



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физический факультет



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе
и инновациям
Ашурбеков Н.А.

« 9 » сентября 2022 г.

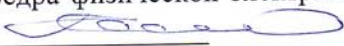
ПРОГРАММА - МИНИМУМ
кандидатского экзамена по подготовке кадров высшей квалификации
по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия»
(физико-математические науки)

Направленность (профиль) программы


1.3.19 - Лазерная физика

Махачкала – 2022

Программа – минимум кандидатского экзамена по направлению 03.06.01 – Физика и астрономия, направленность (профиль) программы 1.3.19 - «Лазерная физика» составлена в 2022 году на основе паспорта научной специальности и учебного плана ДГУ по образовательной программе подготовки аспирантов.

Разработчик (и): кафедра физической электроники, Ашурбеков Н.А., д.ф.-м.н., профессор 

Программа – минимум кандидатского экзамена одобрена: на заседании ученого совета физического факультета от «30» июня 2022 г., протокол №10

Председатель совета  Курбанисмаилов В.С.
«29» июня 2022 г

на заседании Методической комиссии физического факультета от «29» июня 2022 г., протокол №10

Председатель  Ж.Х. Мурлиева

Программа – минимум кандидатского экзамена по направлению 03.06.01 Физика и астрономия согласована с Управлением аспирантуры и докторантуры «26» 09 2022 г.

Начальник Управления  Э.Т. Рамазанова

ПРОГРАММА-МИНИМУМ

кандидатского экзамена по специальности

1.3.19 «Лазерная физика»

по физико-математическим и техническим наукам

Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: электродинамика, теория поля, квантовая электроника, оптика и спектроскопия.

1. Основы физики лазеров и лазерной техники.

Уравнения Максвелла. Потенциальные и вихревые поля. Теорема Умова—Пойнтинга. Поляризация электромагнитных волн; параметры Стокса.

Уровни энергии атомов, молекул, кристаллов. Поглощение и испускание электромагнитного излучения. Вероятности спонтанных и индуцированных переходов.

Принцип действия лазеров. Методы создания инверсии населенностей. Релаксационные процессы. Ширина линии перехода. Коэффициент усиления. Эффект насыщения.

Оптические резонаторы. Спектр мод резонатора. Добротность резонатора. Устойчивые и неустойчивые резонаторы. Методы модуляции добротности резонатора лазера. Методы активной и пассивной синхронизации мод излучения в лазере.

Основные типы лазеров. Динамика лазерной генерации. Классификация режимов лазерной генерации. Порог генерации. Мультистабильность и динамический хаос в лазерах.

Флуктуации лазерного излучения. Естественная ширина линии и естественная расходимость лазерного излучения. Предельная пространственная когерентность лазерных пучков.

Стабилизация частоты генерации (активная и пассивная). Стабилизация интенсивности. Перестройка частоты лазерной генерации. Методы измерения длительности лазерных импульсов.

2. Вещество в лазерном поле. Лазерная диагностика

Отклик вещества на действие электромагнитного поля. Векторы поляризации и намагниченности среды. Разложение поляризации в ряд по степеням поля. Временная (частотная) и пространственная дисперсия. Тензоры линейной и нелинейной восприимчивостей вещества. Влияние симметрии среды на нелинейный отклик. Механизмы поверхностного нелинейного отклика.

Резонансные процессы. Двухуровневый атом. Уравнения Блоха. Когерентные нестационарные процессы: оптическая нутация, затухание

свободной поляризации, солитоны самоиндуцированной прозрачности, фотонное эхо, сверхизлучение Дике. Светоиндуцированный дрейф в газах.

Многофотонные резонансные процессы. Обобщенная двухуровневая система. Многофотонное поглощение. Вынужденное комбинационное рассеяние. Генерация гармоник. Смещение частот. Параметрическое рассеяние.

Взаимодействие электромагнитного излучения с кристаллами. Зонная структура энергетических уровней. Энергия Ферми. Диэлектрики, полупроводники, металлы. Возбуждения в кристаллах: фононы, поляритоны, экситоны. Основные нелинейные кристаллы.

Спектроскопия насыщения неоднородно уширенных переходов. Двухфотонная спектроскопия, свободная от доплеровского уширения. Спектроскопия когерентного антистоксова рассеяния света. Спектроскопия многоволнового смещения.

3. Волновые процессы. Нелинейная волновая оптика.

Прикладная нелинейная оптика

Волновая оптика световых пучков и импульсов: уравнения Максвелла, волновое уравнение, уравнения квазиоптики, уравнения для медленно меняющихся амплитуд. Гауссовы пучки, их преобразование оптическими системами. Дифракционное расплывание, длина дифракции. Волны в световодах. Дифракция случайных волновых полей, теорема Ван Циттерта-Цернике.

Материальная дисперсия сплошной среды. Распространение импульсов в диспергирующих средах: групповая скорость, дисперсионное расплывание, эффекты дисперсии высших порядков. Спектрально ограниченный импульс.

Волны в пространственно- периодических средах. Запрещенная зона. Фотонные кристаллы и их дисперсионные свойства.

Фурье-оптика волновых пучков и импульсов; пространственная фильтрация. Основы адаптивной оптики: управление фазой световых колебаний в пространстве и во времени, формирование пучков и импульсов с заданной структурой.

Волны в слабонелинейных и диспергирующих средах: методы описания и классификация нелинейных эффектов.

Самовоздействие световых пучков. Природа кубической нелинейности. Самофокусировка в средах с керровской нелинейностью, критическая мощность, длина самофокусировки. Мелкомасштабная самофокусировка. Филаментация. Пространственные оптические солитоны.

Самовоздействие световых импульсов в средах с кубической нелинейностью: самомодуляция, солитоны, компрессия и расплывание. Самовоздействие случайно модулированных импульсов. Формирование сверхкоротких импульсов методами фазовой самомодуляции и компрессии.

Генерация оптических гармоник. Фазовый синхронизм и его реализация, групповой синхронизм. Спонтанное параметрическое рассеяние света. Параметрическое усиление и генерация. Генерация суммарных и разностных

частот. Вынужденное комбинационное рассеяние. Рамановские усилители и генераторы. Вынужденное рассеяние Мандельштама—Бриллюэна. Обращение волнового фронта.

Оптические бистабильные и мультистабильные системы. Оптические логические элементы. Продольная неустойчивость в нелинейных резонаторах: от периодических колебаний через удвоение периода к оптическому хаосу. Поперечные пространственные эффекты в нелинейных резонаторах, образование и эволюция пространственных структур. Оптическое моделирование нейронных сетей.

4. Воздействие лазерного излучения на вещество.

Лазерная фотофизика и фотобиология.

Физические основы лазерных технологий

Одно- и многофотонная ионизация атомов и молекул. Туннельная и надбарьерная ионизация атомов и ионов. Пондеромоторное ускорение фотоэлектронов. Уширение спектра. Генерация высоких оптических гармоник и суперконтинуума. Генерация каскада комбинационных частот.

Лазерный пробой газов. Лазерная искра. Лазерная плазма. Лазерный термоядерный синтез. Энергетические спектры электронов, ионов и рентгеновского излучения лазерной плазмы. Ядерные реакции в лазерной плазме.

Многофотонная диссоциация молекул в лазерном поле. Столкновительный и бесстолкновительный режимы многофотонной диссоциации. Лазерное разделение изотопов. Оптическое стимулирование химических реакций.

Лазерное управление движением частиц. Оптическое охлаждение и захват атомов и ионов. Атомные часы. Управление атомными пучками с помощью лазеров. Лазерные методы ускорения частиц.

Поглощение и релаксация энергии лазерного излучения в полупроводниках и металлах. Электрон-электронная, электрон-фононная и фонон-фононная релаксация. Времена релаксации. Нормальный и аномальный скин-эффект.

Лазерный нагрев вещества. Лазерное плавление и испарение поверхности. Лазерный отжиг и легирование полупроводников. Лазерная закалка металлов. Процессы абсорбции и десорбции в поле лазерного излучения. Лазерная фотохимия, типы фотохимических реакций. Фотоакустические явления. Механизмы лазерного возбуждения звука. Фотоакустическая спектроскопия и микроскопия.

Лазерная фотобиология. Фотобиологические реакции: энергетические (фотосинтез), информационные (зрение), биосинтетические, деструктивно-модифицирующие (фотосенсибилизация, фотоионизация) и лазерные методы их изучения. Лазерная микро- и макродиагностика биомолекул, клеток и биотканей. Лазерная оптико-акустическая томография.

5. Элементы квантовой оптики

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

Пространственная и временная когерентность. Корреляционные функции первого и второго порядка. Когерентность высших порядков. Фоковское, когерентное и сжатое состояния поля. Пуассоновская, субпуассоновская и суперпуассоновская статистика фотонов. Группировка и антигруппировка фотонов. Счет фотонов. Дробовой шум. Связь статистики фотонов и фотоотчетов, формула Манделя.

Перепутанные состояния света. Оптическая реализация кубитов и их преобразования. Состояния Белла. Парадокс Эйнштейна—Подольского—Розена. Неравенства Белла. Квантовая криптография. Квантовая телепортация.

Основная литература

1. Звелто, Орацио. Принципы лазеров: [монография] / Звелто, Орацио; пер. с англ. Д.Н.Козлова, С.Б.Созинова, К.Г.Адамович; под науч. ред. Т.А.Шмаонова. - 4-е изд. - СПб, и др.: Лань, 2008. - 719 с.: ил. - (Учебные пособия для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0844-3: 1100-00.
2. Тарасов, Лев Васильевич. Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения. Лазеры, резонаторы, динамика процессов / Тарасов, Лев Васильевич. - М.: Радиосвязь, 1981. - 439 с.: ил.; 20 см. - Библиогр.: с. 413-421. - Предм. указ.: с. 432-433. - 3-40.
3. Блохинцев, Дмитрий Иванович. Основы квантовой механики: учеб. пособие / Блохинцев, Дмитрий Иванович. - 6-е изд., стер. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1983. - 664 с. - 1-60.
4. Бакланов Е.В. Основы лазерной физики [Электронный ресурс]: учебник / Е.В. Бакланов. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 131 с. — 978-5-7782-1606-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45127.html>
5. Реутов А.Т. Физика лазеров. Часть 2. Основы теории лазеров [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Т. Реутов. — Электрон. текстовые данные. — М.: Российский университет дружбы народов, 2011. — 96 с. — 978-5-209-03654-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/11534.html>
6. Либенсон М.Н. Взаимодействие лазерного излучения с веществом (силовая оптика). Часть II. Лазерный нагрев и разрушение материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.Н. Либенсон, Е.Б. Яковлев, Г.Д. Шандыбина. — Электрон. текстовые данные. — СПб.:

- Университет ИТМО, 2014. — 181 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65820.html>
7. Элементы квантовой оптики и квантовой механики [Электронный ресурс]: учебное пособие /. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2012. — 89 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64829.html>
 8. Вихров С.П. Взаимодействие естественных и искусственных полей и излучений с биологическими объектами [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.П. Вихров, Т.А. Холомина, Н.В. Гривенная. — 2-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2019. — 308 с. — 978-5-4487-0353-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79752.html>
 9. Вихров С.П. Взаимодействие полей и излучений с биологическими объектами [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.П. Вихров, Т.А. Холомина, Н.В. Гривенная. — 2-е изд. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2019. — 157 с. — 978-5-4487-0368-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79753.html>
 10. Шандаров В.М. Основы физической и квантовой оптики [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.М. Шандаров. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 197 с. — 5-86889-228-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14018.html>
 11. Пахомов И.И. Квантовая теория излучения. Взаимодействие излучения с веществом [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.И. Пахомов, А.М. Хорохоров. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2010. — 36 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31423.html>
 12. Моделирование взаимодействия излучения с веществом в задачах лазерной оптики [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Ю. Храмов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — СПб.: Университет ИТМО, 2010. — 111 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67304.html>
 13. Волоконные технологические лазеры [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.В. Голубенко [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2010. — 52 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30941.html>

Дополнительная литература

1. Справочник по лазерной технике / пер. с нем. В.Н. Белоусова; под ред. А.П. Напартовича. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 544 с.: ил. - 2-00.

2. Климков, Юрий Михайлович. Прикладная лазерная оптика / Климков, Юрий Михайлович. - М.: Машиностроение, 1985. - 127 с.: ил.; 20 см. - (Библиотека приборостроителя). - Библиогр.: с. 120-122. - 0-45.
3. Ананьев, Юрий Алексеевич. Оптические резонаторы и лазерные пучки / Ананьев, Юрий Алексеевич. - М.: Наука, 1990. - 263, [1] с.: ил. - 4-40.
4. Справочник по лазерам: в 2-х т.: пер. с англ. с изм. и доп. Т.2 / под ред. А.М.Прохорова. - М.: Сов. радио, 1978. - 400 с. - 2-70.
5. Справочник по лазерам: в 2-х т.: пер. с англ. с изм. и доп. Т.1 / под ред. А.М.Прохорова. - М.: Сов. радио, 1978. - 504 с. - 3-20.
6. Клышко, Давид Николаевич. Физические основы квантовой электроники / Клышко, Давид Николаевич; под ред. А.А.Рухадзе. - М.: Наука, 1986. - 292, [1] с.: ил.; 22 см. - Библиогр.: с. 283- 285. - Предм. указ.: с. 286-290. - 1-90.
7. Курашев С.М. Физика. Волновые процессы, оптика и атомная физика [Электронный ресурс]: сборник задач / С.М. Курашев. — Электрон. текстовые данные. — М.: Издательский Дом МИСиС, 2011. — 119 с. — 978-5-87623-494-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56594.html>
8. Курашев С.М. Физика. Часть 1. Волновые процессы [Электронный ресурс]: курс лекций / С.М. Курашев. — Электрон. текстовые данные. — М.: Издательский Дом МИСиС, 2010. — 224 с. — 978-5-87623-345-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56595.html>
9. Кашапов Н.Ф. Лазеры и их применение в медицине [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.Ф. Кашапов, Г.С. Лучкин, М.Ф. Самигуллин. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2011. — 95 с. — 978-5-7882-1073-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63715.html>
10. Шахно Е.А. Физические основы применения лазеров в медицине [Электронный ресурс] / Е.А. Шахно. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2012. — 129 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65350.html>
11. Назаров В.В. Применение пакета Mathcad в задачах оптики лазеров [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.В. Назаров, В.Ю. Храмов. — Электрон. текстовые данные. — СПб.: Университет ИТМО, 2015. — 66 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67582.html>

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Даггосуниверситет имеет доступ к комплектам библиотечного фонда основных отечественных и зарубежных академических и отраслевых журналов по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия»:

1. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/> Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017 г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке (доступ

будет продлен.)

2. Методы получения наноразмерных материалов / курс лекций и руководство к лабораторным занятиям. Екатеринбург. 2007.
3. http://www.chem.spbu.ru/chem/Programs/Bak/ultradisp_sost_SS.pdf
4. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг (доступ продлен до сентября 2019 года).
5. Доступ к электронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение).
6. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017г. Договор действует в течении 1 года с момента его подписания (*доступ будет продлен*).
7. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
8. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
9. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
10. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
11. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
12. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
13. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.
14. Springer. Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ предоставлен на неограниченный срок
15. SCOPUS <https://www.scopus.com> Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору №Scopus/73 от 08 августа 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)
16. Web of Science - webofknowledge.com Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору № WoS/280 от 01 апреля 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса Договор действует с момента подписания по 30.03.2017г. (*доступ будет продлен*)

- 17.«Pro Quest Dissertation Theses Global» (PQDT Global). - база данных зарубежных –диссертации. Доступ продлен согласно сублицензионному договору № ProQuest/73 от 01 апреля 2017 года <http://search.proquest.com/>. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)
- 18.Sage - мультидисциплинарная полнотекстовая база данных. Доступ продлен на основании сублицензионного договора № Sage/73 от 09.01.2017 <http://online.sagepub.com/> Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)
- 19.American Chemical Society. Доступ продлен на основании сублицензионного договора №ACS/73 от 09.01.2017 г. pubs.acs.org Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)
- 20.Science (академическому журналу The American Association for the Advancement of Science (AAAS) <http://www.sciencemag.org/>. Доступ продлен на основании сублицензионного договора № 01.08.2017г. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*).