально- и волоконно-оптические системы передачи информации	

6.2.1. Методические указания по выполнению заданий на практических (семинарских) занятиях

Практические занятия № 1–3. Физические явления и эффекты, лежащие в основе оптических методов обработки информации.

Цель занятий: закрепление теоретических знаний о физических явлениях и эффектах, полученных на лекциях, а также навыков самостоятельного решения задач.

Задание на занятия: во время занятия аспиранты самостоятельно решают задачи с участием преподавателя.

Требования к отчетным материалам: отчетными материалами являются конспекты с решенными задачами, которые преподаватель просматривает в ходе занятия.

Ход занятия: занятие начинается с краткого упоминания конкретных законов, явлений, расчетных формул, относящихся к теме занятия; затем аспиранты по-

лучают задания в виде задач (примеры задач приведены ниже для каждого занятия), возможна как индивидуальная, так и групповая работа; в случае необходимости преподаватель во время занятия подсказывает ход решения задач.

Практическое занятие № 4. Физические явления и эффекты, лежащие в основе оптических методов обработки информации. Проходит в форме контрольной работы.

Цель занятий: проверка полученных теоретических знаний и навыков самостоятельного решения задач.

Задание на занятия: во время занятия аспиранты отвечают на теоретические вопросы и решают задачи (вопросы и примеры задач приведены ниже).

Требования к отчетным материалам: отчетными материалами являются выполненные контрольные работы.

Ход занятия: аспиранты получают задание с теоретическими вопросами и задачами, выполняют задание и сдают их преподавателю.

Практические занятия № 5–9. Компоненты оптических устройств приема, преобразования и хранения информации. Проходят в форме семинарского занятия.

Цель занятий: усвоение особенностей состава, строения и назначения компонентов оптоэлектронных устройств и систем.

Задание на занятия: во время занятия аспиранты участвуют в обсуждении состава, строения и назначения компонентов оптоэлектронных систем, их устройства, принципа работы, решают задачи.

Требования к отчетным материалам: отчетными материалами являются рефераты докладов по устройству и принципам работы компонентов оптоэлектронных систем (в произвольной форме).

Ход занятия: аспиранты выступают с докладами по рефератам, участвуют в обсуждении устройства, принципа работы, назначении и применении оптоэлектронных устройств. Остальные занятия посвящены решению задач на темы: тепловое излучение, вынужденное излучение, фотоэффект, эффект Комптона, магнит- и электрооптические эффекты.

Практическое занятие № 10. Компоненты оптических устройств приема, преобразования и хранения информации. Проходит в форме тестовых заданий.

Цель занятий: проверка полученных теоретических знаний и представлений о составе, строении и назначении компонентов оптоэлектронных систем.

Задание на занятиях: во время занятия аспиранты письменно отвечают на теоретические вопросы тестов (вопросы приведены ниже).

Требования к отчетным материалам: отчетными материалами являются ответы на вопросы тестовых заданий.

Ход занятия: аспиранты получают тестовые задания с теоретическими вопросами, выполняют задания и сдают их преподавателю.

Практические занятия № 11–13, 15–17. Оптоэлектронные системы передачи, обработки и хранения информации. Интегрально- и волоконно-оптические системы передачи информации. Проходят в форме семинарского занятия.

Цель занятий: усвоение особенностей построения, работы и применения современных оптоэлектронных систем для обработки, хранения и передачи информации.

Задание на занятия: во время занятия аспиранты участвуют в обсуждении устройства, принципа работы, применения оптических методов обработки, хранения и передачи информации (вопросы приведены ниже для каждого занятия).

Требования к отчетным материалам и документам: отчетными материалами являются информационные материалы по устройству и работе оптоэлектронных систем в произвольной форме.

Ход занятия: аспиранты участвуют в обсуждении устройства, принципа работы, применения оптоэлектронных систем, а затем получает небольшое задание с теоретическими вопросами и задачами, выполняют задание и сдают их преподавателю.

Практические занятия № 14, 18. Оптоэлектронные системы передачи, обработки и хранения информации. Интегрально- и волоконно-оптические системы передачи информации. Проходят в форме контрольной работы.

Цель занятий: проверка усвоения полученных теоретических знаний об особенностях построения, работы и применения современных оптоэлектронных систем для обработки, хранения и передачи информации.

Задание на занятия: во время занятия аспиранты отвечают на теоретические вопросы и решают задачи (вопросы и примеры задач приведены ниже для каждого занятия).

Требования к отчетным материалам и документам: отчетными материалами являются выполненные контрольные работы.

Ход занятия: аспиранты получают задания с теоретическими вопросами и задачами, выполняют задания и сдают их преподавателю.

6.2.2. Основные методические рекомендации по выполнению заданий на практических (семинарских) занятиях

Практическое занятие № 1.

На занятии рассматриваются основы работы интерферометров. Для успешного решения задач требуется повторить понятия когерентности волн, методы наблюдения интерференции, расчет интерференционной картины от двух источников. Большинство задач требуют построения пояснительного чертежа, упрощающего понимание сути задачи (примеры задач приведены ниже).

Задачи

1. В интерферометре для измерения показателей преломления прозрачных веществ монохроматический свет с длиной волны 589 нм проходит через две

одинаковые трубки с воздухом, длина каждой трубки 10,0 см. Когда воздух в трубке 1 заменили другим газом, то интерференционная картина на экране сместилась вверх на $N = 17$ полос. Определить показатель преломления исследуемого газа и род газа (по справочнику).

2. В двухлучевом интерферометре используется оранжевая линия ртути, состоящая из двух компонент с $\lambda_1 = 576,97$ нм и $\lambda_2 = 579,03$ нм. При каком наименьшем порядке интерференции четкость интерференционной картины будет наихудшей?

3. В интерферометре Майкельсона использовалась желтая линия натрия, состоящая из двух компонент с $\lambda_1 = 589,0$ нм и $\lambda_2 = 589,6$ нм. При перемещении одного из зеркал интерференционная картина периодически исчезала (почему?). Найти перемещение зеркала между двумя последовательными появлениями наиболее четкой картины.

4. При освещении интерферометра Фабри-Перо расходящимся монохроматическим светом с длиной волны λ фокальной плоскости линзы возникает интерференционная картина – система концентрических колец. Толщина эталона равна d . Определить, как зависит от порядка интерференции: расположение колец; угловая ширина полос интерференции.

5. Найти для интерферометра Фабри-Перо, толщина которого $d = 2,5$ см: максимальный порядок интерференции света с длиной волны $\lambda = 0,50$ мкм; дисперсионную область $\Delta\lambda$, т. е. спектральный интервал длин волн, для которого еще нет перекрытия с другими порядками интерференции, если наблюдение ведется вблизи $\lambda = 0,50$ мкм.

Практическое занятие № 2.

На занятии рассматривается явление дифракции световых волн. Для успешного решения задач требуется повторить метод зон Френеля, дифракцию Френеля на круглом отверстии и диске, дифракцию Фраунгофера на щели и дифракционной решетке, дифракцию рентгеновских лучей на пространственной решетке. Большинство задач требуют построения пояснительного чертежа, упрощающего понимание сути задачи (примеры задач приведены ниже).

Задачи

1. На пути плоской световой волны с $\lambda = 0,54$ мкм поставили тонкую собирающую линзу с фокусным расстоянием $f = 50$ см, непосредственно за ней – диафрагму с круглым отверстием и на расстоянии $b \sim 75$ см от диафрагмы – экран. При каких радиусах отверстия центр дифракционной картины на экране имеет максимальную освещенность?

2. Точечный источник монохроматического света расположен перед зонной пластинкой на расстоянии $a = 1,5$ м от нее. Изображение источника образуется

на расстоянии $b = 1,0$ м от пластинки. Найти фокусное расстояние зонной пластинки.

3. Монохроматический свет падает на отражательную дифракционную решетку с периодом $d = 1,0$ мм под углом скольжения $\alpha = 1,0^\circ$. Под углом скольжения $\alpha = 3,0^\circ$ образуется фраунгоферов максимум второго порядка. Найти длину волны света.

4. Дифракционная решетка кварцевого спектрографа имеет ширину 25 мм и содержит 250 штрихов на миллиметр. Фокусное расстояние объектива, в фокальной плоскости которого находится фотопластинка, равно 80 см. Свет падает на решетку нормально. Исследуемый спектр содержит спектральную линию, компоненты дублета которой имеют длины волн 310,154 и 310,184 нм. Определить расстояния на фотопластинке между компонентами этого дублета в спектрах первого и второго порядков.

5. Голограмму точки A получают в результате интерференции плоской опорной волны и предметной, дифрагированной на точке A . Расстояние от этой точки до фотопластинки $l = 50$ см, длина волны $\lambda = 620$ нм. Фотопластинка ориентирована перпендикулярно направлению распространения опорной волны. Найти: радиус k -го кольца голограммы, соответствующего максимуму освещенности; вычислить этот радиус для $k = 10$; зависимость расстояния Δr между соседними максимумами от радиуса r соответствующего кольца для $r \ll l$.

6. На фотопластинке, отстоящей на $l = 40$ см от небольшого предмета, хотят получить его голограмму, где были бы записаны детали предмета размером $d = 10$ мкм. Длина волны света $\lambda = 0,60$ мкм. Каким должен быть размер фотопластинки?

Практическое занятие № 3.

На занятии рассматривается явление поляризации света. Для успешного решения задач требуется повторить понятия естественного и поляризованного света, поляризацию при отражении и преломлении (закон Брюстера), явление двойного лучепреломления. Большинство задач требуют построения пояснительного чертежа, упрощающего понимание сути задачи (примеры задач приведены ниже).

Задачи

1. Пучок естественного света падает на систему из $N = 6$ поляризаторов, плоскость пропускания каждого из которых повернута на угол $\varphi = 30^\circ$ относительно плоскости пропускания предыдущего поляризатора. Какая часть светового потока проходит через эту систему?

2. Естественный свет проходит через поляризатор и анализатор, поставленные так, что угол между их главными плоскостями равен φ . Как поляризатор, так и

анализатор поглощают и отражают 8% падающего на них света. Интенсивность луча, вышедшего из анализатора, равна 9% интенсивности естественного света, падающего на поляризатор. Определить угол φ .

3. Определить показатель преломления n стекла, если при отражении от него света, отраженный луч будет полностью поляризован при угле преломления $\varphi = 30^\circ$.

4. Естественный свет проходит через поляризатор и анализатор, поставленные так, что угол между их главными плоскостями равен φ . Как поляризатор, так и анализатор поглощают и отражают 8% падающего на них света. Интенсивность луча, вышедшего из анализатора, равна 9% интенсивности естественного света, падающего на поляризатор. Определить угол φ .

Практическое занятие № 4.

Занятие проходит в форме контрольной работы. Аспиранты отвечают на теоретические вопросы и решают задачи (вопросы и примеры задач приведены ниже).

Вопросы

1. Полное внутреннее отражение
2. Интерференция света. Когерентность световых волн. Оптическая разность хода. Условия максимумов и минимумов при интерференции света
3. Методы наблюдения интерференции света. Расчет интерференционной картины от двух источников
4. Дифракция волн. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля.
5. Дифракция Френеля на круглом отверстии и диске
6. Дифракция Фраунгофера на одной щели и дифракционной решетке
7. Дифракция рентгеновских лучей. Условие Вульфа-Брэггов. Понятие о рентгеноструктурном анализе.
8. Естественный и поляризованный свет. Прохождение света через поляризаторы. Закон Малюса
9. Поляризация света при отражении и преломлении. Закон Брюстера
10. Двойное лучепреломление. Двойкопреломляющие кристаллы
11. Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсия
12. Понятие об электронной теории дисперсии света

Задачи

1. Какова будет интенсивность света в фокусе зонной пластинки, если закрыты все зоны, кроме первой. Интенсивность света без пластинки принять равной I_0 .
2. Плоская монохроматическая световая волна падает нормально на круглое отверстие. На расстоянии $b = 9,0$ м от него находится экран, где наблюдают некоторую дифракционную картину. Диаметр отверстия уменьшили в 3 раза. Найти новое расстояние b' , на котором надо поместить экран, чтобы получить на нем

дифракционную картину, подобную той, что в предыдущем случае, но уменьшенную в 3 раза.

3. Определить длину волны света, падающего нормально на дифракционную решетку с периодом $d = 2,2$ мкм, если угол между направлениями на фраунгоферовы максимумы первого и второго порядков $\Delta\varphi = 15^\circ$.

4. Естественный свет с длиной волны 656 нм падает на систему из двух скрещенных поляризаторов, между которыми находится кварцевая пластинка, вырезанная перпендикулярно оптической оси. При какой минимальной толщине пластинки система будет пропускать 0,30 светового потока?

5. В некоторую точку пространства приходит излучение с оптической разностью хода 1,8 мкм. Определить, усилится или ослабнет свет в этой точке с длиной волны 1) 600 нм; 2) 400 нм.

6. Свет проходит через систему из двух скрещенных поляризаторов, между которыми расположена кварцевая пластинка, вырезанная перпендикулярно оптической оси. При какой минимальной толщине пластинки свет с $\lambda_1 = 436$ нм будет полностью задерживаться системой, а с $\lambda_2 = 497$ нм пропускаться наполовину?

7. Угол Брюстера при падении света из воздуха на кристалл каменной соли равен 57° . Определить скорость света в этом кристалле.

8. Предельный угол полного отражения пучка света на границе жидкости с воздухом равен $\varphi_{\text{пр}} = 43^\circ$. Определить угол Брюстера для падения луча из воздуха на поверхность этой жидкости.

Практическое занятие № 5.

Аспиранты выступают с рефератами докладов по заранее предложенным им темам (приведены в п. 6.4) и обсуждают вопросы состава, строения и назначения компонентов оптоэлектронных устройств и систем.

Практическое занятие № 6.

На занятии рассматривается тепловое излучение, спонтанное, вынужденное излучение. Для успешного решения задач требуется повторить законы теплового излучения, принципы излучения, связанного с переходами электронов из более высокого энергетического состояния в более низкое (примеры задач приведены ниже).

Задачи

1. Найти с помощью формулы Планка мощность излучения единицы поверхности абсолютно черного тела, приходящегося на узкий интервал длин волн $\Delta\lambda =$

=1,0 нм вблизи максимума спектральной плотности излучения, при температуре тела $T=3000$ К.

2. Атомарный водород находится в термодинамическом равновесии со своим излучением. Найти: отношение вероятностей индуцированного и спонтанного излучений атомов с уровня $2P$ при $T = 3000$ К; температуру, при которой эти вероятности одинаковы.

3. Мощность излучения абсолютно черного тела $N = 34$ кВт. Определить температуру T этого тела, если известно, что его поверхность $S=0,6$ м².

4. Определить длину волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела, имеющего температуру $T = 310$ К.

5. При нагревании абсолютно черного тела длина волны λ , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась от 690 до 500 нм. Определить во сколько раз увеличилась при этом энергетическая светимость R_ε тела.

Практическое занятие № 7.

Аспиранты выступают с рефератами докладов по заранее предложенным им темам (приведены в п. 6.4) и обсуждают явление фотоэффекта, эффекта Комптона и их использования в оптоэлектронных устройствах и системах передачи, преобразования и обработки информации.

Практическое занятие № 8.

На занятии повторяют явление фотоэффекта, эффект Комптона, а также, для успешного решения задач – уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, понятие красной границы фотоэффекта (примеры задач приведены ниже).

Задачи

1. Определить красную границу фотоэффекта для цинка и максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с его поверхности электромагнитным излучением с длиной волны 250 нм.

2. При поочередном освещении поверхности некоторого металла светом с $\lambda_1 = 0,35$ мкм и $\lambda_2 = 0,54$ мкм обнаружили, что соответствующие максимальные скорости фотоэлектронов отличаются друг от друга в 2,0 раза. Найти работу выхода с поверхности этого металла.

3. До какого максимального потенциала зарядится удаленный от других тел медный шарик при облучении его электромагнитным излучением с $\lambda = 140$ нм?

4. Фототок, возникающий в цепи вакуумного фотоэлемента при освещении цинкового электрода электромагнитным излучением с длиной волны 262 нм, прекращается, если подключить внешнее задерживающее напряжение 1,5 В. Найти величину и полярность внешней контактной разности потенциалов фотоэлемента.

5. Фотон с энергией 250 кэВ рассеялся под углом 120° на первоначально покоившемся свободном электроне. Определить энергию рассеянного фотона.

6. Фотон с длиной волны $\lambda = 6,0$ пм рассеялся под прямым углом на покоившемся свободном электроне. Найти: частоту рассеянного фотона; кинетическую энергию электрона отдачи.

Практическое занятие № 9.

На занятии рассматриваются электро- и магнитооптические эффекты. Для успешного решения задач требуется повторить электрооптические эффекты Погекельса и Керра, магнитооптические эффекты Фарадея и Керра (примеры задач приведены ниже).

Задачи

1. Ячейку Керра поместили между двумя скрещенными поляризаторами так, что направление электрического поля E в конденсаторе образует угол 45° с плоскостями пропускания поляризаторов. Конденсатор имеет длину $l = 100$ мм и заполнен нитробензолом. Через систему проходит свет с $\lambda = 0,50$ мкм. Постоянная Керра $B = 2,2 \cdot 10^{-10}$ см/В². Определить минимальную напряженность электрического поля E в конденсаторе, при которой интенсивность света, прошедшего через эту систему, не будет зависеть от поворота заднего поляризатора. Подсчитать число прерываний света в 1 с, если на конденсатор подать синусоидальное напряжение с частотой $f = 10$ МГц и амплитудным значением напряженности $E_m = 50$ кВ/см.

2. Некоторое вещество поместили в продольное магнитное поле соленоида, расположенного между двумя поляризаторами. Длина трубки с веществом $l = 30$ см. Найти постоянную Верде, если при напряженности поля $H = 56,5$ кА/м угол поворота плоскости поляризации $\varphi_1 = +5^\circ 10'$ для одного направления поля и $\varphi_2 = -3^\circ 20'$ для противоположного направления.

3. Узкий пучок плоскополяризованного света проходит через правовращающее положительное вещество, находящееся в продольном магнитном поле. Найти угол, на который повернется плоскость поляризации вышедшего пучка, если длина трубки с веществом равна l , его постоянная вращения α , постоянная Верде V и напряженность магнитного поля H .

4. Трубка с бензолом длиной $l = 26$ см находится в продольном магнитном поле соленоида, расположенного между двумя поляризаторами. Угол между плоско-

стями пропускания поляризаторов равен 45° . Найти минимальную напряженность магнитного поля, при которой свет с длиной волны 589 нм будет проходить через эту систему только в одном направлении (оптический вентиль). Как будет вести себя этот оптический вентиль, если изменить направление данного магнитного поля на противоположное?

5. Пучок естественного света интенсивности I_0 падает на систему из двух скрещенных поляризаторов, между которыми находится трубка с оптически неактивным раствором в продольном магнитном поле напряженности H . Длина трубки l , линейный показатель поглощения раствора χ и постоянная Верде V . Пренебрегая отражениями, найти интенсивность света, прошедшего через эту систему.

Практическое занятие № 10.

Занятие проходит в форме контрольной работы. Аспиранты отвечают на теоретические вопросы и решают задачи (вопросы и примеры задач приведены ниже).

Вопросы

1. Тепловое излучение и его характеристики. Черное тело.
2. Законы теплового излучения: закон Кирхгофа, Стефана-Больцмана, закон смещения Вина
3. Законы теплового излучения: формула Рэлея-Джинса, закон излучения Вина, формула Планка
4. Поглощение света
5. Спонтанное излучение света (прямые и не прямые переходы)
6. Вынужденное излучение света, его особенности, отличие от спонтанного
7. Фотоэффект и его виды. Законы Столетова
8. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта. Красная граница фотоэффекта. Многофотонный фотоэффект
9. Внутренний фотоэффект. Вентильный фотоэффект
10. Пироэлектрический эффект
11. Применение фотоэффекта
12. Явление давления света
13. Эффект Комптона
14. Электрооптический эффект. Электрооптические материалы
15. Эффект Поккельса. Модулятор на основе эффекта Поккельса
16. Электрооптический эффект Керра. Оптические Затворы Керра
17. Магнитооптические эффекты
18. Магнитооптический эффект Фарадея. Оптические изоляторы на основе эффекта Фарадея
19. Магнитооптический эффект Керра. Применение эффекта Керра для считывания информации на оптических дисках
20. Акустооптические эффекты
21. Особенности дифракции Брэгга

Задачи

1. Какой энергией E_1 должны обладать фотоны, чтобы при комптоновском рассеянии на свободном покоящемся электроны на угол $\varphi = \pi/2$ длина волны отвечающего им излучения испытывала удвоение?
2. Шар радиуса r , поверхность которого можно принять за абсолютно черную, поддерживается при температуре T . Определить: а) энергетическую светимость R_e шара; б) излучаемый им полный световой поток Φ .
3. На фотоэлемент с катодом из лития падает излучение с длиной волны $\lambda = 200$ нм. Определить наименьшее значение задерживающей разности потенциалов, которую нужно приложить к фотоэлементу, чтобы прекратить фототок.
4. На металлическую пластину направлен монохроматический пучок света с частотой $f = 7,3 \cdot 10^{14}$ Гц. Красная граница фотоэффекта для данного материала $\lambda_0 = 560$ нм. Определить максимальную скорость фотоэлектронов.
5. Определить давление, оказываемое плоской световой волной на плоское зеркало. Угол падения волны φ . Известна интенсивность I волны.
6. Сравнить длины волн де Бройля для электрона и протона, имеющих одинаковую скорость.

Практические занятия № 11–13, 15–17.

Занятия проходят в форме семинара, на котором аспиранты выступают с рефератами докладов по одной из предложенных тем (см. п. 6.4) и обсуждают вопросы конструирования и функционирования оптоэлектронных систем передачи, обработки и хранения информации.

Практическое занятие № 14.

Занятие проходит в форме самостоятельной работы. Аспиранты решают задачи (примеры задач приведены ниже) и сдают их преподавателю.

Задачи

1. Лазер излучил в импульсе длительности $\tau = 0,13$ мс пучок света с энергией $E = 10$ Дж. Найти среднее давление такого светового импульса, если его сфокусировать в пятнышко диаметром $d = 10$ мкм на поверхность с коэффициентом отражения $\rho = 0,50$.
2. Электромагнитное излучение с $\lambda = 0,30$ мкм падает на фотоэлемент, находящийся в режиме насыщения. Спектральная чувствительность фотоэлемента $S_\lambda = 4,8$ мА/Вт. Найти квантовый выход фотоэлектронов.
3. Один из электродов вакуумного фотоэлемента цезиевый, другой медный. Определить максимальную скорость фотоэлектронов, подлетающих к медному

электроду, при освещении цезиевого электрода электромагнитным излучением с длиной волны 0,22 мкм, если электроды замкнуты накоротко.

4. Фототок, возникающий в цепи вакуумного фотоэлемента при освещении цинкового электрода электромагнитным излучением с длиной волны 262 нм, прекращается, если подключить внешнее задерживающее напряжение 1,5 В. Найти величину и полярность внешней контактной разности потенциалов фотоэлемента.

Практическое занятие № 18.

Занятие проходит в форме самостоятельной работы. Аспиранты решают задачи (примеры задач приведены ниже) и сдают их преподавателю.

Задачи

1. Определить критический диаметр сердечника двухслойного одномодового оптического волокна с диэлектрической проницаемостью сердечника $\epsilon_1 = 2,2$ и оболочки $\epsilon_2 = 2,15$ на $\lambda = 1,55$ мкм ($\mu_1 = \mu_2 = 1$).

2. Определить работает ли в одномодовом режиме волокно с радиусом сердцевины $a = 8$ мкм, $n_1 = 1,450$, $n_2 = 1,447$, $\lambda = 1,3$ мкм.

3. Определить режим работы волокна на $\lambda = 1,06$ мкм при радиусе сердечника $a = 2,5$ мкм, коэффициентах преломления сердечника $n_1 = 1,48$ и оболочки $n_2 = 1,45$. Определить границы изменения фазовой скорости.

4. Определить частоту и длину волны отсечки одномодового волокна со ступенчатым профилем показателя преломления с $n_1 = 1,51$, $n_2 = 1,50$, диаметром сердцевины 10 мкм.

5. Определить числовую апертуру волокна с диэлектрической проницаемостью сердечника $\epsilon_1 = 2,2$ и оболочки $\epsilon_2 = 2,15$.

6. Вывести формулу для числовой апертуры оптического волокна из законов геометрической оптики.

6.3 Лабораторные занятия

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Физические явления и эффекты, лежащие в основе оптических методов обработки информации	Демонстрация видеофильмов по наименованию раздела.	

2	Компоненты оптических устройств приема, преобразования и хранения информации	<p>1. Изучение работы импульсной ксеноновой лампы.</p> <p>2. Изучение кинетики горения газоразрядной плазмы в воздухе.</p> <p>3. Наблюдение и изучение электрохемилюминесценции.</p> <p>4. Изучение режимов работы светодиодов на основе различных гетероструктур.</p> <p>5. Изучение работы вакуумного фотоэлемента.</p> <p>6. Изучение работы фотоэлектронного умножителя.</p> <p>7. Изучение работы электронно-оптического преобразователя.</p> <p>8. Изучение сравнительных характеристик работы полупроводниковых фотоприемников: фоторезисторов, фотодиодов и фотоэлектрических преобразователей.</p> <p>9. Фотолиз светочувствительных систем Часть 1. Синтез и изготовление светочувствительных сред на основе солей свинца и серебра. Часть 2. Изучение фотолиза светочувствительных сред на основе солей свинца и серебра. Часть 3. Изучение фотохимических свойств фоторезиста</p>	<p>Письменный отчет в лабораторном журнале о результатах работы и сделанных на их основе выводов</p>
3	Оптоэлектронные системы передачи, обработки и хранения информации	<p>10. Изучение структуры и строения бинарных запоминающих устройств.</p> <p>11. Изучение работы оптрона</p>	
4	Интегрально- и волоконно-оптические системы передачи информации	<p>12. Оценка геометрических размеров микролинз с помощью оптического микроскопа</p> <p>13. Изучение линейного электрооптического эффекта в кристалле ниобата лития</p> <p>14. Изучение оптических свойств волоконных световодов</p>	

6.4 Примерная тематика рефератов

1. История изучения световых явлений и существующие модели фотонов.
2. Принцип действия лазеров. Их классификация.
3. Принцип действия светодиодов. Их конструкции.
4. Электр люминесцентные ячейки, конденсаторы
5. Фотоэлектрические приемники.
6. Приемники, работающие на фотоэлектронной эмиссии.
7. Фотоэлементы.
8. Фотоэлектронные умножители.
9. Электронно-оптические преобразователи.
10. Приемники, работающие на внутреннем фотоэффекте.
11. Фоторезисторы.
12. Фотогальванические элементы.
13. *p-i-n* –фотодиоды. Лавинные фотодиоды. Гетерофотодиоды.
14. Биполярные фототранзисторы, фототиристоры.
15. Многоэлементные фотоприемники.
16. Структурная схема оптрона и его устройство.
17. Резисторные оптроны.
18. Диодные оптроны.
19. Транзисторные оптроны.
20. Тиристорные оптроны.
21. Применение оптронов.
22. Назначение, принцип действия дефлекторов в оптических устройствах обработки информации.
23. Электрооптические дефлекторы.
24. Акустооптические дефлекторы.
25. Модуляторы в оптических устройствах обработки информации.
26. Электрооптические модуляторы: устройство, принцип действия.
27. Акустооптические модуляторы: устройство, принцип действия.
28. Магнитооптические модуляторы: устройство, принцип действия.
29. Виды транспарантов.
30. Транспаранты из фотохромных материалов.
31. Транспаранты переменной прозрачности.
32. Транспаранты с фазовой модуляцией.
33. Управляемые транспаранты.
34. Конструкции управляемых транспарантов.
35. Электрически управляемые транспаранты.
36. Регистрирующие среды для запоминающих устройств.
37. Фотохимические среды регистрации оптической информации
38. Способы записи в оптоэлектронных запоминающих устройствах
39. Схема построения бинарных запоминающих устройств и их компоненты
40. Способы записи информации в бинарных запоминающих устройствах
41. Типы голографических запоминающих устройств
42. Голографические запоминающие устройства с последовательной записью