

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук»
(КНЦ СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН)**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ФИЦ КНЦ СО РАН



А.А. Шпедт

«25» *января* 2022г.



**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

«Оптика»

Научная специальность:

1.3.6 «Оптика»

Отрасль наук:

физико-математические, технические науки

Красноярск 2022

1 Общие положения

Программа кандидатского экзамена разработана на кафедре фундаментальных дисциплин и методологии науки факультета подготовки кадров ФИЦ КНЦ СО РАН в соответствии со следующими документами:

- Приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 20 октября 2021 г. №951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)»;
- Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней»;
- Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре ФИЦ КНЦ СО РАН;
- Порядком сдачи кандидатских экзаменов и прикрепления лиц к ФИЦ КНЦ СО РАН для сдачи кандидатских экзаменов;
- Паспортом научной специальности

Цель проведения экзамена: оценить уровень знаний, умений и навыков в области оптики.

Экзамен по специальной дисциплине должен выявить уровень теоретической и профессиональной подготовки экзаменуемого, знание общих концепций и методологических вопросов данной науки, истории ее формирования и развития, фактического материала, основных теоретических и практических проблем данной отрасли знаний.

К кандидатскому экзамену допускаются лица, прикрепленные к ФИЦ КНЦ СО РАН для сдачи кандидатских экзаменов без освоения программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, и аспиранты, обучающиеся в ФИЦ КНЦ СО РАН по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее – экзаменуемые).

Кандидатский экзамен по дисциплине «Оптика» проводится по билетам. Экзаменационный билет включает в себя три теоретических вопроса по данной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

2 Содержание программы кандидатского экзамена

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 aberrации третьего и более высоких порядков. Хроматическая aberrация. 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 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.

4. Теория излучения и взаимодействия световых волн с веществом

Классическая теория взаимодействия излучения с веществом. Резонансное 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 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.

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 Мандела 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.

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 фононной 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.

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, призменные 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.

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.

3 Перечень вопросов к кандидатскому экзамену по дисциплине «Оптика»

1. Уравнения Максвелла. Вектор Умова-Пойнтинга. Волновое уравнение. Плоские и сферические волны.
2. Параболическое приближение. Моды свободного пространства. Фазовая и групповая скорости света.
3. Поляризация света. Вектор Джонса. Параметры Стокса. Расчетные методы Джонса и Мюллера. Типы поляризационных устройств.
4. Отражение и преломление света на границе раздела изотропных сред. Формулы Френеля. Полное внутреннее отражение. Комплексная диэлектрическая проницаемость.
5. Лучи и волновые нормали. Эллипсоид Френеля. Оптические свойства одноосных и двуосных кристаллов. Двойное лучепреломление.
6. Электрооптические эффекты Керра и Поггеля. Оптическая активность. Эффект Фарадея.
7. Оптика движущихся сред. Опыты Физо и Майкельсона. Преобразования Лоренца. Продольный и поперечный эффекты Доплера.
8. Геометро-оптическое приближение. Уравнение эйконала. Область применения лучевого приближения. Принцип Ферма.
9. Гомоцентрические пучки. Понятие оптического изображения. Параксиальное приближение. Преломление на сферической поверхности. Сферические зеркала и линзы.
10. Типы оптических приборов.
11. Интерференция частично когерентного излучения. Комплексная степень когерентности. Теорема Ван-Циттерта-Цернике.
12. Двухлучевая и многолучевая интерференция. Многослойные покрытия.
13. Дифракционные интегралы Кирхгофа-Гюйгенса. Дифракция Френеля и Фраунгофера.
14. Влияние дифракции на разрешающую силу систем, образующих изображение. Дифракционная решетка.
15. Особенности дифракции некогерентного излучения. Основы векторной теории дифракции. Обратные задачи теории дифракции. Синтез оптических элементов. Киноформная оптика.
16. Классическая теория взаимодействия излучения с веществом. Резонансное приближение. Дисперсионные соотношения Крамерса-Кронига.
17. Оптические нутации. Оптический эффект Штарка. Фотонное эхо и самоиндуцированная прозрачность. Солитоны. Релаксационные процессы.
18. Уравнение для матрицы плотности. Самосогласованные уравнения для поля, поляризации и разности заселенностей. Эффект насыщения.
19. Законы теплового излучения. Формула Планка. Фотоэффект. Квантование поля. Операторы рождения и уничтожения фотонов.

20. Коэффициенты Эйнштейна. Квадрупольные и магнито-дипольные переходы. Кооперативные эффекты. Когерентное и комбинационное рассеяние.
21. Однофотонные и многофотонные процессы. Нелинейные восприимчивости.
22. Распространение волн в нелинейной среде. Метод медленно меняющихся амплитуд. Условие синхронизма. Генерация оптических гармоник.
23. Трехволновое взаимодействие. Параметрическое преобразование частоты.
24. Самофокусировка света. Вынужденное и комбинационное рассеяние. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.
25. Четырехволновое взаимодействие. Обращение волнового фронта. Вещество в сверхсильном световом поле.
26. Временная и пространственная когерентность световых полей; корреляционные функции первого и высших порядков.
27. Спектральное представление. Теорема Винера-Хинчина. Интерферометрия интенсивностей. Опыт Брауна-Твисса.
28. Квантовые свойства световых полей. Фоковское, когерентное и сжатое состояние поля. Распределение Бозе-Эйнштейна.
29. Пуассоновская, субпуассоновская и суперпуассоновская статистика фотонов. Связь статистик фотонов и фотоотчетов.
30. Закон Кирхгофа и шумы квантовых усилителей света. Флуктуационно-диссипационная теорема.
31. Эффекты группировки и антигруппировки фотонов. Спонтанное параметрическое рассеяние света. Бифотоны.
32. Перепутанные состояния света. Оптическая реализация кубитов и их преобразования. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. Неравенства Белла.
33. Статистика частично поляризованного излучения. Поляризационная матрица.
34. Распространение волн в случайно неоднородной среде. Оптические модели атмосферной турбулентности. Рассеяние света в дисперсной среде; уравнение переноса, диффузионное приближение.
35. Спектры атомов. Систематика спектров многоэлектронных атомов. Типы связей электронов. Определение набора термов. Исходные термы.
36. Мультиплетная структура. Правила отбора. Взаимодействие конфигураций.
37. Спектры молекул. Адиабатическое приближение.
38. Колебательные спектры. Классификация нормальных колебаний по типам симметрии. Правила отбора в колебательных спектрах поглощения и комбинационного рассеяния. Вращательная структура колебательных полос.

- 39.Электронные спектры молекул. Классификация электронных состояний двухатомных молекул. Принцип Франка-Кондона.
- 40.Спектроскопия твердого тела. Переходы под действием света в идеальном кристалле. Взаимодействие света с фононной подсистемой. Переходы в электронной подсистеме.
- 41.Поглощение света в металлах. Запрещенная зона и область прозрачности в диэлектриках. Экситоны Ванье-Мотта и Френкеля.
- 42.Область фундаментального поглощения. Переходы с основных уровней. Эффекты Оже и Фано. Эффекты на краях основного поглощения. Понятие о поляритонах.
- 43.Спектроскопия дефектных состояний в кристаллах. Вторичные эффекты в кристаллах: люминесценция, фотоэмиссия, дефектообразование под действием света.
- 44.Классификация люминесценции по длительности свечения и способу ее возбуждения. Молекулярная и рекомбинационная люминесценция. Закон Стокса-Ломмеля.
- 45.Правило зеркальной симметрии спектров поглощения и люминесценции Левшина и универсальное соотношение между ними Степанова. Закон Вавилова.
- 46.Триплетные состояния молекул и их роль в процессах деградации и миграции энергии электронного возбуждения. Схема Теренина-Льюиса. Тушение (температурное, концентрационное, посторонними веществами) люминесценции.
- 47.Люминесценция молекулярных кристаллов. Теория Давыдова. Кооперативные процессы в люминесценции. Зонная модель люминесценции диэлектриков.
- 48.Размножение электронных возбуждений в твердом теле. Термовысвечивание и инфракрасная стимуляция. Применение люминесцентных кристаллов в науке, технике и медицине.
- 49.Источники оптического излучения. Тепловые, газоразрядные и лазерные источники. Синхротронное излучение.
- 50.Оптические материалы. Характеристики приемников излучения: спектральная и интегральная чувствительность, шумы, инерционность. Приборы с зарядовой связью (ПЗС) - линейки, матрицы.
- 51.Техника спектроскопии. Светофильтры, призмные и дифракционные спектральные приборы, интерферометры. Фурье-спектроскопия. Основные характеристики приборов: аппаратная функция, разрешение, светосила, дисперсия.
- 52.Лазерная спектроскопия.
- 53.Механизм записи и воспроизведения волновых полей с помощью двумерных и трехмерных голограмм. Цифровые голограммы.
- 54.Переходные и передаточные функции оптических систем обработки информации.

- 55.Использование методов Фурье-оптики для оптической фильтрации и распознавания образов. Коррекция и реконструкция изображений. Методы компьютерной оптики.
- 56.Волоконная оптика. Типы волоконных световодов. Моды оптических волокон. Затухание и дисперсия мод.
- 57.Направленные ответвители. Волоконные линии связи. Нелинейные эффекты в оптических волокнах.
- 58.Принцип работы лазера. Схемы накачки.
- 59.Теория Лэмба. Эффекты затягивания частоты и выгорания дыр. Лэмбовский провал.
- 60.Оптические резонаторы. Моды оптических резонаторов. Свойства лазерных пучков.
- 61.Типы лазеров. Твердотельные лазеры.
- 62.Газовые лазеры: лазеры на нейтральных атомах, ионные лазеры, молекулярные лазеры, лазеры на самоограниченных переходах.
- 63.Химические лазеры.
- 64.Полупроводниковые лазеры.
- 65.Лазеры на центрах окраски.
- 66.Режимы работы лазеров. Непрерывные и импульсный режимы. Пиковый режим. Модуляция добротности.
- 67.Синхронизация мод. Генерация сверхкоротких импульсов.
- 68.Принципы адаптивной оптики; коррекция волнового фронта лазерных пучков

4 Критерии оценивания ответа

Отлично	<p>Полно раскрыто содержание вопросов; материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности, правильно используется терминология; показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их в новой ситуации; продемонстрировано усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, ответ прозвучал самостоятельно, без наводящих вопросов.</p>
Хорошо	<p>Ответ удовлетворяет в основном требованиям на оценку «отлично», но при этом может иметь следующие недостатки: в изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие содержание ответа допущены один -два недочета при освещении основного содержания ответа, исправленные по замечанию; допущены ошибка или более двух недочетов при освещении второстепенных вопросов, которые легко</p>

	исправляются по замечанию
Удовлетворительно	Неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса. Имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, исправленные после нескольких наводящих вопросов.
Неудовлетворительно	Имели место существенные упущения при ответах на все вопросы билета или полное несоответствие по более чем 50% материала вопросов билета

5 Учебно-методическое и информационное обеспечение

5.1 Основная литература

1. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика. Московский университет им. М.В. Ломоносова. 2-е изд. Москва: Наука. 2004. 654 с.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 томах. Том 4. Оптика. Москва: Физматлит. 2005. 792 с.
3. Ландсберг Г.С. Оптика. Москва: Физматлит. 2010. 848 с.
4. Бутиков Е.И. Оптика. Санкт-Петербург: Лань. 2012. 608 с.
5. Алешкевич В.А. Оптика. Москва: Физматлит. 2011. 336 с.
6. Стафеев С.К., Боярский К.К., Башнина Г.Л. Основы оптики. С.-Петербург. 2013. 328 с.
7. Раутиан С.Г. Введение в физическую оптику. URSS. 2016. 256 с.
8. Кившарь Ю.С., Розанов Н.Н. Нелинейности в периодических структурах и метаматериалах. Москва: Физматлит. 2015. 384 с.
9. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. Молекулярная спектроскопия. Ленанд. 2015. 528 с.
10. Демтрёдер В. Современная лазерная спектроскопия. Учебное пособие. Интеллект. 2014. 1072 с.
11. Тимофеев В.Б. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур. Учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань. 2015. 512 с.
12. Ищенко Е.Ф., Соколов А.Л. Поляризационная оптика. Москва: Физматлит. 2012. 456 с.
13. Звелто О. Принципы лазеров /Principles of Lasers : перевод с английского, 4-е изд. Санкт-Петербург: Лань, 2008. 719 с.
14. Кирилловский В.К. Современные оптические исследования и измерения. Санкт-Петербург: Лань. 2010. 304 с.
15. Борейшо А.С. Лазеры. Применения и приложения. Учебное пособие. СанктПетербург: Лань. 2016. 520 с.
16. Новотный Л., Хех Б. Основы нанооптики. Пер. с англ. / Под ред В В Самарцева. Москва: Физматлит. 2009. 484 с.

17. Агравал Г. Применение нелинейной волоконной оптики. Учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань. 2011. 590 с.
18. Архипкин В.Г., Мысливец С.А. Нелинейная оптика в материалах с отрицательным показателем преломления (обзор). Известия ВУЗов. Физика. 2013. Т. 56. № 2/2. С. 28-38.
19. Cai W., Shalaev V. Optical Metamaterials. Springer Science+Business Media. LLC. 2010. 200 p
20. Бебчук Л., Богачев Ю., Комраков Б., Михайловская Л., Шапочкин Б. Прикладная оптика. Санкт-Петербург: Лань. 2007. 320 с.

5.2 Дополнительная литература

1. M. Born, E. Wolf. Principles of optics. Cambridge University Press. 2001. 952 с.
2. Мандель Л., Вольф Э. Оптическая когерентность и квантовая оптика. М.: Физматлит, 2000.
3. Гудмен Дж. Статистическая оптика. М.: Мир, 1988.
4. Солимено С., Крозиньяни Б., Порто П. Дифракция и волноводное распространение оптического излучения. М.: Мир, 1989.
5. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики. М.: Наука, 1989.
6. Суворцев Н.В. Спектроскопия конденсированных сред: учебное пособие. Новосибирск: Новосибирский гос. ун-т. 2010. 237 с.
7. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Люминесценция и ее измерения. (молекулярная люминесценция). М.: Изд-во МГУ. 1989.
8. Лебедева В.В. Экспериментальная оптика. М.: Изд-во МГУ. 1994.
9. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. М.: Наука. 1988.
10. Корниенко Л.С., Наний О.Е. Физика лазеров. Ч.1, 2. М.: Изд-во МГУ. 1996.
11. Путилин Э.С., Губанова Л.А. Оптические покрытия. Учебник. СанктПетербург: Лань. 2016. 268с.
12. Вольпян О.Д., Кузьмичев А.И. Отрицательное преломление волн. Введение в физику и технологию электромагнитных метаматериалов. 2012. 360 с.
13. Ларкин А.И. Когерентная фотоника. 2012. 320 с.
14. Парыгин В.Н., Балакший В.И. Оптическая обработка информации. М.: Издательство МГУ. 1987.
15. Воронцов М.А., Шмальгаузен В.И. Принципы адаптивной оптики. М.: Наука. 1985.
16. Майер В.В. Свет в оптически неоднородной среде. Учебные исследования. М.: Физматлит. 2007. 232с.
17. Бертолотти М.. История лазера. ИНТЕЛЛЕКТ. Долгопрудный. 2011. 333 с
18. Macleod H.A. Thin-Film Optical Filters. CRC Press Taylor and Francis Group. LLC. 2010. 772 с.

19. Бебчук Л., Богачев Ю., Комраков Б., Михайловская Л., Шапочкин Б. Прикладная оптика. Санкт-Петербург: Лань. 2007. 320 с.
20. Салех Б., Тейх М.М. Оптика и фотоника. Принципы и применения. Т. 1 и 2. ИНТЕЛЛЕКТ. Долгопрудный. 2012.

5.3 Интернет ресурсы

1. Scopus, база данных рефератов и цитирования, <http://www.scopus.com>.
2. ScienceDirect (Elsevier), база данных научного цитирования, естественные науки, техника, медицина и общественные науки, <http://www.sciencedirect.com>.
3. Web of Science Core Collection – международная междисциплинарная база данных научного цитирования, <http://www.webofknowledge.com>.
4. Электронно-библиотечная система издательства «ЛАНЬ», <http://e.lanbook.com>.
5. Университетская библиотека ONLINE, электронно-библиотечная система, <http://biblioclub.ru/>.
6. Образовательная платформа - электронно-библиотечная система издательства «Юрайт», <https://urait.ru/>.
7. Электронно-библиотечная система Znanium.com, <http://www.znanium.com>.
8. Центральная Научная Библиотека имени Н.И. Железнова, <http://www.library.timacad.ru>.
9. United Nations Environment Program: www.unep.org.
10. eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, <http://elibrary.ru/>.
11. Национальная электронная библиотека, <https://rusneb.ru/>.
12. Электронная библиотека IOP Science дома научного контента от IOP Publishing, <http://iopscience.iop.org/>.
13. Электронная библиотека SPIE. Digital library, <http://spiedigitallibrary.org/>.
14. Архив научных журналов Министерства образования и науки Российской Федерации, <http://archive.neicon.ru/xmlui/>.
15. Библиотека издательства Annual Reviews, библиотека журналов <http://www.annualreviews.org>.
16. Библиотека Российского фонда фундаментальных исследований, <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library>.
17. Центральная научная библиотека ФИЦ КНЦ СО РАН, <http://cnb.krasn.ru>.
18. Электронная библиотека Nature, <http://www.nature.com>.
19. Электронная библиотека Science, <http://www.sciencemag.org>.
20. База данных научного цитирования издательства Taylor&Francis Group, <http://www.tandfonline.com/>.
21. Онлайн-библиотека Wiley Online Library, <http://onlinelibrary.wiley.com>.
22. Электронная библиотека журналов открытого доступа ACS Publications, <http://pubs.acs.org/>.
23. Электронная библиотека журналов Американского физического общества APS physics, <http://publish.aps.org>.

24. Электронно-библиотечная система Scitation, издательство AIP Publishing Books, <http://scitation.aip.org/>.
25. Цифровой образовательный ресурс – электронная библиотечная система IPR SMART, <http://www.iprbookshop.ru/>.
26. Библиотека издательства Oxford Academic, <http://www.oxfordjournals.org>.
27. Справочная библиотека издательства Oxford University Press, цифровая платформа Oxford Reference, <http://www.oxfordreference.com>.
28. Электронная система исследовательских журналов мирового уровня открытого доступа SAGE journals, <http://online.sagepub.com/>.

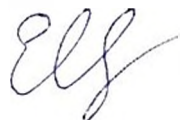
Согласовано:

Заведующий кафедрой фундаментальных
дисциплин и методологии науки



В.В. Минеев

Заведующий аспирантурой



Е.В. Нефедова

Декан факультета подготовки кадров



А.Н. Кокорин