

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

**«Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»**

**"Утверждаю"**

Проректор по учебной и  
методической деятельности

\_\_\_\_\_ **В.О. Курьянов**

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ **2016** года

**ПРОГРАММА**

**вступительного испытания по специальной дисциплине «Оптика»  
основной профессиональной образовательной программы высшего образования  
– программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре**

**Направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия  
Направленность (профиль) Оптика**

**Симферополь, 2016**

## **Разработчики программы**

1. Воляр А.В., доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой общей физики Физико-технического института (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».
2. Алексеев К.Н., доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры теоретической физики и физики твердого тела Физико-технического института (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».
3. Рыбась А.Ф. кандидат физико-математических наук, заместитель директора по учебно-методической работе Физико-технического института (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».
4. Глумова М.В., кандидат физико-математических наук, доцент, директор Физико-технического института (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

## 1. Пояснительная записка

Программа вступительных испытаний для поступления на обучение по основной профессиональной образовательной программе высшего образования – программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, составлена на основании Порядка приема на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 26.03.2014 № 233, Правил приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» на 2017-2018 учебный год, утвержденных приказом ректора университета от 30.09 2016 № 914 федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. № 867 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации)».

Форма проведения вступительного испытания - устная форма.

Результаты вступительного испытания оцениваются по 100- балльной шкале.

Вступительное испытание ориентировано на оценку уровня знаний, соответствующих результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы магистратуры (специалитета) согласно требованиям ФГОС ВО.

## **2. Содержание программы**

### **1. Электромагнитная теория света**

Уравнения Максвелла. Вектор Умова-Пойнтинга. Волновое уравнение. Плоские и сферические волны. Параболическое приближение. Моды свободного пространства. Фазовая и групповая скорости света.

Поляризация света. Вектор Джонса. Параметры Стокса. Сфера Пуанкаре. Расчетные методы Джонса и Мюллера. Типы поляризационных устройств.

Отражение и преломление света на границе раздела изотропных сред. Формулы Френеля. Полное внутреннее отражение. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Отражение света от поверхности проводника. Глубина проникновения.

Распространение света в анизотропных и гиротропных средах. Волновые поверхности в кристаллах. Лучи и волновые нормали. Эллипсоид Френеля. Оптические свойства одноосных и двуосных кристаллов. Двойное лучепреломление. Коническая рефракция. Электрооптические эффекты Керра и Поггеля. Оптическая активность. Эффект Фарадея.

Оптика движущихся сред. Опыты Физо и Майкельсона. Преобразования Лоренца. Продольный и поперечный эффекты Допплера.

### **2. Геометрическая оптика**

Асимптотическое решение волнового уравнения. Геометро-оптическое приближение. Уравнение эйконала. Область применения лучевого приближения. Принцип Ферма. Гомоцентрические пучки.

Понятие оптического изображения. Параксиальное приближение. Преломление на сферической поверхности. Сферические зеркала и линзы. Образование каустик в оптических системах. Геометрические аберрации третьего и более высоких порядков. Хроматическая аберрация. Типы оптических приборов.

### **3. Интерференция и дифракция световых волн**

Интерференция частично-когерентного излучения. Комплексная степень когерентности. Теорема Ван-Циттерта - Цернике.

Двухлучевая и многолучевая интерференция. Сдвиговая и спекл-интерферометрия. Многослойные покрытия.

Дифракция. Дифракционные интегралы Кирхгофа - Гюйгенса. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Эффект Гальбо. Влияние дифракции на разрешающую силу систем, образующих изображение. Дифракционная решетка. Параболическая теория дифракции; гауссов пучок. ABCD –метод; комплексный параметр кривизны. Особенности дифракции некогерентного излучения. Основы векторной теории дифракции.

### **4. Теория излучения и взаимодействия световых волн с веществом**

Уравнение для матрицы плотности. Самосогласованные уравнения для поля, поляризации и разности заселенностей. Эффект насыщения.

Законы теплового излучения. Формула Планка. Фотоэффект.

Однофотонные и многофотонные процессы. Вероятности спонтанных и вынужденных переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Квадрупольные и магнито-дипольные переходы. Кооперативные эффекты. Сверхизлучение. Когерентное и комбинационное рассеяния.

Нелинейные восприимчивости. Распространение волн в нелинейной среде. Метод медленно меняющихся амплитуд. Условие синхронизма. Генерация оптических гармоник. Трехволновое взаимодействие. Параметрическое преобразование частоты. Самофокусировка света. Вынужденное и комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна. Четырехволновое взаимодействие. Обращение волнового фронта. Вещество в сверхсильном световом поле.

## **5. Статистическая оптика**

Временная и пространственная когерентность световых полей; корреляционные функции первого и высших порядков. Спектральное представление. Теорема Винера-Хинчина.

Квантовые свойства световых полей. Фоковское, когерентное и сжатое состояние поля.

Распределение Бозе-Эйнштейна. Параметр вырождения поля. Пуассоновская, субпуассоновская и суперпуассоновская статистика фотонов. Связь статистик фотонов и фотоотчетов, формула Мандела для распределения фотоотчетов. Дробовой шум.

Статистические свойства лазерного излучения.

Закон Кирхгофа и шумы квантовых усилителей света. Флуктуационно-диссипационная теорема.

Статистика частично поляризованного излучения. Поляризационная матрица.

Распространение волн в случайно неоднородной среде. Корреляционные и структурные функции амплитуды и фазы. Оптические модели атмосферной турбулентности.

## **6. Экспериментальная и прикладная оптика**

Источники оптического излучения. Тепловые, газоразрядные и лазерные источники. Синхротронное излучение. Оптические материалы.

Характеристики приемников излучения: спектральная и интегральная чувствительность, шумы, инерционность. Приборы с зарядовой связью (ПЗС) - линейки, матрицы.

Запись и обработка оптической информации. Механизм записи и воспроизведения волновых полей с помощью двумерных и трехмерных голограмм. Цифровые голограммы. Переходные и передаточные функции оптических систем обработки информации. Изопланарность. Использование методов Фурье-оптики для оптической фильтрации и распознавания образов. Коррекция и реконструкция изображений. Методы компьютерной оптики.

Волоконная оптика. Типы волоконных световодов. Моды оптических волокон. Затухание и дисперсия мод. Направленные ответвители. Волоконные линии связи. Нелинейные эффекты в оптических волокнах.

## **7. Оптика лазеров**

Принцип работы лазера. Схемы накачки. Теория Лэмба. Эффекты затягивания частоты и выгорания дыр. Лэмбовский провал.

Оптические резонаторы. Моды оптических резонаторов. Свойства лазерных пучков.

Типы лазеров. Твердотельные лазеры. Газовые лазеры: лазеры на нейтральных атомах, ионные лазеры, молекулярные лазеры, лазеры на самоограниченных переходах. Химические лазеры. Полупроводниковые лазеры. Лазеры на центрах окраски.

Режимы работы лазеров. Непрерывные и импульсный режимы. Пичковый режим. Модуляция добротности. Синхронизация мод. Генерация сверхкоротких импульсов.

## **8. Сингулярная оптика**

Генерация оптических вихрей.

Алгебра оптических вихрей.

Сингулярные пучки в кристаллах

Вихревые моды в маломодовых волокнах.

Поляризационные сингулярности.

Закон сохранения проекций потоков угловых моментов. Примеры.

Топологические реакции в сингулярной оптике, законы, описывающие процесс.

Процессы спин-орбитального взаимодействия в одноосных кристаллах.

### **3. Литература, рекомендованная для подготовки к вступительному испытанию**

#### **Основная:**

1. Киселев, Геннадий Леонидович. Квантовая и оптическая электроника [Текст] : учеб. пособие / Г. Л. Киселев. - Изд. 2-е, испр. и доп. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2011. - 313 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 306 (6 назв.)"
2. Манцызов, Б.И. Когерентная и нелинейная оптика фотонных кристаллов / Б.И. Манцызов. - М. : Физматлит, 2009. - 208 с. - ISBN 978-5-9221-1201-7
3. Евсеев, И.В. Когерентные переходные процессы в оптике / И.В. Евсеев, Н.Н. Рубцова, В.В. Самарцев. - М. : Физматлит, 2009. - 536 с. - ISBN 978-5-9221-1199-7
4. Дмитриев, В.Г. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта / В.Г. Дмитриев. - М. : Физматлит, 2001. - 256 с. - ISBN 5-9221-0080-7
5. Манцызов, Б.И. Когерентная и нелинейная оптика фотонных кристаллов / Б.И. Манцызов. - М. : Физматлит, 2009. - 208 с. - ISBN 978-5-9221-1201-7
6. Нелинейные волновые уравнения в оптике/КорельИ.И. - Новосибир.: НГПУ, 2010. - 40 с.: ISBN 978-5-7782-1334-0Летута С., Чакак А. Курс физики : оптика: учебное пособие для студентов инженерно-технических направлений подготовки - Оренбург: ОГУ, 2014.
7. Пономарева В. А., Кузьмичева В. А. Оптика, атомная и ядерная физика: курс лекций - М.: Альтаир|МГАВТ, 2007.
8. Ландсберг Г. С. Оптика: учебное пособие - М.: Физматлит, 2010.
9. Барсуков В. И., Дмитриев О. С. Физика : волновая и квантовая оптика: учебное пособие - Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012.
10. Шангина Л. И. Квантовая и оптическая электроника: учебное пособие - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.

#### **Дополнительная:**

1. Борн М. Вольф Э. «Основы оптики» Изд. 2-е. Перевод с английского. Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1973. 713 с.
2. Снайдер А., Лав Д. «Теория оптических волноводов» Издательство: Радио и связь, 1987 г. 656 стр.
3. Вейко В.П. «Технологические лазеры и лазерное излучение» 2007 год. 52 стр
4. Тарасов Лев «Физические основы квантовой электроники. Оптический диапазон» Издательство: Либроком; 2010 г. 368 стр.
5. Бебчук Л., Богачев Ю., Заказнов Н., Комраков Б., Михайловская Л., Шапочкин Б. «Прикладная оптика» Издательство: Лань 2007, 320 стр.
6. Бурсиан В.Р. «Лекции по теории излучения» Издательство: Книга по Требованию; 2012 г. 101 стр.
7. Гранкин В., Танин Н., Нестеренко М., Макухин В. «Лазерное излучение» Издательство: Воениздат 1977 г., 192 стр.
8. Гудмен Дж. «Статистическая оптика» Издательство: Мир, 1988г. 528стр.