

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДАЮ:
Ответственный секретарь
Приемной комиссии


Скрытный В.И.
«15» января 2026 г.

**Программа вступительного испытания
по специальной дисциплине
Фотоника**

Научная специальность
2.2.7 «Фотоника»

Форма обучения
очная

Москва, 2026

Оглавление

1. Общие положения.....	2
2. Вопросы для подготовки к первой части вступительного испытания	4
3. Материалы для подготовки ко второй части вступительного испытания	6

1. Общие положения

Форма проведения испытания:

Целью вступительного испытания является выявления у абитуриента объёма научных знаний, научно-исследовательских компетенций, навыков системного и критического мышления, необходимых для подготовки диссертации по научной специальности 2.2.7 «Фотоника». Абитуриент должен показать профессиональное владение теорией и практикой в предметной области, продемонстрировать умение вести научную дискуссию, умение планировать научную работу в рамках выбранной научной специальности. Вступительное испытание проводится в форме экзамена с элементами собеседования.

Вступительное испытание состоит из двух частей.

В первой части абитуриент отвечает на вопросы из билета. Билет включает в себя два вопроса. Абитуриент после получения билета подготавливает ответ, фиксируя основные тезисы на бланке для ответов, после чего отвечает на вопросы билета перед экзаменаторами. Экзаменаторы могут задавать дополнительные вопросы согласно программе вступительных испытаний.

Выявление факта пользования мобильным телефоном или шпаргалками ведет к безусловному удалению абитуриента с вступительного испытания и составлению соответствующего протокола. Абитуриент из конкурса выбывает.

Во второй части абитуриент представляет заранее подготовленные тему планируемого диссертационного исследования в соответствии с выбранной научной специальностью, обоснование актуальности темы, а также план выполнения диссертационного исследования. Представленные материалы оценивается экзаменаторами. В процессе оценивания экзаменаторы могут уточнять различные аспекты, связанные с планируемым диссертационным исследованием.

Оценка испытания:

Оценка за вступительное испытание выставляется по 100-балльной шкале как сумма за первую и вторую часть испытания.

Максимальное число баллов за первую часть – 50 баллов.

Максимальное число баллов за вторую часть – 50 баллов.

Минимальный суммарный балл, необходимый для успешного прохождения испытания и дальнейшего участия в конкурсе – 60 баллов.

Критерии оценки результатов испытания

Вопрос № 1, 2	0-25 баллов за каждый вопрос	<p>23-25 баллов – дан исчерпывающий и обоснованный ответ на вопрос, абитуриент демонстрирует глубокие теоретические знания, умение сравнивать и оценивать различные научные подходы, пользоваться современной научной терминологией.</p> <p>19-22 баллов – дан полный, достаточно глубокий и обоснованный ответ на вопрос, поставленный экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания, умение пользоваться современной научной терминологией.</p> <p>15-18 баллов – даны обоснованные ответы на вопрос, поставленный экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания.</p> <p>11-14 баллов - даны в целом правильные ответы на вопрос, поставленный экзаменационной комиссией, при этом абитуриент недостаточно аргументирует ответы.</p> <p>0-10 баллов – абитуриент демонстрирует непонимание основного содержания теоретического материала, поверхностность и слабую аргументацию суждений или допущены значительные ошибки.</p>
Оценка планируемого диссертационного исследования	0-50 баллов	<p>45-50 баллов – предполагаемая тематика соответствует паспорту научной специальности, является актуальной, план работы над диссертацией представлен на высоком уровне.</p> <p>35-44 баллов – предполагаемая тематика соответствует паспорту научной специальности, является актуальной, план работы над диссертацией требует доработки.</p> <p>25-34 баллов – предполагаемая тематика в целом соответствует паспорту научной специальности, но требует доработки в части актуальности, план работы над диссертацией требует доработки.</p> <p>15-24 баллов - предполагаемая тематика в целом соответствует паспорту научной специальности, но требует значительной доработки в части актуальности, и значительной переработки плана работы над диссертацией.</p> <p>0-14 баллов – предполагаемая тематика не соответствует паспорту научной специальности.</p>

2. Вопросы для подготовки к первой части вступительного испытания

1. Решение задачи Коши для волнового уравнения в одномерном случае.
2. Определение ряда Фурье, Нахождение коэффициентов для тригонометрического ряда Фурье
3. Специальные функции, используемые для описания сложных волновых процессов, дифракции, интерференции и формирования изображений
4. Спектр и его характеристики. Техника регистрации спектров. Спектральные по Фурье характеристики сигналов.
5. Параметры и характеристики приемников оптического излучения.
6. Оптимальная фильтрация сигнала на фоне помех. Временная фильтрация. Теорема Котельникова.
7. Уравнения Максвелла. Вектор Умова-Пойнтинга. Волновое уравнение. Плоские и сферические волны.
8. Принцип Гюйгенса. Принцип Ферма. Законы отражения и преломления. Асимптотическое решение волнового уравнения. Геометро-оптическое приближение.
9. Интерференция частично-когерентного излучения. Комплексная степень когерентности. Теорема Ван-Циттерта - Цернике.
10. Дифракция. Дифракционные интегралы Кирхгофа - Гюйгенса. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Влияние дифракции на разрешающую силу систем, образующих изображение. Дифракционная решетка. Особенности дифракции некогерентного излучения. Основы векторной теории дифракции.
11. Принцип действия и основные компоненты лазера. Активная среда. Трехуровневые и четырехуровневые лазерные системы. Основные типы лазеров и их характеристики. Применения лазеров. Условие инверсии населенностей. Пороговое условие генерации. Модовый состав излучения.
12. Природа шумов в оптических приемниках. Фотографические приемники излучения. Оптико-акустические и пироэлектрические приемники. Фотоэмиссионные приемники излучения: фотоэлементы и фотомультиплайеры.
13. Волоконно-оптические линии связи. Основные принципы передачи информации при помощи электромагнитных волн.
14. Квантование поля. Операторы рождения и уничтожения фотонов.
15. Пространственная и временная когерентность. Корреляционные функции первого и второго порядка.

Литература

Основная литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики: в 4 т. Москва: КНОРУС. Т.2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. 2009. 570 с.
2. Иродов И.Е. Волновые процессы: основные законы: учебное пособие для вузов. Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2015. 263 с.
3. Лебедев Н.Н. Специальные функции и их приложения. 2010. 368 с.
4. Карчевский М.М. Лекции по уравнениям математической физики. 2023. 164 с.
5. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики: Учеб. пособие для вузов. М.: МГУ; Наука, 2004. 798 с.
6. Борн М.. Вольф Э. Основы оптики. М.: "Наука", 1970.
7. Гудмен Дж. Введение в Фурье-оптику. М.: "Мир". 1970.
8. О. Звелто. Принципы лазеров. С.- Петербург, «Лань», 2011. 592с.
9. Мандель Л., Вольф Э. Оптическая когерентность и квантовая оптика. М.: Физматлит. 2000.
- 10.Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика. М., Наука : МГУ, 2004
- 11.В.Г. Дмитриев, Л.В. Тарасов. Прикладная нелинейная оптика. М. Наука, 2004г.
- 12.К М. О. Скалли, М. С. Зубайри Квантовая оптика . М.: Физматлит, 2003
- 13.Салех Б., Тейх М. Оптика и фотоника. Принципы и применения Т.1 и т.2, Долгопрудный: Интеллект, 2012

Дополнительная литература

1. Ишанин Г.Г., Козлов В.В. Источники оптического излучения. - С.-Пб.: Политехника, 2009. - 415 с....
2. Игнатов А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2020
3. В.В. Климов Наноплазмоника. М.: Физматлит (2010).
4. Басиладзе С.Г.От физики сигнала до информации в физике: Реальные сигналы, состояния, данные, информация. 2021. 344 с.
5. Зельдович Я.Б., Яглом И.М. Высшая математика для начинающих физиков и техников Изд. 3, 2020. 512 с.
6. Русинов М.М., Грамматин А.П., Иванов П.Д., Андреев Л.Н., Агалъцова Н.А., Ишанин Г.Г., Василевский О.Н., Родионов С.А. Вычислительная оптика Изд. 3, 2009. 424 с.

- Гуриков В.А. Возникновение и развитие оптико-электронного приборостроения Изд. 2. 2016. 192 с.

3. Материалы для подготовки ко второй части вступительного испытания

При представлении плана научного исследования необходимо представить следующую информацию:

- Тема диссертации
- Предполагаемый научный руководитель (при наличии)
- Актуальность темы
- Цели и задачи исследования
- Развёрнутые формулировки теоретических и практических задач, которые необходимо решить для достижения поставленной цели с распределением их по семестрам обучения.
- Теоретическая значимость работы. Практическая значимость работы.
- Имеющийся задел по предполагаемому исследованию

Абитуриент готовит план будущего научного исследования заранее, до вступительного испытания, и на испытании представляет уже готовый план. При составлении плана необходимо помнить, что в рамках диссертационного исследования аспирант решает научную задачу, имеющую значение для развития соответствующей отрасли науки, либо разрабатывает новые научно-обоснованные технические, технологические или иные решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны.

Цель диссертации вытекает из формулировки научной проблемы, связанной с теоретической или практической нерешенностью темы или ее аспекта. Цель формулируется коротко и однозначно, она должна быть достигнута к концу работы. Исходя из единственной цели работы, определяется несколько задач. Разрешение каждой задачи является последовательным шагом на пути достижения цели.

Паспорт научной специальности 2.2.7 «Фотоника» (отрасль наук – технические науки):

Направления исследований:

- Новые лазерные и лазерно-информационные технологии, в том числе технологии, основанные на волоконной, адаптивной и интегральной оптике, микро- и нанофotonике, субволновой и волноводной оптике
- Квантовые инфокоммуникационные технологии, в том числе квантовая информатика и квантовая криптография, оптические системы памяти, записи и хранения информации, а также технологии, основанные на современной полупроводниковой и органической фотонике и оптоэлектронике.

3. Создание высокоэффективных фотовольтаических элементов для солнечной энергетики и энергосберегающих источников освещения, в том числе светоизлучающих полупроводниковых, органических и гибридных светодиодов и транзисторов, а также гибких дисплеев.
4. Технологии создания микродисплеев и устройств на их основе: коммуникационных переключателей с селекцией по длинам волн; пространственных модуляторов света, в том числе фазовых, для голограмм, адаптивной оптики и фазовых антенных решёток; нашлёмных и окологлазных дисплеев, устройств ввода и обработки оптической информации.
5. Разработка новых принципов функционирования в создании квантовых компьютеров и нанофотонных интегральных схем.
6. Разработка и создание новых материалов, а также микро- и наноструктур с управляемыми спектральными и нелинейно-оптическими свойствами.
7. Разработка принципиально новых методов и технологий создания микро- и наноструктур оптическими методами, в том числе новой безвакуумной и универсальной технологий создания оптических материалов и устройств на их основе путем трехмерной аддитивной послойной печати.
8. Создание государственных эталонов и средств измерений на основе квантовых технологий и разработка набора национальных стандартизующих документов.
9. Создание новых источников когерентного излучения, в том числе лазерных источников, функционирующих в неосвоенных или слабо освоенных ранее диапазонах спектра, включая рентгеновский, вакуумно-ультрафиолетовый, инфракрасный и терагерцовый диапазоны.
10. Создание светоизлучающих устройств, основанных на основе новых принципов функционирования с более низким по сравнению с имеющимися аналогами энергопотреблением и более высоким КПД, а также существенно превосходящими потребительскими свойствами
11. Создание качественно новых приборов для диагностики ранних стадий социально-значимых заболеваний, неинвазивной или минимально инвазивной терапии, а также разработки и производства лекарственных препаратов, в том числе персонализированных.
12. Разработка высокочувствительных биосенсоров.
13. Создание новых приборов на основе акустооптического эффекта
14. Разработка и создание новых приборов оптомеханики, включая микро- и наномеханические системы
15. Разработка и создание полностью оптического компьютера и нейроморфных вычислительных систем
16. Разработка и создание новых приборов на основе пассивных и активных оптических метаматериалов

Паспорт научной специальности 2.2.7 «Фотоника» (отрасль наук – физико-математические науки):

Направления исследований:

1. Исследование генерации, управления и детектирования фотонов в видимом и ближнем к нему спектре. В том числе, на ультрафиолетовой, длинноволновой инфракрасной и сверхинфракрасной части спектра.
2. Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы и свойств материалов, устройств на их основе, методов и технологий, которые обеспечивают передачу, прием, обработку, отображение и хранение информации на основе материальных носителей – фотонов.
3. Исследование процессов усиления и генерации электромагнитных колебаний ультрафиолетовой, оптической, инфракрасной и терагерцовой частях спектра за счет вынужденного излучения и разработка основанных на этих процессах устройств.
4. Создание и исследование активных сред (атомных и молекулярных газов, активированных кристаллов и стекол, полупроводников, жидких и полимерных материалов и др.), используемых для усиления и генерации оптического излучения, специальных материалов для генерации и преобразования излучения и управления им.
5. Физические основы формирования, контроля и преобразования оптических сигналов и изображений, в том числе на основе голограмм, фотонных кристаллов и метаповерхностей.
6. Развитие физических основ создания новых датчиков, которые модулируют световые сигналы в соответствии с изменениями параметров окружающей среды.
7. Методы передачи и обработки информации, основанные на квантовых свойствах света. В том числе методы генерации однофотонных квантовых состояний.
8. Разработка фотонных устройств оптических, электрооптических и оптоэлектронных устройств, в том числе лазеров и лазерных систем; оптоволоконного оборудования; дисплеев и светотехники; оптической контрольно-измерительной аппаратуры; детекторов; систем лазерной связи и оптоинформатики; голографических систем; биомедицинского оборудования.
9. Исследования физических процессов, приводящих к созданию приборов, основанных на нелинейной волоконной и нелинейной интегральной оптике.
10. Исследования полупроводниковых соединений, фотонно кристаллических структур, металлоизэлектрических структур, лежащих в основе генераторов электромагнитного излучения (лазеров,nano-лазеров, спазеров), и устройств оптической обработки информации (оптоэлектронных устройств, высокоскоростных переключателей, мультиплексоров).
11. Исследования физических процессов в материалах фотоники, таких как квантовые метаматериалы, фотонные топологические кристаллы и плазмонные метаматериалы, обладающие как линейными, так и нелинейными оптическими откликами.
12. Исследование физических основ создания оптического компьютера и оптических нейроморфных систем