МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
проф. Таюрский Д.А.
"___"_____20___ г.

Программа дисциплины

Оптические системы связи Б1.В.ДВ.6

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика
Профиль подготовки: Электромагнитные волны в средах
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2017
Автор(ы): Акчурин А.Д. , Андрианов Сергей Николаевич
Рецензент(ы): Шерстюков О.Н.

СОГЛАСОВАНО:
Заведующий(ая) кафедрой: Акчурин А. Д.
Протокол заседания кафедры No ___ от "____" _____ 20__г.
Учебно-методическая комиссия Института физики:
Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 20__г.

Казань
2019

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Содержание

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

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

4.2. Содержание дисциплины

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

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1. Основная литература

7.2. Дополнительная литература

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

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

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

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Акчурин А.Д. (Кафедра радиоастрономии, Отделение радиофизики и информационных систем), Adel.Akchurin@kpfu.ru ; Андрианов Сергей Николаевич

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

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-3	Способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно-исследовательских задач (в соответствии со своим профилем подготовки)
ПК-1	Способность использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики
ПК-2	Способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и радиофизики (в соответствии с профилем подготовки) и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта
ПК-5	Способность описывать новые методики инженерно-технологической деятельности

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

основные методы расчета характеристик сигналов в волоконно-оптических и беспроводных оптических линиях связи;

Должен уметь:

оценивать пределы применимости результатов, полученных различными методами; анализировать зависимость параметров оптических сигналов от условий распространения излучения в оптических волокнах.

Должен владеть:

методами построения систем оптической связи

Должен демонстрировать способность и готовность:

понимать принципы построения оптических систем

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.6 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.03 "Радиофизика (Электромагнитные волны в средах)" и относится к дисциплинам по выбору.
Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 28 часа(ов), в том числе лекции - 14 часа(ов), практические занятия - 14 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 44 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 3 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Обзор по оптике. Природа света. Фазовая и групповая скорости. Энергия световой волны. Свет на границе раздела. Закон Снеллиуса. Уравнения Френеля. Угол Брюстера. Полное внутреннее отражение. Прохождение света через апертуры. Дифракция. Интерференция.	3	2	2	0	6
2.	Тема 2. Планарные волноводы. Волноводные моды. Эффективный показатель преломления. Модовые скорости. Схема мод. Распределение поля в моде. Дисперсия.	3	2	2	0	6
3.	Тема 3. Цилиндрические волноводы. Угол захвата и числовая апертура. Моды цилиндрического волновода. Число мод. Структура мод. Одномодовые волокна. Схема мод. Гауссова мода.	3	2	2	0	6
4.	Тема 4. Потери в оптических волокнах. Потери на поглощение. Рассеяние. Релеевское рассеяние. Бриллюэновское рассеяние. Раманов-ское рассеяние. Потери на изгибах. Межмодовая связь. Моды оболочки.	3	2	2	0	6
5.	Тема 5. Дисперсия в оптических волокнах. Градиентные волокна. Межмодовая дисперсия. Материальная дисперсия. Волноводная дисперсия. Дисперсия поляризационных мод. Суммарная дисперсия.	3	2	2	0	6
6.	Тема 6. Волоконно-отические системы связи. Мультиплексирование сигнала. Формат данных. Временное разделение сигнала. Частотное раздеение сигнала. Бюджет мощности в волоконно-оптических линиях. Чувствительность приемника. Максимальная длина волокна.	3	2	2	0	6
7.	Тема 7. Оптическая передача данных в свободном пространстве. Флуктуации атмосферы. Колебание конструкций. Максимальная дальность передачи.	3	2	2	0	8
	Итого		14	14	0	44

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Обзор по оптике. Природа света. Фазовая и групповая скорости. Энергия световой волны. Свет на границе раздела. Закон Снеллиуса. Уравнения Френеля. Угол Брюстера. Полное внутреннее отражение. Прохождение света через апертуры. Дифракция. Интерференция.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Природа света. Волновой пакет, образованный двумя волнами. Групповая скорость.

Суперпозиция колебаний с эквидистантными частотами. Квазиплоская волна. Фазовая и групповая скорости. Энергия световой волны. Поляризация. Линейная поляризация. Суперпозиция линейно-поляризованных волн. Эллиптическая и круговая поляризации. Изменение вектора напряженности в пространстве при эллиптической и круговой

поляризациях.

Свет на границе раздела. Граничные условия. Постоянство частоты волны при отражении и преломлении. Плоскость падающего, отраженного и преломленного лучей. Соотношения между углами падения, отражения и преломления.

Разложение плоской волны на две с взаимно перпендикулярными линейными поляризациями. Вектор E перпендикулярен плоскости падения. Формулы Френеля для перпендикулярных составляющих векторов поля. Вектор E лежит в плоскости падения. Формулы Френеля для па-

параллельных составляющих векторов поля. Явление Брюстера. Соотношения между фазами волн при отражении или преломлении. Степень поляризации.

Дифракция света на отверстии и рассеяние на металлических и диэлектрических предметах.

Тема 2. Планарные волноводы. Волноводные моды. Эффективный показатель преломления. Модовые скорости. Схема мод. Распределение поля в моде. Дисперсия.

Распространение света в диэлектриках.

Монохроматические волны. Дисперсия. Нормальная дисперсия. Аномальная дисперсия. Рассеяние света. Распространение волнового пакета. Замещение световой волны в среде.

Распространение плоской электромагнитной волны в анизотропной среде. Плоская электромагнитная волна в анизотропной среде. Зависимость фазовой скорости от направлений распространения волны и колебаний вектора D. Уравнение Френеля. Типы возможных волн. Зависимость лучевой скорости от направления. Эллипсоид лучевых

скоростей. Анализ хода лучей с помощью эллипсоида лучевых скоростей.

Оптическая ось. Двуосные и одноосные кристаллы. Эллипсоид волновых нормалей. Лучевая поверхность.

Волноводные моды. Эффективный показатель преломления.

Тема 3. Цилиндрические волноводы. Угол захвата и числовая апертура. Моды цилиндрического волновода. Число мод. Структура мод. Одномодовые волокна. Схема мод. Гауссова мода.

История оптической волноводной системы передачи: линзовый волновод, газо-линзовый волновод, трубчатые оптические волноводы (лучеводы - пустотелые трубки).

Волоконные световоды. Классификация. Простой волоконный световод из двух

коаксиальных цилиндров. Волоконные световоды со сложными профилями показателя

преломления (четырехслойный, градиентный).

Угол захвата на границе сердцевина-оболочка волоконного световода и числовая апертура оптоволокна. Моды цилиндрического волновода. Число мод. Структура мод.

Тема 4. Потери в оптических волокнах. Потери на поглощение. Рассеяние. Релеевское рассеяние. Бриллюэновское рассеяние. Раманов-ское рассеяние. Потери на изгибах. Межмодовая связь. Моды оболочки.

Потери на поглощение.

Природа процессов рассеяния. Природа рассеяния. Типы рассеяния. Многократное рассеяние.

Рэлеевское рассеяние и рассеяние Ми. Модель элементарного рассеивателя. Рэлеевское рассеяние. Закон Рэлея. Угловое распределение и поляризация света при рэлеевском

рассеянии. Ослабление интенсивности света. Рассеяние Ми. Распределение интенсивности по углам и поляризация излучения в рассеянии Ми. Проявления рассеяния Ми.

Рассеяние Мандельштама-Бриллюэна. Компоненты Мандельштама-Бриллюэна. Несмещенная компонента. Явление Мандельштама-Бриллюэна в твердых телах.

Радиационные потери на дефектах световода и при изгибах волокна.

Тема 5. Дисперсия в оптических волокнах. Градиентные волокна. Межмодовая дисперсия. Материальная дисперсия. Волноводная дисперсия. Дисперсия поляризационных мод. Суммарная дисперсия.

Градиентные волокна. Межмодовая дисперсия. Материальная дисперсия.

Геометрическая оптика. Волокна со ступенчатым профилем показателя преломления. Градиентные волокна. Модовая теория. Модовая теория для волокон со ступенчатым профилем показателя преломления. Слабонаправляющие волокна со ступенчатым профилем показателя преломления. Волокна с параболическим профилем показателя преломления. Ненаправляемые моды. Одномодовые волокна. Электромагнитное поле внутри волокна. Дисперсия мод. Хроматическая дисперсия. Модовый шум. Теория связанных мод. Статистическая теория распространения в системе оптических волокон. Оптические волокна, сохраняющие поляризацию излучения. Нелинейные эффекты в оптических волокнах. Самоиндуцированные нелинейные эффекты

Тема 6. Волоконно-отические системы связи. Мультиплексирование сигнала. Формат данных. Временное разделение сигнала. Частотное раздеение сигнала. Бюджет мощности в волоконно-оптических линиях. Чувствительность приемника. Максимальная длина волокна.

Оптоэлектронные компоненты волоконно-оптических систем передачи информации. Полупроводниковые излучатели (полупроводниковые лазеры и светодиоды, суперлюминесцентные диоды). Фотоприемники (p-i-n-фотодиоды, лавинные фотодиоды). Отношение сигнал/шум и минимальная регистрируемая мощность фотоприемников.

Оптические соединители и разветвители. Оптические мультиплексоры и демультиплексоры. Оптические коммутаторы. Оптические изоляторы. Оптические усилители.

Методы уплотнения информации в волоконно-оптических системах передачи информации:

- временное уплотнение, - пространственное уплотнение, - спектральное уплотнение, - модовое уплотнение (через ввод в оптоволокно оптических сигналов под разными углами).

Оптические солитоны в волоконно-оптических системах передачи информации

Тема 7. Оптическая передача данных в свободном пространстве. Флуктуации атмосферы. Колебание конструкций. Максимальная дальность передачи.

Флуктуации атмосферы. Влияние метеорологических условий: туман, дождь, снег, дым, турбулентность атмосферы и др. Влияние явлений рефракции и рассеяния на больших расстояниях (километры и более). Проблема точного наведения светового луча на фотоприемную систему. Влияние фона: рассеянное излучения, небесные светила.

Области и рабочие дальности диапазона длин волн около 10,6 мкм и 0.8 - 0.9 мкм.

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

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Положение от 24 декабря 2015 г. № 0.1.1.67-06/265/15 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

А. Л. Дмитриев, ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ - http://books.ifmo.ru/file/pdf/228.pdf

Волоконно-оптические системы передачи. Лабораторный практикум : учебно-метод. пособие - https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/25424

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
Семестр 3			
	Текущий контроль		
1	Устный опрос	ПК-1 , ОПК-3	1. Обзор по оптике. Природа света. Фазовая и групповая скорости. Энергия световой волны. Свет на границе раздела. Закон Снеллиуса. Уравнения Френеля. Угол Брюстера. Полное внутреннее отражение. Прохождение света через апертуры. Дифракция. Интерференция.
2	Устный опрос	ПК-5 , ПК-2 , ПК-1 , ОПК-3	2. Планарные волноводы.Волноводные моды. Эффективный показатель преломления. Модовые скорости. Схема мод. Распределение поля в моде. Дисперсия.
3	Устный опрос	ПК-5 , ПК-2 , ПК-1 , ОПК-3	3. Цилиндрические волноводы.Угол захвата и числовая апертура. Моды цилиндрического волновода. Число мод. Структура мод. Одномодовые волокна. Схема мод. Гауссова мода.
4	Устный опрос	ОПК-3 , ПК-1 , ПК-2 , ПК-5	4. Потери в оптических волокнах.Потери на поглощение. Рассеяние. Релеевское рассеяние. Бриллюэновское рассеяние. Раманов-ское рассеяние. Потери на изгибах. Межмодовая связь. Моды оболочки.
5	Устный опрос	ПК-5 , ПК-2 , ПК-1 , ОПК-3	5. Дисперсия в оптических волокнах.Градиентные волокна. Межмодовая дисперсия. Материальная дисперсия. Волноводная дисперсия. Дисперсия поляризационных мод. Суммарная дисперсия.
6	Письменная работа	ПК-5 , ПК-1 , ОПК-3	6. Волоконно-отические системы связи. Мультиплексирование сигнала. Формат данных. Временное разделение сигнала. Частотное раздеение сигнала. Бюджет мощности в волоконно-оптических линиях. Чувствительность приемника. Максимальная длина волокна.
7	Устный опрос	ПК-5 , ПК-2 , ПК-1 , ОПК-3	7. Оптическая передача данных в свободном пространстве. Флуктуации атмосферы. Колебание конструкций. Максимальная дальность передачи.
	Зачет	ОПК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-5	

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	**Хорошо**	**Удовл.**	**Неуд.**	
Семестр 3					
Текущий контроль					
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	1 2 3 4 5 7

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	**Хорошо**	**Удовл.**	**Неуд.**	
Письменная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьёзные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	6
	Зачтено		**Не зачтено**		
Зачет	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Семестр 3

Текущий контроль

1. Устный опрос

Тема 1

Природа света. Фазовая и групповая скорости. Энергия световой волны. Свет на границе раздела. Закон Снеллиуса. Уравнения Френеля. Угол Брюстера. Полное внутреннее отражение. Прохождение света через апертуры. Дифракция. Интерференция

2. Устный опрос

Тема 2

Волноводные моды. Эффективный показатель преломления. Модовые скорости. Схема мод. Распределение поля в моде. Дисперсия.

3. Устный опрос

Тема 3

Угол захвата и числовая апертура. Моды цилиндрического волновода. Число мод. Структура мод. Одномодовые волокна. Схема мод. Гауссова мода.

4. Устный опрос

Тема 4

Потери на поглощение. Рассеяние. Релеевское рассеяние. Бриллюэновское рассеяние. Рамановское рассеяние. Потери на изгибах. Межмодовая связь. Моды оболочки.

5. Устный опрос

Тема 5

Градиентные волокна. Межмодовая дисперсия. Материальная дисперсия. Волноводная дисперсия. Дисперсия поляризационных мод. Суммарная дисперсия.

6. Письменная работа

Тема 6

Мультиплексирование сигнала. Формат данных. Временное разделение сигнала. Частотное разделение сигнала. Бюджет мощности в волоконо-оптических линиях. Чувствительность приемника. Максимальная длина волокна.

7. Устный опрос

Тема 7

Флуктуации атмосферы. Колебание конструкций. Максимальная дальность передачи.

Зачет

Вопросы к зачету:

Вопросы к зачету:

Фазовая и групповая скорости. Энергия световой волны.
Свет на границе раздела. Закон Снеллиуса.
Прохождение света через апертуры.
Дифракция. Интерференция.
Планарные волноводы.
Волноводные моды.
Эффективный показатель преломления.
Модовые скорости.
Схема мод.
Распределение поля в моде.
Дисперсия.
Цилиндрические волноводы.
Угол захвата и числовая апертура.
Моды цилиндрического волновода. Число мод. Структура мод.
Одномодовые волокна. Схема мод. Гауссова мода.
Потери в оптических волокнах. Потери на поглощение.
Рассеяние. Релеевское рассеяние. Бриллюэновское рассеяние. Рамановское рассеяние.
Потери на изгибах. Межмодовая связь. Моды оболочки.
Дисперсия в оптических волокнах. Градиентные волокна.
Межмодовая дисперсия. Материальная дисперсия. Волноводная дисперсия. Дисперсия поляризационных мод. Суммарная дисперсия.
Волоконно-оптические системы связи.
Мультиплексирование сигнала. Формат данных.
Временное разделение сигнала. Частотное разделение сигнала.
Бюджет мощности в волоконно-оптических линиях. Чувствительность приемника.
Максимальная длина волокна.
Оптическая передача данных в свободном пространстве.
Флуктуации атмосферы.
Колебание конструкций. Максимальная дальность передачи.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Семестр 3			
Текущий контроль			

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	1 2 3 4 5 7	5 5 5 5 5 5
Письменная работа	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	6	20
Зачет	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература:

1. Скляров, О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи [Электронный ресурс] : учебное пособие / О.К. Скляров. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 268 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/104959.

2. Лозовский, В.Н. Нанотехнологии в электронике. Введение в специальность [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Н. Лозовский, С.В. Лозовский. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 332 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/113943.

3. Банков, С.Е. Интегральная СВЧ оптика [Электронный ресурс] / С.Е. Банков. - Электрон. дан. - Москва : Физматлит, 2017. - 908 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/104974.

4. Борейшо, А.С. Лазеры: устройство и действие [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.С. Борейшо, С.В. Ивакин. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2017. - 304 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/93585.

5. Щевьев, Ю.П. Основы физической акустики [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.П. Щевьев. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2017. - 367 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/96874.

6. Автоматические устройства и системы для наведения лазерных пучков [Электронный ресурс] / А.А. Афонин [и др.] ; под ред. В.Б. Чемоданова. - Электрон. дан. - Москва : Физматлит, 2016. - 280 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/91157.

7. Акустооптические лазерные системы формирования телевизионных изображений [Электронный ресурс] : монография / Ю.В. Гуляев [и др.]. - Электрон. дан. - Москва : Физматлит, 2016. - 240 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/91155.

8. Григорьев, А.Д. Микроволновая электроника [Электронный ресурс] : учебник / А.Д. Григорьев, В.А. Иванов, С.И. Молоковский. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 496 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/74674.

7.2. Дополнительная литература:

1. Конструирование блоков радиоэлектронных средств [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.Ю. Муромцев [и др.]. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 288 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/113384.

2. Радиопередающие устройства в системах радиосвязи [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.Т. Зырянов [и др.]. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 176 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/112070.

3. Савелькаев, С.В. Теоретические основы построения имитаторов-анализаторов усилителей и автогенераторов СВЧ [Электронный ресурс] : монография / С.В. Савелькаев. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 100 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/113914.

4. Строгонов, А.В. Цифровая обработка сигналов в базисе программируемых логических интегральных схем [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Строгонов. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 312 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/104960.

5. Кашкаров, А.П. Микроэлектромеханические системы и элементы [Электронный ресурс] / А.П. Кашкаров. - Электрон. дан. - Москва : ДМК Пресс, 2018. - 114 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/105831.

6. Амано, Х. Занимательная электроника. Цифровые схемы [Электронный ресурс] / Х. Амано ; пер. с яп. Клионский А.Б. ; худ. Мэгуро Кодзи. - Электрон. дан. - Москва : ДМК Пресс, 2018. - 224 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/111434.

7. Танака, К. Занимательная электроника. Электронные схемы [Электронный ресурс] / К. Танака ; пер. с яп. Клионского А.Б.. - Электрон. дан. - Москва : ДМК Пресс, 2016. - 184 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/93265.

8. Мурсаев, А.Х. Практикум по проектированию на языках VerilogHDL и SystemVerilog [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Х. Мурсаев, О.И. Буренева. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 120 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/103142.

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

Кафедра квантовой информатики факультета ВМК МГУ - http://qi.cmc.msu.ru/

Квантовая память - http://www.ixbt.com/news/hard/index.shtml?14/05/85

Квантовый компьютер - http://postnauka.ru/video/11250

Лаборатория физики квантовых компьютеров Физикотехнологического института РАН - http://ipt.ac.ru/russian/news.html

Язык программирования QCL для квантовых компьютеров - http://tph.tuwien.ac.at/~oemer/qcl.html

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Лекция - это ведущая форма группового обучения. Ведущей она является потому, что именно с нее начинается изучение каждой новой дисциплины, темы. И только после лекции следуют другие, подчиненные ей формы обучения: семинары, практические занятия и т. д. В лекции материал излагается в глубоко осмысленной лектором иерархии важности терминов и объектов изучения и их перекрестных связей. При чтении книг эта иерархия зачастую пропадает в силу планарного представления текста и ограниченными полиграфическими возможностями выделения текста. Поэтому конспектирование лекций - сложный вид вузовской аудиторной работы, предполагающий интенсивную умственную деятельность студента, отслеживающего не только фактологическую информацию, но иерархию объектов и связей между ними. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное и сделано это самим обучающимся. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Желательно запись осуществлять на одной странице листа или оставляя поля, на которых позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно сделать дополнительные записи, отметить непонятные места. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения. Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

Вид работ	Методические рекомендации
практические занятия	Подготовку к каждому практическому занятию студент должен начать с ознакомления с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса. Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы практикума, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ. В процессе подготовки к практическим занятиям, студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студента - это планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов). Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. Государственным стандартом предусматривается, как правило, не менее 50% часов из общей трудоемкости дисциплины на самостоятельную работу студентов (далее СРС). В связи с этим, обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части - процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента. Самостоятельная работа студента предполагает работу с научной и учебной литературой, самостоятельное освоение программных средств расчета и обработки данных, экспериментальной аппаратуры. Для поиска современной научной литературы рекомендуется использовать специализированные научные поисковые системы, такие как Google Академия (scholar.google.com) и БД Scopus (http://www.scopus.com) и Web of Science. Подробно поиск в системе Scopus рассмотрен на интернет-ресурсах: "Алгоритм поиска информации в базе данных SCOPUS" http://www.lib.tsu.ru/win/guide/udal_res/SCOPUS.pdf "Использование реферативной базы данных Scopus в научной работе" http://www.library.spbu.ru/blog/wp-content/uploads/2016/03/SPbSU_Scopus_advanced.pdf "База данных Scopus " http://science.spb.ru/sci/index/scopus в методическом пособии: Дудникова О. В., Бондаренко С. А. Методика поиска в базе данных Scopus. Учебно-методическое пособие. - Ростов н/д: ЗНБ ЮФУ, 2011. - 29 с. (http://ufabist.ru/wp-content/uploads/2015/09/Scopus_Metodika-poiska.pdf)
устный опрос	Устный опрос имеет целью (1) закрепление теоретических навыков и знаний студентов; (2) подготовку к зачету; (3) развитие устных навыков учащихся; (4) контроль овладения профессиональной терминологией. Устный опрос осуществляется строго в рамках пройденного материала, практических занятий, самостоятельной работы, письменного домашнего задания.
письменная работа	Подготовка к письменным контрольным работам. То, как студент научился самостоятельно решать задачи, преподаватель проверяет посредством проведения контрольных работ, на которых от студента требуется решить несколько задач из числа тех, которые решались в аудитории, и тех, которые были заданы в качестве домашней работы. Таким образом, для успешной подготовки к контрольным работам необходимо научиться самостоятельно воспроизводить решения разобранных на занятиях задач и задач домашних заданий в соответствии с рекомендациями для подготовки домашнего задания, приведенными выше.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Вид работ	Методические рекомендации
зачет	Зачет как форма итогового контроля имеет целью выявить и оценить знания, практические умения и навыки обучающихся за курс дисциплины, проводятся в соответствии с рабочим учебным планом в объеме рабочей программы. Зачет проводится путем собеседования или в виде тестирования. Собеседование может проводиться в соответствии с разработанными билетами. В каждый билет входит два-три теоретических вопроса из различных разделов программы. Тесты составлены по всему пройденному материалу. Каждый из вариантов включает вопросы и варианты ответов, один из которых является правильным. Для подготовки к зачету на кафедре имеется перечень вопросов, охватывающий весь программный материал дисциплины. Перечень вопросов для подготовки к зачету составлен в соответствии с рабочим учебным планом. В процессе подготовки к зачету обучающимся необходимо пользоваться лекционными записями и рекомендованной учебной литературой. Разрешается использование иного дополнительного материала, имеющегося у обучающегося. Изучая тематический материал, для обучающихся основополагающим является выделение основных положений, их осмысление и практическое применение. Положительным моментом является ассоциативное переложение теоретического знания на конкретную ситуацию. Важным является выявление взаимосвязи знания с будущей практической деятельностью. При оценке теоретических знаний учитывается участие обучающихся в работе на семинарских занятиях. Преподаватель, принимающий зачет, может задавать дополнительные вопросы, ставить практические задачи.

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

Освоение дисциплины "Оптические системы связи" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Освоение дисциплины "Оптические системы связи" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB,audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудованием имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;

- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;

- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;

- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;

- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:

- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;

- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;

- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.04.03 "Радиофизика" и магистерской программе Электромагнитные волны в средах .