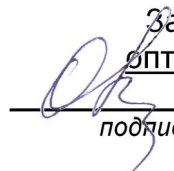


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)  
ПЕРЕДОВАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА (ПИШ)

УТВЕРЖДАЮЮ  
Заведующий кафедрой  
оптики и спектроскопии  
 (Овчинников О.В.)  
подпись, расшифровка подписи

14. 06. 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.О.04 Оптоинформатика

1. Код и наименование направления подготовки: 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика
2. Профиль подготовки: Материалы и устройства фотоники и оптоинформатики
3. Квалификация выпускника: магистр
4. Форма образования: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра оптики и спектроскопии
6. Составители программы: Головинский П.А., доктор физико-математических наук, профессор
7. Рекомендована: НМС физического ф-та ВГУ протокол № 6 от 13.06.2024
8. Учебный год: 2024 /2025 Семестр(-ы): 1

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

Оптоинформатика – это наиболее динамично развивающееся направление фотоники, определяющее прогресс мировой науки и техники, связанный с исследованием, разработкой, созданием и эксплуатацией новых материалов, технологий, приборов и устройств, направленных на передачу, прием, обработку, хранение и отображение информации на основе оптических технологий. Оптоинформатика ориентирована на интеграцию оптических, информационных и телекоммуникационных технологий.

Основная цель преподавания дисциплины – получение магистрантами базовых теоретических знаний и практических навыков, позволяющих проводить моделирование систем связи и обработки информации, а также телекоммуникационных систем с использованием современных оптических технологий.

*Задачи учебной дисциплины:*

- получение глубоких знаний по оптической физике и оптической информатике, оптическому материаловедению, функциональным устройствам и системам оптоинформатики, технологиям фотоники;
- получение базовых теоретических знаний и практических навыков, позволяющих проводить моделирование систем связи и обработки информации;
- получение базовых теоретических знаний и практических навыков, позволяющих проводить моделирование телекоммуникационных систем с использованием современных оптических технологий;
- изучение современных средств миниатюризация и интеграция оптических элементов и устройств;
- изучение возможностей создания многофункциональных оптических материалов и систем;
- изучение методов перевода аналоговых оптических устройств в цифровые;
- исследование возможностей разработки компьютерной техники нового поколения.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** учебная дисциплина Б1.В.03 Оптоинформатика относится к обязательной части Блока 1.

**11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-2	Способен организовывать проведение научного исследования и разработку новых оптических систем и технологий, представлять и аргументированно защищать полученные результаты интеллектуальной деятельности, связанные с методами и средствами оптических и фотонных исследований	ОПК-2.1	Представляет современную научную картину мира, выявляет естественнонаучную сущность проблемы исследований и разработки оптических материалов и устройств фотоники и оптоинформатики	<b>Знать:</b> Определение и классификация сигналов. Оптические устройства для генерации и приема информации. Запись и воспроизведение оптической информации. Распространение световых сигналов. Энтропия и информация. Криптография. Оптические транзисторы и фотонные интегральные схемы. Принципы голографии. Принципы машинного обучения <b>Уметь:</b> выявлять естественнонаучную сущность проблемы исследований <b>Владеть:</b> методами разработки оптических материалов и устройств фотоники и оптоинформатики
		ОПК-2.2	Формулирует задачи, определяет пути их решения и оценивает эффективность выбора и методов защиты интеллектуальной деятельности при исследованиях и создании материалов и устройств фотоники и оптоинформатики	<b>Знать:</b> методы защиты интеллектуальной деятельности при исследованиях и создании материалов и устройств фотоники и оптоинформатики <b>Уметь:</b> формулировать задачи, определять пути их решения при исследованиях и создании материалов и устройств фотоники и оптоинформатики <b>Владеть:</b> методами защиты интеллектуальной деятельности

ОПК-3	Способен приобретать и использовать новые знания в своей предметной области на основе информационных систем и технологий, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач	ОПК-3.1	Приобретает и использует новые знания в фотонике и оптоинформатике	<b>Знать:</b> современное состояние и перспективы развития фотоники и оптоинформатики <b>Уметь:</b> анализировать информацию при помощи интернет-телекоммуникационных ресурсов <b>Владеть:</b> навыками систематизации и внедрения новых знаний в фотонике и оптоинформатике
		ОПК-3.2	Предлагает новые идеи и подходы к решению инженерных задач на основе технологий, разрабатываемых в фотонике и оптоинформатике	<b>Знать:</b> новые идеи и подходы к решению инженерных задач на основе технологий, разрабатываемых в фотонике и оптоинформатике <b>Уметь:</b> применять технологии, разрабатываемые в фотонике и оптоинформатике для решения инженерных задач <b>Владеть:</b> общеинженерными знаниями в инженерной деятельности

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 3 / 108.

Форма промежуточной аттестации: экзамен

### 13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	Семестр 1
Аудиторные занятия		108	108
в том числе:	лекции	30	30
	практические	14	14
	лабораторные		
Самостоятельная работа		28	28
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации <u>экзамен</u>		36	36
Итого:		108	108

### 13.1 Содержание дисциплины:

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Оптические сигналы	Определение и классификация сигналов. Непрерывные и дискретные сигналы. Преобразование Фурье и спектральное представление сигналов. Импульсы. Энергия. Когерентность. Поляризация. Способы управления поляризацией. Параметры Стокса.
1.2	Оптическая связь	Оптические устройства для генерации и приема информации. Лазерные источники света. Генерация оптических импульсов. Фемтосекундные и аттосекундные импульсы. Временная и пространственная модуляция оптического излучения. Оптические транспаранты. Приемники оптического излучения; их чувствительность и пространственно-временное разрешение. Запись и воспроизведение оптической информации. Распространение световых сигналов. Оптическое поглощение, рассеяние, флуктуации, дисперсия, нелинейность. Оптоволоконные линии связи. Технологии

		спектрального (WDM) и пространственного (SDM) уплотнения информации в волоконных линиях связи. Оптические солитоны в оптических линиях связи. Передача сигнала через атмосферу и атмосферные искажения.
1.3	Классическая информация	Энтропия и информация. Принцип Ландауэра. Условная энтропия. Относительная энтропия. Дивергенция Кульбака-Лейблера. Коды и оптимальное кодирование. Передача информации по каналу. Теоремы Шеннона. Энтропия непрерывных сигналов. Передача непрерывных сигналов. Теорема отсчетов Котельникова. Пропускная способность канала: формула Шеннона для канала с шумом. Криптография. Системы шифрования с открытым ключом на основе эллиптических кривых.
1.4	Оптические устройства обработки информации	Оптические транзисторы и фотонные интегральные схемы. Дифракционное описание оптических полей в пространстве. Двойное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Линзы. Пространственная фильтрация оптических сигналов. Оптические преобразования и вычисления.
1.5	Голография	Принципы голографии. Приосевая и внеосевая голография. Цифровая голография. Проблема двойников при цифровом восстановлении голограмм. Информационная емкость оптических сигналов. Теоремы Габора. Запись и воспроизведение голограмм. Голографическое распознавание образов. Ассоциативная голографическая память. Динамическая голография.
1.6	Оптическое машинное обучение	Принципы машинного обучения. Искусственные нейронные сети. Глубокое обучение. Распознавание образов. Применение искусственных нейронных сетей для фильтрации сигналов (автокодировщики). Оптические нейронные сети. Резервуарные компьютеры. Физические резервуарные компьютеры. Оптическое резервуарное машинное обучение. Экстремальное машинное обучение. Рассеяние света случайными поверхностями и оптические машины экстремального обучения.
<b>2. Практические занятия</b>		
2.1	Оптические сигналы	Генерация оптических импульсов. Фемтосекундные и аттосекундные импульсы.
2.2	Классическая информация	Вычисление информационной энтропии для сообщений. Оценка схожести распределений на основе дивергенции Кульбака-Лейблера. Передача информации по каналу связи. Расчет пропускной способности оптического канала в зависимости от параметров сигнала и канала.
2.3	Оптические устройства обработки информации	Дифракционное описание оптических полей в пространстве на основе двойного преобразования Фурье.
2.4	Голография	Расчет информационной емкости оптических сигналов. ч.
2.5	Оптическое машинное обучение	Резервуарные вычисления.

## 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п /п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)					
		Лекции	Практические	Лабораторные	Сам. работа	Контроль	Всего
1.	Оптические сигналы	4	2		4		10
2.	Оптическая связь	6			4		10
3.	Классическая информация	6	4		6		16
4.	Оптические устройства обработки информации	4	4		4		12
5.	Голография	4	2		4		10
6.	Оптическое машинное обучение	6	2		6		14
	Итого	30	14		28	36	108

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными этапами освоения дисциплины являются:

- 1) Лекции. 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
- 2) Практические занятия. При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется: прочесть конспект лекции по теме, изучить рекомендованную литературу; разобрать примеры решения задач; проверить свои знания, отвечая на вопросы для самопроверки; если встретятся незнакомые термины, обязательно обратиться к словарю и зафиксировать их в тетради; при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.
- 3) Самостоятельная работа студента. Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.
- 4) Подготовка к аттестации. В ходе подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации студенту рекомендуется активно использовать электронный образовательный портал Moodle – электронная среда дисциплины, с предоставлением презентаций лекций, заданий для выполнения практических работ, дополнительного теоретического материала и нормативно-правовых документов по темам и перечней вопросов для подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации. Также студенту рекомендуется использовать весь набор методов и средств современных информационных технологий для изучения отечественной и зарубежной литературы по дисциплине, оценки и анализа ее текущего состояния и перспектив развития. Ему предоставляется возможность работать в компьютерных классах факультета (313а аудитория), иметь доступ к Интернет-ресурсам и электронной почте, использовать имеющиеся на кафедре оптики и спектроскопии физического факультета информационные технологии, использовать ресурсы Зональной научной библиотеки ВГУ, в том числе электронно-библиотечные системы.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Беспалов, В. Г. Основы оптоинформатики : учебное пособие / В. Г. Беспалов. – СПб: НИУ ИТМО. – Часть I: Информационные технологии – от электронного к оптическому компьютеру. – 2006. – 52 с.
2.	Берикашвили В.Ш. Когерентная оптика и оптическая обработка информации. М.: Инфа-М, 2022. – 306 с.
3.	Бурков А. Машинное обучение без лишних слов. СПб: Питер, 2020. – 192 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4.	Харкевич А.А. Спектры и анализ. М.: ЛКИ, 2007. – 240 с.
5.	Мартинес-Дуарт Дж. М., Мартин-Палма Р. Дж., Агулло-Рюда Ф.: Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники. М.: Техносфера, 2009. – 368 с.
6.	Brunner D., Soriano M. C. and Van der Sande G. Photonic Reservoir Computing: Optical Recurrent Neural Networks, Berlin, Boston: De Gruyter, 2019. <a href="https://doi.org/10.1515/9783110583496">https://doi.org/10.1515/9783110583496</a>
7.	АХМАНОВ С. А., НИКИТИН С. Ю. Физическая оптика: Учебник — М.: Изд-во Моек, ун-та, 1998. – 656 с.
8.	Кирчанов, В. С. Физические основы нанотехнологий фотоники и оптоинформатики : / В. С. Кирчанов. — 2-е изд., испр. и доп. — Пермь : ПНИПУ, 2022. — 364 с. — ISBN 978-5-398-02696-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/328871">https://e.lanbook.com/book/328871</a>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Ресурсы Интернет
9.	ЭБС Лань – <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
10.	ЭБС «Университетская библиотека Online» – <a href="https://biblioclub.ru/">https://biblioclub.ru/</a>

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник
1.	Латышев А.Н. Цифровые изображения и их использование для определения интегрального альbedo объектов с неоднородной структурой отражающей поверхности : монография / А.Н. Латышев, Л.Ю. Леонова, В.Н. Селиванов. – Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2006. – 118 с.
2.	Интерактивные системы Scilab, Matlab, Mathcad : учебное пособие / И. Е. Плещинская, А. Н. Титов, Е. Р. Бадертдинова, С. И. Дув ; Министерство образования и науки России, Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2014. – 195 с. : табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=428781">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=428781</a> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7882-1715-4. – Текст : электронный.
3.	Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы обучающимися в магистратуре по направлению "Физика" [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие : [для студ. направления 03.03.02 Физика] / Сост.: Л.Ю. Леонова, И.Г. Гревцева ; Воронеж. гос. ун-т. — Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021.

## 17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

В учебном процессе используются традиционные и дистанционные образовательные технологии. По образовательным формам: лекционные и практические занятия. Преобладающими методами и приемам обучения являются: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ – демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Организационная структура лекционного занятия: 1. Формулировка темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса. 2. Разъяснение вопросов теоретического и практического плана для решения поставленной проблемы. 3. Рассмотрение путей решения проблемного вопроса на конкретных примерах. 4. Заключение, формулировка выводов. 5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.

Организационная структура практического занятия - решение задач или семинар: 1. Проверка готовности студентов к занятию - их теоретическая готовность к выполнению заданий. 2. Основная часть занятия, где студенты выполняют задания, а контроль их исполнения (полнота и качество) и

помощь осуществляет преподаватель. 3. Заключительная часть - подведение преподавателем итогов занятия, получение студентами заданий на самостоятельную работу.

Содержание семинара, формируется так, чтобы оно способствовало поиску дополнительных источников знаний и развитию творческого мышления, умению находить пути решения и ответы на проблемные вопросы.

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «MOOC ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton), электронная почта.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Специализированная мебель, проектор, ноутбук, экран. WinPro 8, OfficeStandard 2019, «Антиплагиат.ВУЗ», ANSYSHFAcademicResearch

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Оптические сигналы.	ОПК-2 ОПК-3	ОПК-2.1, 2.2 ОПК -3.1,3,2,	Вопросы, тесты, задачи
2.	Оптическая связь.			
3.	Классическая информация.			
4.	Оптические устройства обработки информации.			
5.	Голография.			
6.	Оптическое машинное обучение.			
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				Комплект КИМ

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

### 20.1. Текущая аттестация

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы, тесты, задачи. Типовые задания теста, вопросы и задачи для проведения аттестации представлены в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины.

**Текущая аттестация №1.** Письменный ответ на задание, которое включает в себя пять тестовых заданий, теоретический вопрос и 2 задачи. Время выполнения 45 мин.

**Пример контрольно-измерительный материала для текущей аттестации №1:**

**Контрольно-измерительный материал № 1**

**Задание 1. Укажите правильные ответы.**

1. Что такое непрерывные сигналы?
  - А) Постоянно действующие сигналы.
  - Б) Физическая величина, непрерывно зависящая от времени.
  - В) Сигналы, гармонически зависящие от времени.
  - Г) Постоянные по величине сигналы.
2. Что такое дискретные сигналы?
  - А) Сигналы, кодирующие двоичные последовательности символов.
  - Б) Прерывистые во времени сигналы.
  - В) Сигналы, передающие информацию фиксированными порциями.
  - Г) Цифровые сигналы.
3. Какая связь существует между преобразованием Фурье сигнала и спектром сигнала?
  - А) Связывает временное и спектральное представление сигнала.
  - Б) Зависит от спектра сигнала.
  - В) Дает наглядное представление вида сигнала.
  - Г) Является оптическим аналогом спектра.
4. Что такое когерентность сигналов?
  - А) Гармоничность.
  - Б) Согласованное протекание сигналов.
  - В) Непрерывность.
  - Г) Отсутствие резких максимумов.
5. Что характеризуют параметры Стокса?
  - А) Расстояние между отражающими поверхностями.
  - Б) Наличие угловых компонент в упругом рассеянии.
  - В) Коэффициент преломления случайной среды.
  - Г) Поляризацию света.

**Задание 2. Дайте развернутый ответ по вопросу:** Непрерывные и дискретные сигналы. Преобразование Фурье и спектральное представление сигналов.

**Задание 3. Решите задачу:** Расстояние между зеркалами резонатора  $L=0,75$  м. Найти частоты мод резонатора. Выразить ответ в Гц.

**Задание 4. Решите задачу:** Гребенка импульсов получается в результате синхронизации 100 мод с частотным шагом  $2 \cdot 10^8$  Гц. Найти длительность отдельных импульсов.

**Текущая аттестация №2.** Письменный ответ на задание, которое включает в себя пять тестовых заданий, теоретический вопрос и 2 задачи. Время выполнения 45 мин.

### **Критерии и шкалы оценивания:**

Для оценивания выполнения письменных заданий используется балльная шкала:

#### 1) тестовые задания:

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

#### 2) расчетные задачи, ситуационные, практико-ориентированные задачи:

- 2 балла – задача решена верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход решения);
- 1 балла – решение задачи содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода ее решения, или задача решена не полностью, но получены промежуточные результаты, отражающие правильность хода решения задачи, или, в случае если задание состоит из решения нескольких подзадач, 50% которых решены верно;
- 0 баллов – задача не решена или решение неверно (ход решения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее изучение задачи).

#### 3) ответ на теоретический вопрос:



•     2 балла – обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;

• 1 балл – обучающийся частично владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;

• 0 баллов – обучающийся не владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований

В зависимости от набранного балла за работу, выставляется оценка по четырехбалльной шкале:

от 13 до 15 баллов – «отлично»;

от 10 до 12 баллов – «хорошо»;

от 5 до 9 баллов – «удовлетворительно»;

от 0 до 4 баллов – «неудовлетворительно».

## 20.2. Промежуточная аттестация

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен.

Оценка за экзамен может быть выставлена по результатам текущей успеваемости обучающегося в течение семестра на заключительном занятии. Оценки вносятся в аттестационную ведомость. При несогласии студента с оценкой последний вправе сдавать экзамен на общих основаниях

Экзамен проводится в письменной форме. Каждый КИМ включает два теоретических вопроса и задачу. Обучающийся готовит ответы на вопросы КИМа на бланках ответа и устно отвечает преподавателю. Оценивается правильность и полнота ответа на каждый вопрос, при решении задачи оценивается: знание физических основ (явлений, законов, формул), необходимых для ее решения; наличие математических преобразований; правильный ответ. Время подготовки ответа не более 45 мин, время ответа не более 15 мин.

### Пример КИМ для экзамена:

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой оптики и спектроскопии  
Овчинников О.В.  
подпись, расшифровка подписи  
\_\_\_.\_\_\_.20\_\_

Направление подготовки 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Дисциплина Оптоинформатика

Форма обучения очная

Вид контроля экзамен

Вид аттестации промежуточная

### **Контрольно-измерительный материал № 1**

1. Запись и воспроизведение оптической информации.
2. Пространственная фильтрация оптических сигналов.

3. Температура газообразного водорода такова, что на первом возбужденном состоянии находится  $1/10$  от атомов в основном состоянии. Какая доля находится во втором возбужденном состоянии по отношению к основному? Округлить результат до  $10^{-3}$ .

Преподаватель \_\_\_\_\_ Головинский П. А.

#### **Критерии и шкалы оценивания КИМ:**

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

##### 1) ответ на теоретические вопросы:

- 2 балла – обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 1 балл – обучающийся частично владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 0 баллов – обучающийся не владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами по поставленному вопросу, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований

##### 2) расчетные задачи, ситуационные, практико-ориентированные задачи:

- 2 баллов – задача решена верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход решения);
- 1 балла – решение задачи содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода ее решения, или задача решена не полностью, но получены промежуточные результаты, отражающие правильность хода решения задачи, или, в случае если задание состоит из решения нескольких подзадач, 50% которых решены верно;
- 0 баллов – задача не решена или решение неверно (ход решения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее изучение задачи).

##### В зависимости от набранного балла за КИМ, выставляется оценка по четырехбалльной шкале:

- от 5 до 6 баллов – «отлично»;
- от 3 до 4 баллов – «хорошо»;
- 2 балла – «удовлетворительно»;
- от 0 до 1 баллов – «неудовлетворительно».

## Приложение 1. Перечень заданий для текущей и промежуточной аттестации

Примерные тестовые задания для текущего и промежуточного контроля знаний:

1. Что такое непрерывные сигналы?
  - А) Постоянно действующие сигналы.
  - Б) Физическая величина, непрерывно зависящая от времени.
  - В) Сигналы, гармонически зависящие от времени.
  - Г) Постоянные по величине сигналы.
2. Что такое дискретные сигналы?
  - А) Сигналы, кодирующие двоичные последовательности символов.
  - Б) Прерывистые во времени сигналы.
  - В) Сигналы, передающие информацию фиксированными порциями.
  - Г) Цифровые сигналы.
3. Какая связь существует между преобразованием Фурье сигнала и спектром сигнала?
  - А) Связывает временное и спектральное представление сигнала.
  - Б) Зависит от спектра сигнала.
  - В) Дает наглядное представление вида сигнала.
  - Г) Является оптическим аналогом спектра.
4. Что такое когерентность сигналов?
  - А) Гармоничность.
  - Б) Согласованное протекание сигналов.
  - В) Непрерывность.
  - Г) Отсутствие резких максимумов.
5. Что характеризуют параметры Стокса?
  - А) Расстояние между отражающими поверхностями.
  - Б) Наличие угловых компонент в упругом рассеянии.
  - В) Коэффициент преломления случайной среды.
  - Г) Поляризацию света.
6. Чем отличаются лазерные источники света от естественных?
  - А) Большой мощностью.
  - Б) Когерентностью и направленностью.
  - В) Малой спектральной шириной.
  - Г) Короткой длительностью.
7. В чем состоит идея быстрого преобразования Фурье?
  - а) В использовании суперкомпьютера.
  - б) В многократном использовании массива комплексных экспонент.
  - в) В использовании специализированного процессора.
  - г) В ускорении вычисления комплексных экспонент.
8. Что такое информационная энтропия?
  - а) Изменение энтропии передающего устройства при его работе.
  - б) Количество информации в сообщении.
  - в) Мера неопределенности данных.
  - г) Мера погрешности при передаче сообщений.
16. Частота спонтанного излучения определяется разностью энергий уровней, отнесенных к:
  - а) постоянной Планка,
  - б) постоянной Больцмана,

- в) к температуре,
- г) коэффициенту Эйнштейна.

17. При термодинамическом равновесии населенности энергетических уровней описываются статистикой:

- а) Больцмана,
- б) Максвелла,
- в) Бозе-Эйнштейна,
- г) Ферми-Дирака.

18. Укажите соотношение де Бройля для свободного движения частицы:

- а)  $E = h\nu$ ;
- б)  $E = mv^2/2$ ;
- в)  $E = 3/2 kT$ ;
- г)  $E = \omega t$ .

19. Укажите фундаментальную проблему оптоинформатики

- а) дифракционный предел,
- б) влияние электромагнитных волн,
- в) невозможность параллельной передачи информации,
- г) проблема взаимовлияния оптических каналов.

20. Для чего применяется амплитудная фильтрация Фурье-спектра?

- а) для увеличения контраста мелких деталей,
- б) для распознавания объектов,
- в) для устранения помех,
- г) для восстановления волнового поля.

21. Что является амплитудно-фазовым фильтром в комплексной фильтрации изображения?

- а) Фурье-голограмма с записанным Фурье-изображением,
- б) фрагмент Фурье- спектра,
- в) уравнения спектра частот,
- г) коррелятор Ван дер Люгта.

22. Устройство голографического способа реализации корреляционного алгоритма распознавания образов. Это:

- а) голографический коррелятор Ван дер Люгта,
- б) амплитудно-фазовый конвертор,
- в) транспарант,
- г) векторно-матричный умножитель.

23. Частота перехода между уровнями попадает в СВЧ диапазон. Это:

- а) мазер,
- б) лазер,
- в) СВЧ-резонатор,
- г) резонатор Фабри – Перо.

24. Процесс присвоения меток каждому пикселю при распознавании изображения это:

- а) сегментация,
- б) трансформация,
- в) очистка энергетического спектра,
- г) нумерация.

25. Периодическим изменением какого показателя в пространственном направлении характеризуется структура фотонного кристалла?

- а) показателем преломления,
- б) энергией фотона,
- в) модулем Юнга,
- г) температурой.

26. Что позволяет сделать оптимальное кодирование?

- а) получить минимальное по длине сообщение,
- б) улучшить канал связи,
- в) снизить затраты на передачу информации,
- г) изменить энтропию используемого алфавита.

27. В чем преимущество многомодового оптического волокна по сравнению с одномодовым?

- а) дешевле в изготовлении,
- б) обладает меньшим затуханием сигнала,
- в) имеет большую пропускную способность,
- г) обладает переменным коэффициентом преломления сердцевины.

28. Для чего применяется открытый ключ шифрования?

- а) для шифрования малоценной информации,
- б) для асимметричного шифрования,
- в) для сквозного шифрования,
- г) для отправки сообщений большому числу абонентов.

29. Для чего нужен широкий спектр при передаче сигнала?

- а) для повышения скорости передачи сигнала,
- б) для улучшения качества сигнала,
- в) для уменьшения мощности передатчика,
- г) для изменения глазковой диаграммы.

30. Что такое экстремальное машинное обучение?

- а) машинное обучение при ограниченных ресурсах,
- б) ускоренные алгоритмы оптимизации,
- в) обучение линейного выхода нелинейной системы, смешивающей входные сигналы,
- г) обучение нейронных сетей при минимальном числе нейронов на скрытых слоях.

Примеры задач для текущего и промежуточного контроля знаний:

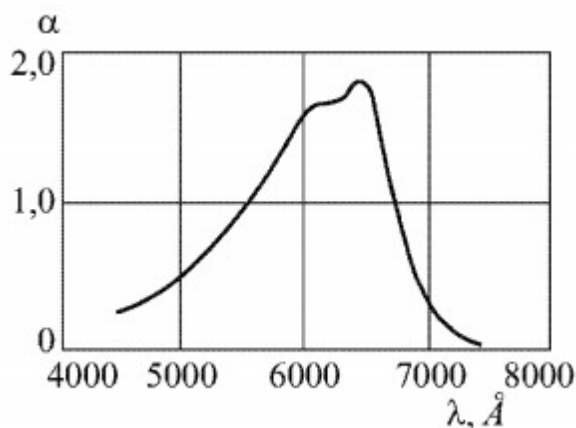
1. Расстояние между зеркалами резонатора  $L=0,75$  м. Найти частоты мод резонатора. Выразить ответ в Гц.

2. Гребенка импульсов получается в результате синхронизации 100 мод с частотным шагом  $2 \cdot 10^8$  Гц. Найти длительность отдельных импульсов.

3. При определенной интенсивности лазерного излучения в эксперименте наблюдалось 15 гармоник излучения титан-сапфирового лазера. Сколько гармоник будет наблюдаться при увеличении интенсивности в 2 раза. Мишень – газ аргон.

4. Сравнить интенсивность рассеяния красного и синего света мелкими частицами воды с размерами 0,02 длины волны красного света.

5. На рисунке показан спектр полосы поглощения. Пусть на длине волны 5000Å на заданной толщине вещества происходит ослабление света за счет поглощения в 2 раза. Насколько будет ослаблен свет на частоте 6000Å при прохождении того же образца. Достаточно ли информации для полного ответа на вопрос?



6. Источник информации генерирует символы 0, 01, 110, 11 с вероятностями  $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{8}$ . Найти энтропию источника и среднюю длину кода.

7. Задан двоичный источник без памяти с алфавитом  $X=\{0,1\}$  и с вероятностями для символов 0 и 1 –  $\frac{1}{2}$ . Найти энтропию такого источника.

8. Фотон поляризован вертикально. Какова вероятность обнаружить его с поляризацией под углом  $\varphi = \pi/4$ ?

9. Температура газообразного водорода такова, что на первом возбужденном состоянии находится  $1/10$  от атомов в основном состоянии. Какая доля находится во втором возбужденном состоянии по отношению к основному? Округлить результат до  $10^{-3}$ .

10. Сколько типов сигналов необходимо использовать при равновероятном приеме, если один сигнал несет 3 бита информации?

11. Дан алфавит из трех символов ( $a, b, c$ ). Вероятность появления букв в тексте равна  $p(a) = p(b) = 0.25$ ,  $p(c) = 0.5$ . Найти энтропию этого алфавита.

12. Найти производную функции активации искусственного нейрона  $f(u) = 1/(1 + \exp(-u))$  в точке  $u = 0$ .

13. Найти энергию сигнала, представляющего собой отрезок синусоиды

$$s = 0.5 \sin \frac{\pi x}{3}$$

на интервале от  $[0, 3]$ .

14. Вычислить норму сигнала, представляющего собой отрезок прямой

$$s = \frac{1}{2} x$$

на интервале от  $[0, 1]$ . Результат округлить до  $10^{-3}$ .

15. Найти энергию сигнала, представляющего собой функцию

$$s = 1 - x$$

на интервале от  $[0, 1]$ .

16. Найти энергию сигнала, представляющего собой отрезок показательной функции

$$s = \frac{1}{3} e^x$$

на интервале от  $[0, 1]$ . Результат округлить до  $10^{-3}$ .

17. Найти энергию сигнала, представляющего собой отрезок показательной функции

$$s = 1.5 e^{\frac{x}{5}}$$

на интервале от  $[0, 1]$ . Результат округлить до  $10^{-2}$ .

**Вопросы к экзамену:**

1. Непрерывные и дискретные сигналы. Преобразование Фурье и спектральное представление сигналов.
2. Импульсы. Энергия. Когерентность.
3. Поляризация. Способы управления поляризацией. Параметры Стокса.
4. Оптические устройства для генерации и приема информации. Лазерные источники света. Генерация оптических импульсов. Фемтосекундные и аттосекундные импульсы.
5. Временная и пространственная модуляция оптического излучения. Оптические транспаранты.
6. Приемники оптического излучения; их чувствительность и пространственно-временное разрешение.
7. Запись и воспроизведение оптической информации.
8. Распространение световых сигналов. Оптическое поглощение, рассеяние, флуктуации, дисперсия, нелинейность.
9. Оптоволоконные линии связи.
10. Оптические солитоны в оптических линиях связи.
11. Передача сигнала через атмосферу и атмосферные искажения.
12. Энтропия и информация.

13. Принцип Ландауэра.
14. Условная энтропия. Относительная энтропия.
15. Дивергенция Кульбака-Лейблера.
16. Передача информации по каналу. Теоремы Шеннона.
17. Передача непрерывных сигналов. Теорема отсчетов Котельникова.
18. Пропускная способность канала: формула Шеннона для канала с шумом.
19. Криптография. Системы шифрования с открытым ключом на основе эллиптических кривых.
20. Оптические транзисторы и фотонные интегральные схемы.
21. Дифракционное описание оптических полей в пространстве. Двойное преобразование Фурье.
22. Пространственная фильтрация оптических сигналов.
23. Оптические преобразования и вычисления.
24. Принципы голографии.
25. Цифровая голография.
26. Информационная емкость оптических сигналов. Теоремы Габора.
27. Голографическое распознавание образов. Ассоциативная голографическая память.
28. Динамическая голография.
29. Принципы машинного обучения. Искусственные нейронные сети.
30. Распознавание образов. Применение искусственных нейронных сетей для фильтрации сигналов (автокодировщики).
31. Оптические нейронные сети.
32. Резервуарные компьютеры.
33. Оптическое резервуарное машинное обучение.
34. Экстремальное машинное обучение.