

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический и Радиофизический факультеты



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по ОД

\_\_\_\_\_ Е.В. Луков

« 15 » декабря 2022г.

**ПРОГРАММА**

**кандидатского экзамена по научной специальности**  
*«1.3.6. Оптика»*

Томск – 2022

Программа кандидатского экзамена по научной специальности «1.3.6. Оптика» рассмотрена и рекомендована к утверждению:

ученым советом Физического факультета, протокол № 523 от 13.10.2022;

ученым советом Радиофизического факультета, протокол № 10 от 13.12.2022.

**Авторы-разработчики:**

1. *Черепанов Виктор Николаевич, д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой оптики и спектроскопии Физического факультета*
2. *Самохвалов Игнатий Викторович, д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры оптико-электронных систем и дистанционного зондирования Радиофизического факультета*

Согласовано:

Соруководители ОП



В.Н. Черепанов

И.В. Самохвалов

## 1. Общие положения

На основании постановления Правительства Российской Федерации от 23.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» кандидатские экзамены сдаются в соответствии с научной специальностью (научными специальностями) и отраслью науки, предусмотренными номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утверждаемой Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (далее – Минобрнауки России), по которым осуществляется подготовка (подготовлена) диссертации.

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине в соответствии с темой диссертации на соискание ученой степени кандидата наук представляет собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени к проведению научных исследований по научной специальности «1.3.6. Оптика» и по соответствующей отрасли науки (далее – кандидатский экзамен).

Программа кандидатского экзамена разработана на основе Паспорта научной специальности «1.3.6. Оптика» (далее – Программа), утвержденного ВАК при Минобрнауки России  
<https://drive.google.com/drive/folders/1RNYkXhvAzaEF85GqxOH8HhbenJIoUMR7>.

Организация и проведение приема кандидатского экзамена осуществляется в соответствии с установленным в НИ ТГУ порядком.

Подготовка по Программе может осуществляться как самостоятельно, так и в рамках освоения соответствующей программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре НИ ТГУ. Сдача аспирантом кандидатского экзамена является обязательным условием обучения и относится к оценке результатов освоения базовой дисциплины (модуля) образовательного компонента программы, осуществляемой в рамках промежуточной аттестации.

## 2. Структура кандидатского экзамена и шкала оценивания уровня знаний

Кандидатский экзамен проводится в форме устного экзамена по билетам продолжительностью один академический час и состоит из следующих частей:

1. Основные вопросы (не более трёх вопросов по содержанию курса «Оптика»).
2. Дополнительные вопросы (2 вопроса из 2-го раздела содержания Программы).
3. Реферат

Оценка уровня знаний по каждому вопросу осуществляется по пятибалльной шкале со следующим принципом перерасчета:

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

При оценивании ответов на каждый из вопросов экзаменационного билета учитываются следующие критерии:

Ответ на вопрос исчерпывающий, продемонстрировано понимание и знание сути вопроса в полном объеме. Замечаний нет.	5 баллов
Ответ на вопрос неполный, но раскрывающий основную суть вопроса, продемонстрировано понимание и знание вопроса в достаточном объеме. Замечания незначительные.	4 балла
Ответ неполный с существенными замечаниями, знания по вопросу фрагментарные и частичные, в том числе и по тематике диссертационного исследования.	3 балла
Ответ на вопрос отсутствует или дан неправильный	1-2 балла

Итоговая оценка за кандидатский экзамен выставляется решением экзаменационной комиссии:

«отлично» – при наличии не менее 80% 5-балльных ответов и отсутствии 3-2-1-балльных ответов;

«хорошо» – при наличии не менее 80% 4-балльных ответов и отсутствии 2-1-балльных ответов;

«удовлетворительно» – при наличии более 20% 3-балльных ответов и отсутствии 2-1-балльных ответов;

«неудовлетворительно» – при наличии 1-2 балльного ответа (или отказа отвечать на вопрос).

### 3. Перечень тем и вопросов для подготовки к сдаче экзамена

#### Раздел 1. Основные вопросы (по содержанию курса «Оптика»).

Тема 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.

## Тема 2. Геометрическая оптика.

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

Геометрическая теория оптических изображений. Понятие оптического изображения. Параксиальное приближение. Преломление на сферической поверхности. Сферические зеркала и линзы. Образование каустик в оптических системах. Геометрические aberrации третьего и более высоких порядков. Хроматическая aberrация. Типы оптических приборов.

## Тема 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 Тальбо. 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.

Обратные задачи теории дифракции. Синтез оптических элементов. Киноформная оптика.

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

Классическая теория взаимодействия излучения с веществом. Резонанное приближение. Дисперсионные соотношения Крамерса - Кронига. Оптические нутации. Оптический эффект Штарка. Фотонное эхо и самоиндуцированная прозрачность. Солитоны. Релаксационные процессы. Уравнение для матрицы



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

Законы теплового излучения. Формула Планка. Фотоэффект.

Квантование поля. Операторы рождения и уничтожения фотонов. Гамильтониан квантованного поля. Коммутационные соотношения для операторов поля.

Однофотонные и многофотонные процессы. Вероятности спонтанных и вынужденных переходов. Коэффициенты Эйнштейна. Квадрупольные и магнитодипольные 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.

#### Тема 5. Статистическая оптика.

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

Интерферометрия интенсивностей. Опыт Брауна-Твисса.

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 Манделя для распределения фотоотчетов. Дробовой шум.

Статистические свойства лазерного излучения.

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

Корреляционная спектроскопия. Эффекты группировки и антигруппировки фотонов.

Спонтанное параметрическое рассеяние света. Бифотоны. Перепутанные состояния света. Оптическая реализация кубитов и их преобразования. Состояния Белла. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. Неравенства Белла.

Статистика частично поляризованного излучения. Поляризационная матрица.

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

Рассеяние света в дисперсной среде; уравнение переноса, диффузионное приближение.

Рассеяние света в биоткани.

## Тема 6. Спектроскопия.

Спектры атомов. Систематика спектров многоэлектронных атомов. Типы связей электронов. Определение набора термов. Исходные термы. Мультиплетная структура. Правила отбора. Взаимодействие конфигураций.

Спектры молекул. Адиабатическое приближение. Группы симметрии молекул. Колебательные спектры. Классификация нормальных колебаний по типам симметрии. Вырождение. Резонанс Ферми. Правила отбора в колебательных спектрах поглощения и комбинационного рассеяния. Вращательная структура колебательных полос. Электронные спектры молекул. Классификация электронных состояний двухатомных молекул. Принцип Франка-Кондона. Типы связи электронного движения и вращения.

Спектроскопия твердого тела. Переходы под действием света в идеальном кристалле. Поглощение в инфракрасной области спектра и взаимодействие света с фоновой подсистемой. Переходы в электронной подсистеме. Поглощение света в металлах. Запрещенная зона и область прозрачности в диэлектриках. Экситоны Ванье-Мотта и Френкеля. Область фундаментального поглощения. Переходы с остовных уровней. Эффекты Оже и Фано. Эффекты на краях остовного поглощения: EXAFS и XANES. Понятие о поляритонах. Спектроскопия дефектных состояний в кристаллах. Автолокализация экситонов и дырок в диэлектриках. Вторичные эффекты в кристаллах: люминесценция, фотоэмиссия, дефектообразование под действием света.

Люминесценция. Классификация люминесценции по длительности свечения и способу ее возбуждения. Молекулярная и рекомбинационная люминесценция. Закон Стокса-Ломмеля. Правило зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции Левшина и универсальное соотношение между ними Степанова. Закон Вавилова. Триплетные состояния молекул и их роль в процессах деградации и миграции энергии электронного возбуждения. Схема Теренина-Льюиса. Тушение (температурное, концентрационное, посторонними веществами) люминесценции. Безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения. Люминесценция молекулярных кристаллов. Теория Давыдова. Кооперативные процессы в люминесценции.



Зонная модель люминесценции диэлектриков. Размножение электронных возбуждений в твердом теле. Термовысвечивание и инфракрасная стимуляция. Применение люминесцентных кристаллов в науке, технике и медицине.

#### Тема 7. 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.

Техника спектроскопии. Светофильтры, призмные и дифракционные спектральные приборы, интерферометры. Фурье-спектроскопия. Основные характеристики приборов: аппаратная функция, разрешение, светосила, дисперсия. Лазерная спектроскопия.

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.

#### Тема 8. 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. Пиковый режим. Модуляция добротности. Синхронизация мод. Генерация сверхкоротких импульсов.

Принципы адаптивной оптики; коррекция волнового фронта лазерных пучков.

## Рекомендуемая литература

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: "Наука", 1970.
2. Королев Ф.А. Теоретическая оптика. М.: "Высшая школа", 1966.
3. Матвеев А.Н. Оптика. М.: "Высшая школа", 1985
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Оптика. М.: "Наука", 1980.
5. Шерклиф У. Поляризованный свет. М.: "Мир", 1965.
6. Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику. М.: "Наука", 1981.
7. Гудмен Дж. Статистическая оптика. М.: "Мир", 1988.
8. Мандель Л., Вольф Э. Оптическая когерентность и квантовая оптика. М.: Физматлит, 2000.
9. Солимено С., Крозиньяни Б., Порто П. Дифракция и волноводное распространение оптического излучения. М.: "Мир", 1989.
10. Пантел Р., Путхоф Г. Основы квантовой электроники. М.: "Мир", 1972.
11. Клышко Д.Н. Физические основы квантовой электроники. М.: "Наука", 1986.
12. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики. М.: "Наука", 1989.
13. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. М.: Физматгиз, 1962.
14. Собельман И.И. Введение в теорию атомных спектров. М.: Физматгиз, 1963.
15. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
16. Васильев А.Н., Михайлин В.В. Введение в спектроскопию твердого тела. М.: Издательство МГУ, 1987.
17. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Люминесценция и ее измерения. (Молекулярная люминесценция). М.: Издательство МГУ, 1989.
18. Гурвич А.М. Введение в физическую химию кристаллофосфоров. М.: "Высшая школа", 1971.
19. Лебедева В.В. Экспериментальная оптика. М.: Издательство МГУ, 1994.
20. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Оптические методы исследования молекулярных систем. Ч.1. Молекулярная спектроскопия. М.: Издательство МГУ, 1994.
21. Тернов И.М., Михайлин В.В. Синхротронное излучение. Теория и эксперимент. М.: Энергоатомиздат, 1986.
22. Гудмен Дж. Введение в Фурье-оптику. М.: "Мир", 1970.
23. Ярив А. Введение в оптическую электронику. М.: "Высшая школа", 1983.
24. Карлов Н.В.. Лекции по квантовой электронике. М., Наука, 1988
25. Корниенко Л.С., Наний О.Е. Физика лазеров. Ч.1, 2. М.: Издательство МГУ, 1996.
26. Мэйтленд А., Данн М. Введение в физику лазеров. М.: "Наука". 1978.
27. Ханин Я.И.. Основы динамики лазеров. М., 1999.
28. Ахманов С.А., Выслоух В.А., Чиркин А.С. Оптика фемтосекундных лазерных импульсов. М.: "Наука", 1990.

29. Парыгин В.Н., Балакший В.И. Оптическая обработка информации. М.: Издательство МГУ, 1987.
30. Воронцов М.А., Шмальгаузен В.И. Принципы адаптивной оптики. М.: "Наука", 1985.
31. Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Т. 1,2. М.: Мир, 1981.
32. Ярив А., Юх П. Оптические волны в кристаллах, М.: Мир.

**Раздел 2. Дополнительные вопросы** (по областям исследования паспорта научной специальности 1.3.6. «Оптика»).

Область исследования: **Атомная и молекулярная спектроскопия.**

1. Физические основы процессов рассеяния и поглощения света в газовой среде.
2. Приближение центрального поля в теории атома. Общие правила отбора для мультипольного излучения.
3. Основные характеристики спектров атомов с заполняющимися s-, p-, d-оболочками.
4. Физические принципы работы спектрометров и спектрографов. Привести примеры.
5. Классификация межмолекулярных сил. Короткодействующие и дальнедействующие силы.
6. Индукционная и дисперсионная энергии и их связь с молекулярными поляризуемостями.
7. Спектральные характеристики лазерного излучения. Модовая структура. Получение одночастотной генерации.
8. Физический принцип работы лазеров. Типы лазеров.
9. Колебательные и колебательно-вращательные спектры многоатомных молекул. Вращательные спектры: молекулы типа сферического, симметричного (включая линейные) и асимметричного волчков.
10. Физические основы квантовой теории света. Вторичное квантование электромагнитного поля, фотоны.

**Рекомендуемая литература.**

1. Ельяшевич М. А. Атомная и молекулярная спектроскопия. М., ГИФМЛ, 1962.
2. Сеница Л.Н. Экспериментальные методы спектроскопии высокого разрешения, Томск, Изд-во ТГУ, 2001
3. К. Борен, Д. Хафмен. Поглощение и рассеяние света малыми частицами. Пер. с англ. - М.: Мир, 1986. - 664 с.

4. Келих С. Молекулярная нелинейная оптика: Пер. с польск./ Под ред. И.Л. Фабелинского. - М.: гл. ред. физ.-мат. лит., 1981, 672 с.
5. Межмолекулярные взаимодействия: от двухатомных молекул до полимеров / Под. ред Б. Пюльмана. - М.: Мир, 1981, 592 с.
6. И.Г. Каплан. Межмолекулярные взаимодействия. физическая интерпретация компьютерные расчеты и модельные потенциалы. - М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2015, 394 с.
7. В.Б. Берестецкий, Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский, Квантовая электродинамика, М.: Физматлит, 2002.
8. М.О. Скалли, М.С. Зубайри, Квантовая оптика, М.: Физматлит, 2003.
9. Звелто О., Принципы лазеров / Пер. под науч. ред. Т.А. Шмаонова. 4-ое изд. – СПб.: Изд-во «Лань», 2008. – 720 с. (Либо 3-е изд., 1990 г.)
10. Тарасов Л.В., Четырнадцать лекций о лазерах / Изд.-во: Либерком, 2011. – 174 с.

Область исследования: **Фотофизика и фотохимия молекул и их комплексов.**

1. Общая классификация электромагнитного излучения. Спектральная область фотохимических и фотобиологических процессов.
2. Фотофизические процессы и фотохимические реакции, протекающие под действием света.
3. Общие стадии фотохимических реакций: поглощение света молекулами, электронно-возбужденные молекулярные состояния, первичная фотохимическая реакция, сопряжение фотохимических реакций с биохимическими реакциями, конечный биологический эффект. Основные характеристики электромагнитного излучения Солнца и искусственных источников света.
4. Квантовая природа света, формула Планка, соотношение между энергией кванта, длиной волны, частотой излучения. Корпускулярно-волновой дуализм. Квантово-механическая модель энергетических состояний атомов и молекул.
5. Поглощение света молекулой. Поглощение и пропускание монохроматического света растворами. Закон Бугера – Ламберта – Бера. Зависимость поглощения света от химического состава, концентрации и геометрических факторов молекул. Спектры поглощения и химическая структура биологически важных соединений.
6. Формы спектров поглощения. Электронно-возбужденные состояния молекул. Схема Яблонского. Основные фотометрические величины.
7. Спектры поглощения и спектры действия. Сечение фотохимической реакции. Искажения спектров в растворах и биологических объектах. Влияние рассеяния света на измерения.

8. Основные оптические методы исследования биологических объектов: абсорбционная спектроскопия видимого и ультрафиолетового света, флуоресцентная спектроскопия, круговой дихроизм и дисперсия оптического вращения, ИК- и Раман-спектроскопия. Качественный и количественный спектрофотометрический анализ.
9. Флуоресцентная спектроскопия. Аппаратура в люминесцентном анализе.
10. Флуоресцентные зонды. Применение.

#### **Рекомендуемая литература.**

1. Мельников М.Я. Экспериментальные методы химии высоких энергий. М.: Изд-во Московского ун-та, 2009. 823 с.
2. Шмидт В. Оптическая спектроскопия для химиков и биологов. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2007. 363 с.
3. Бёккер Ю. Спектроскопия. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2009. 526 с.
4. Лакович Дж. Основы флуоресцентной спектроскопии. М: Мир, 1986. Введение, Гл. 1-3, 5 и 7.
5. Valeur B. Molecular Fluorescence. Wiley-VCH Verlag GmbH. 2002. Гл. 1-3.
6. Паркер С. Фотолюминесценция растворов. М: Мир, 1972, Гл.1-3.
7. Пентин Ю.А., Вилков Л.В. Физические методы исследования в химии. М: Мир, 2006. Введение, Гл. 13-15.
8. Под ред. А.А.Красновского. Молекулярная фотоника. Л: Наука, 1970 г. 326 с.
9. Теренин А.Н. Фотоника молекул красителей. Л: Наука, 1967. Гл. 1-3.
10. Беккер Г.О. Введение в фотохимию органических соединений. Л.: Химия, 1976. 379 с.
11. Барлтроп Дж., Койл Дж. Возбужденные состояния в органической химии. М.: Мир, 1978. 445 с

#### **Область исследования: Поляризационная спектроскопия.**

1. Поляризация света. Виды поляризации света. Формализм матрицы плотности для описания состояния фотонов. Чистые и смешанные состояния поляризации фотонов.
2. Столкновительные и радиационные модели выстраивания и ориентации атомных состояний.
3. Мультиполи квантовых состояний (статистические тензоры). Физическая интерпретация мультиполей состояния. Вектор ориентации и тензор выстроенности.
4. Поляризация излучения атомов в присутствии электрического и магнитного полей. Эффект Штарка и эффект Зеемана.
5. Описание поляризованного излучения атомов и применением аппарата матрицы плотности
6. Поляризация атомных состояний в плазме. Возбуждение атомных состояний пучком заряженных частиц.

7. Поляризационная спектроскопия плазмы. Спектральные методы определения напряженности электрического и магнитного полей в плазме.

#### **Рекомендуемая литература**

1. В.Н. Очкин. Спектроскопия низкотемпературной плазмы. –М. Ф-М Лит. 2016. 588 стр.
2. К.Е. Орлов. Диагностика низкотемпературной плазмы. С-Пб, Изд-во политехнического университета, 2005. 110 с.
3. Блум. Теория матрицы плотности и ее приложения. – 1983. –М. Мир. -248 с.
4. С. А. Казанцев, Н. Я. Польшовская, Л. Н. Пятницкий, С. А. Эдельман. Поляризация атомных ансамблей в ионизованных газах//УФН.-1988.-Т. 156. – Вып. 1. –С. 3-46.
5. Plasma Polarization Spectroscopy. Ed. Takashi Fujimoto, Atsushi Iwamae. Springer Series on Atomic, Optical, and Plasma Physics (SSAOPP, volume 44). 2008, 384 p.

#### **Область исследования: Лазерное зондирование.**

1. Общая характеристика явлений взаимодействия лазерного излучения с атмосферой.
2. Уравнение лазерного зондирования. Вывод уравнения. Геометрический фактор.
3. Метод лазерного поляризационного зондирования облаков, содержащих кристаллические частицы льда.
4. Эффект Доплера. Измерение скорости ветра с помощью лидара.
5. Измерение температуры атмосферы по ширине контура линии Релеевского рассеяния.
6. Определение характеристик аэрозоля в атмосферы при многочастотном лазерном зондировании.
7. Чисто вращательные спектры СКР. Определение высотных профилей температуры воздуха.
8. Метод дифференциального поглощения и особенности его использования для определения малых газовых примесей атмосферного воздуха.
9. Явление спонтанного комбинационного рассеяния и его использование для лазерной дистанционной диагностики газовых выбросов.

#### **Рекомендуемая литература**

1. Лазерное зондирование индустриального аэрозоля.// Зуев В.Е., Кауль Б.В., Самохвалов И.В. и др.- Новосибирск: Наука, 1986-187 с.
2. Оптико – электронные системы экологического мониторинга природной среды. Учебное пособие для вузов.//В.И. Козинцев, В.М. Орлов, М.Л. Белов и др. Под ред В.Н. Рождествина. – М.: Изд. МГТУ им Н.Э. Баумана, 2002. – 528 с.

3. Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование. - М.: Мир, 1987- 550 с.
4. Бобровников С.М., Матвиенко Г.Г., Романовский О.А., Сериков И.Б., Суханов А.Я. Лидарный спектроскопический газоанализ атмосферы // Томск. Изд-во ИОА СО РАН. 2014. 510 с. – ISBN 978-5-94458-148-8.
5. Привалов В. Е., Фотиади А. Э., Шеманин В. Г. Лазеры и экологический мониторинг атмосферы/ 1-е изд. 2013 – 288 с. ISBN 978-5-8114-1370-6.
6. В.А. Банах, И.Н. Смалихо. Когерентные доплеровские лидары в турбулентной атмосфере. –Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН. 2013.-304с.

Область исследования: **Адаптивная оптика.**

1. Структура и типовая схема адаптивной оптической системы.
2. Классификация и требования к датчикам волнового фронта в адаптивной оптической системе.
3. Адаптивная оптическая коррекция тепловых искажений мощных лазерных пучков.
4. Метод обращения волнового фронта и его ограничения.
5. Амплитудно-фазовая коррекция атмосферных искажений оптического излучения.
6. Адаптивные оптические системы для астрономических телескопов
7. Методы формирования и ограничения лазерных опорных звезд.
8. Применение систем адаптивной оптики в медицине, офтальмологии.
9. Метод фазового сопряжения и его ограничения.
10. Методы восстановления волнового фронта из измерений датчика Шэка-Гартмана.
11. Параметры оптической турбулентности, определяющие требования и эффективность работы адаптивной оптической системы.

#### **Рекомендуемая литература**

1. Лавринова Л.Н., Лукин В.П. Адаптивная коррекция тепловых и турбулентных искажений лазерного излучения деформируемым зеркалом. Издательство СО РАН. Томск. 2008. 130 с.
2. Якушенков Ю.Г. Основы оптико-электронного приборостроения. М.: Логос. 2013. 376с.
3. Большасова Л.А., Лукин В.П. Адаптивная коррекция атмосферных искажений оптических изображений на основе искусственного опорного источника. М.: Физматлит. 2012. 125с.
4. Канев Ф.Ю., Лукин В.П., Макенова Н.А. Методы и технические средства в адаптивной оптике (учебное пособие) гриф УМО //Издательство ТГУ. Томск. 2005. 112 с.
5. Е.В. Ермолаева, В.А. Зверев, А.А. Филатов Адаптивная оптика. Учебное пособие - Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2012. - 297 с.

Область исследования: **Нелинейная оптика атмосферы**

1. Влияние интенсивности излучения на характер оптических явлений.

2. Понятие о нелинейных восприимчивостях.
3. Вынужденное комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяние Мандельштама – Бриллюэна.
4. Виды многофотонных процессов.
5. Оптический пробой среды.
6. Ионизация молекул воздуха. Керровская нелинейность.
7. Филаментация лазерного пучка.
8. Спектральные характеристики фемтосекундного импульса в воздухе.
9. Спектральные, энергетические и угловые характеристики суперконтинуума, формируемого фемтосекундным излучением в воздухе.
10. Использование лидаров белого света для зондирования атмосферы.

### **Рекомендуемая литература**

1. Гейнц Ю.Э., Землянов А.А., Кабанов А.М., Матвиенко Г.Г. Нелинейная фемтосекундная оптика атмосферы / Томск : Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2010. – 212с.
2. Фемтосекундная атмосферная оптика / под общ. ред. С.Н. Багаева, Г.Г. Матвиенко; Рос. Акад. Наук, Сиб. Отд-ние, Ин-т лазерной физики, Ин-т оптики атмосферы. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. – 238 с.
3. Беспрозванных В.Г. Нелинейная оптика: учеб. пособие / В.Г. Беспрозванных, В.П. Первадчук. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. – 200 с.
4. ФЕМТОСЕКУНДНАЯ ОПТИКА (электронное пособие): Составители: Яшунин Д. А., Мальков Ю. А., Бодров С. Б. Учебно- методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014. – 40с.

### **3. Примеры экзаменационных билетов**

#### **БИЛЕТ № 1**

1. Уравнения Максвелла. Волновое уравнение для диэлектриков. Плоские монохроматические волны.
2. Электронные, колебательные, вращательные спектры молекул (проиллюстрировать на примере двухатомных молекул). Принцип Франка-Кондона.

#### **БИЛЕТ № 2**

1. Люминесценция. Классификация люминесценции по длительности свечения и способу ее возбуждения. Закон Стокса-Ломмеля. Закон Вавилова
2. Фотофизические процессы и фотохимические реакции, протекающие под действием света.

#### **БИЛЕТ № 3**

1. Флуоресцентные зонды. Применение.
2. Почему небо голубое, а диск Солнца на закате красный?



#### **БИЛЕТ № 4**

1. Вектор Пойнтинга. Интенсивность волнового пучка. Фазовая и групповая скорости света.
2. Спектры атомов. Систематика спектров многоэлектронных атомов. Типы связей электронов.

#### **БИЛЕТ № 5**

1. Электронные, колебательные, вращательные спектры молекул (проиллюстрировать на примере двухатомных молекул). Принцип Франка-Кондона.
2. Источники оптического излучения. Тепловые, газоразрядные и лазерные источники. Закон Брюстера и его физическая интерпретация.

#### **БИЛЕТ № 6**

1. Закон Бугера для рассеивающих и поглощающих сред.
2. Спектры поглощения и спектры действия. Сечение фотохимической реакции. Искажения спектров в растворах и биологических объектах. Влияние рассеяния света на измерения.

#### **БИЛЕТ № 7**

1. Спектры поглощения и спектры действия. Сечение фотохимической реакции. Искажения спектров в растворах и биологических объектах. Влияние рассеяния света на измерения.
2. Основные оптические методы исследования биологических объектов: абсорбционная спектроскопия видимого и ультрафиолетового света, флуоресцентная спектроскопия, круговой дихроизм и дисперсия оптического вращения, ИК- и Раман-спектроскопия. Качественный и количественный спектрофотометрический анализ.

#### **БИЛЕТ № 8**

1. Квантовая природа света, формула Планка, соотношение между энергией кванта, длиной волны, частотой излучения. Корпускулярно-волновой дуализм. Квантово-механическая модель энергетических состояний атомов и молекул.
2. Флуоресцентная спектроскопия. Аппаратура в люминесцентном анализе.

#### **БИЛЕТ № 9**

1. Общая классификация электромагнитного излучения. Спектральная область фотохимических и фотобиологических процессов.
2. Формы спектров поглощения. Электронно-возбужденные состояния молекул. Схема Яблонского. Основные фотометрические величины.

#### **БИЛЕТ № 10**

1. Общие стадии фотохимических реакций: поглощение света молекулами, электронно-возбужденные молекулярные состояния, первичная фотохимическая реакция, сопряжение фотохимических реакций с биохимическими реакциями, конечный биологический эффект. Основные характеристики электромагнитного излучения Солнца и искусственных источников света.
2. Свободное электромагнитное поле как совокупность гармонических осцилляторов